

## 第六章 化学反应与电能

### 第1节 原电池

#### 刷基础

#### 1. D 考查点 ▶ 原电池工作原理分析

【解析】对于  $\text{H}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{KOH}$  构成的燃料电池，通  $\text{H}_2$  的 a 极失电子，作负极；通入  $\text{Cl}_2$  的 b 极得电子，作正极。该装置是燃料电池，为原电池，将化学能转化为电能，A 正确；在原电池中，阳离子向正极移动，则  $\text{K}^+$  从 a 极经阳离子交换膜移向 b 极，B 正确；原电池工作时，a 极发生反应： $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ ，则工作一段时间后，a 极附近溶液的 pH 减小，C 正确；负极反应为  $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ ，正极反应为  $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$ ，则该装置的总反应为  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ，D 错误。

#### 2. C 考查点 ▶ 原电池中外电路电子流向判断、原电池正负极判断、原电池电极反应式书写

【解析】锌为活泼金属，失去电子发生氧化反应，Zn 是负极，电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ZnO} + 2\text{H}^+$ ，Mo 为正极。Mo 作原电池正极，A 错误；电子从负极经外电路流向正极，电子不会进入电解质溶液，故电子由 Zn 经导线流向 Mo，B 错误；由分析可知，Zn 表面发生的电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ZnO} + 2\text{H}^+$ ，C 正确；Zn 作负极，失电子，化合价升高，发生氧化反应，D 错误。

#### 3. C 考查点 ▶ 原电池电极反应式书写、原电池正负极判断

【解析】该燃料电池，燃料 NO 通入电池负极发生氧化反应，则 b 为负极；氧气在正极发生还原反应，则 a 为正极。a 电极为正极，b 电极为负极，故 a 电极的电势高于 b 电极的电势，A 错误；原电池中氢离子向正极移动，故电池工作时  $\text{H}^+$  透过质子交换膜从左向右移动，B 错误；一个氧气分子得到四个电子，根据得失电子守恒，外电路中通过  $0.2 \text{ mol e}^-$  时，理论上 a 电极处消耗  $0.05 \text{ mol O}_2$ ，C 正确；b 电极上 NO 失去电子发生氧化反应生成硝酸，电极反应式为  $\text{NO} - 3\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^-$ ，D 错误。

#### 4. D 考查点 ▶ 原电池正负极判断、原电池电极反应式书写、原电池有关计算

##### 思路分析

由题干信息可知，Zn 转化成  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ， $\text{MnO}_2$  转化成  $\text{Mn}^{2+}$ ，则 M 电极为 Zn 电极，为负极，负极反应式为  $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ，N 电极为  $\text{MnO}_2$ ，为正极，正极反应式为  $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，中间层  $\text{H}_2\text{O}$  电离出的  $\text{H}^+$  通过膜 b 移向正极 N 极区， $\text{OH}^-$  通过膜 a 移向负极 M 极区。

【解析】由思路分析可知，M 电极为负极，N 电极为正极，所以 M 电极的电势低于 N 电极，A 正确；N 电极反应式为  $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，B 正确；负极反应式为  $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ，每转移  $2 \text{ mol e}^-$ ，中间层内有  $2 \text{ mol OH}^-$  透过膜 a 移向 NaOH 溶液，而消耗  $4 \text{ mol OH}^-$ ，则 NaOH 溶液的 pH 变小，C 正确；若电路中通过  $2 \text{ mol e}^-$ ，双极膜中有  $2 \text{ mol H}^+$  移向稀硫酸，同时溶解  $1 \text{ mol MnO}_2$ ，稀硫酸质量增加  $2 \text{ mol} \times 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 87 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 89 \text{ g}$ ，D 错误。

#### 5. 正 A 右 $\text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 2.5

考查点 ▶ 原电池正负极的判断、原电池电极反应式书写、原电池有关计算

【解析】酸性高锰酸钾溶液能被硫酸亚铁溶液还原而褪色，化学方程式为  $10\text{FeSO}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ ，将该氧化还原反应设计成如题图的原电池，原电池中电子从负极流出，经过外电路导线流进正极，则由图中电子流向可知，Pt 为正极，C 为负极， $\text{Fe}^{2+}$  在负极失去电子生成  $\text{Fe}^{3+}$ ，

则  $\text{FeSO}_4$  溶液为 A 溶液,原电池工作时盐桥中阳离子向正极移动,即阳离子向右移动。 $\text{KMnO}_4(\text{H}^+)$  在正极被还原生成  $\text{Mn}^{2+}$ ,则  $\text{KMnO}_4(\text{H}^+)$  处发生的电极反应式为  $\text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。负极电极反应式为  $\text{Fe}^{2+} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$ ,若有  $0.5 \text{ mol Mn}^{2+}$  生成,则转移  $2.5 \text{ mol}$  电子,另一个池中参加反应的  $\text{Fe}^{2+}$  有  $2.5 \text{ mol}$ 。

## 刷提分

### 1. B 考点 ▶ 原电池原理、原电池电极反应式书写

#### 思路分析

由氢离子移动方向可知,银电极是原电池的负极,银失去电子发生氧化反应与氯离子结合生成氯化银,电极反应式为  $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$ ,铂电极为正极,酸性条件下硝酸根离子得到电子发生还原反应生成氮气和水,电极反应式为  $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】由分析可知,银电极为原电池的负极,A 错误;由分析可知,银电极反应式为  $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$ ,B 正确;电子只能在外电路(如负载、导线)上定向移动而不能通过溶液,C 错误;该装置为原电池,工作时将化学能转化为电能,D 错误。

### 2. D 考点 ▶ 原电池电子流向判断、原电池电极反应式书写、原电池有关计算

【解析】电池工作时,会有一部分化学能转化为热能,因此化学能不能全部转化为电能,A 错误;在题述原电池反应中,左边 a 电极上  $\text{O}_2$  得到电子,转化为  $\text{OH}^-$ ,所以 a 电极为原电池的正极,b 电极为原电池的负极,电池工作时,电子由负极 b 电极沿导线流向正极 a 电极,B 错误;根据图示可知,在 a 电极上  $\text{O}_2$  得到电子被还原为  $\text{OH}^-$ ,故 a 电极的反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ ,C 错误;在发生反应时,葡萄糖( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )被氧化为葡萄糖酸( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ ),每有  $1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$  生成,转移  $2 \text{ mol}$  电子,则转移的电子数为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ ,D 正确。

### 3. C 考点 ▶ 原电池正负极判断、原电池电极反应式书写、原电池有关计算

#### 思路分析

由图可知,M 电极上 Si 转化为  $\text{SiO}_2$ ,Si 元素化合价升高,失去电子,为负极,电极反应式为  $\text{Si} - 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SiO}_2 + 4\text{H}^+$ ;M 电极上  $\text{MnO}_2$  转化为  $\text{Mn}^{2+}$ ,Mn 元素化合价降低,得到电子,为正极,电极反应式为  $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】由分析可知,M 电极为原电池的负极,A 错误;原电池中,阳离子向正极移动,故  $\text{H}^+$  透过离子交换膜从 M 电极向 N 电极移动,B 错误;由分析可知,N 电极反应式为  $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ,C 正确;生成  $6 \text{ g}$ (即  $0.1 \text{ mol}$ )  $\text{SiO}_2$ ,转移  $0.4 \text{ mol}$  电子,由正极的电极反应式:  $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$  知,正极消耗  $0.8 \text{ mol H}^+$ ,D 错误。

### 4. B 考点 ▶ 新型电池工作原理、原电池电极反应式书写

【解析】该电池是二次电池,放电时锂电极为负极,充电时锂电极为电源负极相连作阴极。放电时, $\text{CO}_2$  在正极得电子转化为  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  和 C,正极反应式为  $3\text{CO}_2 + 4\text{Li}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ ,A 正确;充电时, $\text{Li}^+$  向阴极迁移,若在火星上收集到  $6.6 \text{ g}$ (即  $0.15 \text{ mol}$ )  $\text{CO}_2$ ,充电时生成  $\text{CO}_2$  反应为  $2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 3\text{CO}_2 \uparrow + 4\text{Li}^+$ ,得到  $0.15 \text{ mol CO}_2$ ,转移  $0.2 \text{ mol}$  电子,则向阴极迁移的  $\text{Li}^+$  的物质的量为  $0.2 \text{ mol}$ ,B 错误;碳纳米管有大的比表面积和空隙空间,可以增加  $\text{CO}_2$  载量,负载的二氧化钨催化剂可以降低电极反应的活化能,C 正确;地球上光合作用, $\text{CO}_2$  转化为有机物(如  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ),C 元素化合价降低, $\text{CO}_2$  得电子,发生还原反应,为氧化剂,该电池放电时  $\text{CO}_2$  在正极得电子,为氧化剂,

D 正确。

#### 5. B 考查点 ▶ 原电池原理

【解析】由题图可知原电池工作时,总反应的化学方程式为  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} \text{CH}_3\text{OH}$ 。根据总反应判断通入  $\text{H}_2$  一端的电极为负极,通入  $\text{CO}$  一端的电极为正极,A 错误; $\text{CO}$  在正极被还原,通入  $\text{CO}$  一端发生的电极反应为  $\text{CO} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ ,B 正确;电池工作时, $\text{H}_2$  在负极失电子转化为  $\text{H}^+$ ,电极反应式为  $\text{H}_2 - 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}^+$ ,结合 B 项正极电极式,最终左侧溶液的 pH 基本不变,但在生产过程中, $\text{H}^+$  浓度增大,所以左侧溶液 pH 变小,C 错误;结合 B 项的正极反应式知,当生成  $0.5 \text{ mol CH}_3\text{OH}$  时,转移  $0.2 \text{ mol e}^-$ ,故理论上  $2 \text{ mol H}^+$  透过质子交换膜向右移动,D 错误。

#### 6. B 考查点 ▶ 原电池原理

【解析】根据图示可知,该装置中存在的能量转化形式有光能转化为化学能、化学能转化为电能,A 正确;1 个  $\text{H}_2\text{S}$  失去 2 个电子变为 1 个 S 和 2 个  $\text{H}^+$ ,故电路中通过  $2 \text{ mol e}^-$ ,可处理  $34 \text{ g H}_2\text{S}$ ,B 错误;根据图示可知,在 b 极上  $\text{H}^+$  得到电子被还原产生  $\text{H}_2$ ,故 b 极为原电池的正极,在 a 极上  $\text{Fe}^{2+}$  失去电子变为  $\text{Fe}^{3+}$ ,故 a 极的电极反应式为  $\text{Fe}^{2+} - \text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{3+}$ ,C、D 正确。

#### 7. D 突破点 ▶ $\text{Li}-\text{CO}_2$ 电池体系工作原理分析、原电池正负极判断、电极反应式书写

【解析】根据在“常温”与“非常温”电池中  $\text{Li}^+$  的移动方向,可以确定 b 极为负极,a 极为正极。正极(a)的电势高于负极(b),A 错误;结合题图中酞菁钴(RM)结构的变化及过程中物质的变化可知  $\text{RM} + 3\text{CO}_2 \longrightarrow \text{RM}-\text{CO}_2 + 2\text{CO}_2$ ,在“非常温”电池中 a 极

##### 关键点

电极反应为  $\text{RM}-\text{CO}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{Li}^+ \longrightarrow 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C} - \text{RM}$ ,反应中有  $\frac{1}{3}$  的  $\text{CO}_2$  发生还原反应生成  $\text{RM}-\text{CO}_2$ ,而酞菁钴只与发生还原反应的  $\text{CO}_2$  形成化合物,降低还原反应的活化能,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,故提高了正极电势,B 错误、D 正确;根据“常温”电池图示可知,a 极电极反应为  $3\text{CO}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{Li}^+ \longrightarrow 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ , $\frac{2}{3}$  的  $\text{CO}_2$  没有被还原,3 mol  $\text{CO}_2$  被还原成 3 mol C 时,向 a 极迁移 12 mol  $\text{Li}^+$ ,C 错误。

#### 8. (1) $\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} - 3\text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$ (2) m

考查点 ▶ 串联电池电极反应式书写、二次电池工作原理

【解析】(1) 由图甲可知,左端 NO 中 N 元素化合价由 +2 升高到 +5,发生氧化反应,所在电极为负极,则负极的电极反应式为  $\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} - 3\text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$ 。

(2) 结合图乙可知,光照时,相当于原电池内部电子向 N 电极移

##### 易错点

动,则 N 为负极,此时向图丙中电池充电,即 N 电极应连接阴极,因此需找到图丙中充电时的阴极,结合镉镍蓄电池工作原理可知,充电时, $\text{Cd}(\text{OH})_2$  得电子发生还原反应,即  $\text{Cd}/\text{Cd}(\text{OH})_2$  电极为阴极,故应连接 m。

#### 9. D 创新点 ▶ 特殊的考查形式:将原电池原理融入浓硝酸氧化性的探究中

【解析】根据图像可知初始阶段电流的方向均是一致的,这说明 M 点时铁作负极,发生氧化反应,A 错误;硝酸较浓时,正极电极反应式为  $\text{NO}_3^- + \text{e}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{NO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ,随着时间的推移,硝酸浓度降低,正极电极反应式变为  $\text{NO}_3^- + 3\text{e}^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,B 错误;铁在浓硝酸中钝化,铁被完全钝化后会发发生电极反转,电流方向发生反转,N 点时 Cu 为负极,C 错误;将 Fe 换为 Al 后,原电池电极反转时的硝酸浓度的临界值越低,说明在浓硝酸相对浓度较低时,Al 已全部钝化,但 Fe 仍在钝化中,且 Al 形

成的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜致密性优于  $\text{Fe}$  形成的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  膜,所以工业上用铝罐储存硝酸更合适,D 正确。

## 第 2 节 电解池

### 刷基础

#### 1. C 考查点 ▶ 电解池电极反应式书写、氢氧燃料电池、电镀、铜的电解精炼

**【解析】**装置甲中用惰性电极电解  $\text{CuCl}_2$  溶液,在阳极上  $\text{Cl}^-$  失去电子被氧化变为  $\text{Cl}_2$ ,阳极的电极反应式为  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ,在阴极上  $\text{Cu}^{2+}$  得到电子被还原为单质  $\text{Cu}$ ,阴极的电极反应式为  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ,故电解时在阴极上有红色物质析出,A 错误;装置乙在电镀铜时,应使镀层金属铜片与直流电源的正极相连作阳极,镀件与直流电源的负极连接作阴极,B 错误;在装置丙的氢氧燃料电池中,通入燃料  $\text{H}_2$  的电极 a 为负极,通入  $\text{O}_2$  的电极 b 为正极,若电解液为  $\text{KOH}$  溶液,溶液显碱性,则电极 a 的反应式:  $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$ ,C 正确;在装置丁的金属铜的精炼中,粗铜作阳极,纯铜作阴极,阳极上  $\text{Cu}$  及活动性比  $\text{Cu}$  强的金属如  $\text{Zn}$ 、 $\text{Fe}$  等会失去电子变为金属阳离子进入电解质溶液,在阴极上只有  $\text{Cu}^{2+}$  得到电子被还原变为单质  $\text{Cu}$ ,由于同一闭合回路中电子转移数目相等,因此电解一段时间后,溶液中  $\text{CuSO}_4$  的浓度会逐渐降低,D 错误。

#### 关键点

属如  $\text{Zn}$ 、 $\text{Fe}$  等会失去电子变为金属阳离子进入电解质溶液,在阴极上只有  $\text{Cu}^{2+}$  得到电子被还原变为单质  $\text{Cu}$ ,由于同一闭合回路中电子转移数目相等,因此电解一段时间后,溶液中  $\text{CuSO}_4$  的浓度会逐渐降低,D 错误。

#### 易错警示

D 项,在电解精炼铜装置中,由于阳极材料是粗铜,电解一段时间后,溶液中铜离子浓度会逐渐降低,而不是始终不变。

#### 2. C 考查点 ▶ 电解原理的应用、电解池电极反应式的书写、电解池有关计算

#### 思路分析

该装置为电解池装置,Pt 与电源正极相连,为电解池阳极,发生氧化反应, $\text{H}_2\text{O}$  在阳极失电子,发生的电极反应为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ , $\text{Cu}$  与电源负极相连,为电解池阴极, $\text{CO}_2$  在阴极发生还原反应转化为多种燃料。

**【解析】** $\text{Cu}$  电极为阴极,电极反应式有  $2\text{H}^+ + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{H}^+ + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{HCOOH}$ 、 $12\text{H}^+ + 2\text{CO}_2 + 12\text{e}^- = \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $8\text{H}^+ + \text{CO}_2 + 8\text{e}^- = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,A 错误;氢离子迁移进入阴极区,结合 A 项分析可知,二氧化碳和氢离子的质量大于生成的气体  $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$  的总质量,一段时间后,阴极区溶液质量会增加,B 错误;根据阳极反应式:  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,每转移 0.1 mol 电子,阳极区消耗 0.05 mol  $\text{H}_2\text{O}$ ,阳极区溶液质量减少 0.9 g,C 正确;二氧化碳生成  $\text{CO}$  和  $\text{HCOOH}$  时,碳元素化合价均由 +4 降低为 +2,阴极只生成 0.15 mol  $\text{CO}$  和 0.35 mol  $\text{HCOOH}$  时,电路中转移电子的物质的量为  $(0.15 + 0.35) \times 2 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$ ,D 错误。

#### 知识归纳

#### 电化学装置中离子交换膜的作用

- ①能将两极区隔离,阻止两极区产生的物质接触,防止发生化学反应;
- ②能选择性地通过离子,起到平衡电荷、形成闭合回路的作用;
- ③用于物质的分离、提纯等;
- ④用于物质的制备,电解后溶液阴极区或阳极区得到想制备的物质。

#### 3. B 考查点 ▶ 电解原理的应用、离子交换膜种类的判断、电极反应式的书写、电解池有关计算

### 思路分析

由题意知题图装置可用于湿法冶铁,即发生生成 Fe 的反应,左侧电极为阴极,发生还原反应,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  在碱性条件下转化为 Fe, 电极反应式:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe} + 6\text{OH}^-$ , 故右侧电极为阳极, 氯离子放电生成氯气, 电极反应式:  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 \uparrow$ ; 中间为阳离子交换膜,  $\text{Na}^+$  由阳极移向阴极。

**【解析】**右侧电极为电解池的阳极, 氯离子放电生成氯气, A 正确; 依据分析可知, 左侧电极为阴极, 电极反应式:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe} + 6\text{OH}^-$ , B 错误; 若为阴离子交换膜,  $\text{OH}^-$  移向阳极, 会与  $\text{Cl}_2$  反应, 应选择阳离子交换膜,  $\text{Na}^+$  由阳极移向阴极, 得到氢氧化钠溶液, C 正确; 理论上每消耗 1 mol  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 转移 6 mol 电子, 产生 3 mol  $\text{Cl}_2$ , 同时有 6 mol  $\text{Na}^+$  由阳极室转移至阴极室, 则阳极室溶液减少  $3 \text{ mol} \times 71 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 6 \text{ mol} \times 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 351 \text{ g}$ , D 正确。

#### 4. D 考查点 ▶ 电解池阴阳极判断、电解池电极反应式的书写、氯碱工业

**【解析】**乙装置为铜的精炼, 则粗铜作阳极, 精铜作阴极; 电源的右侧与粗铜相连, 为电池的正极, 左侧为负极, 所以甲池的 Fe 电极为阴极, C 电极为阳极。由分析可知, 甲装置的 Fe 电极为阴极, C 电极为阳极, 若将 Fe 电极和 C 电极位置互换, 则 Fe 电极作阳极, 通电后, 阳极 Fe 失电子生成  $\text{Fe}^{2+}$  进入溶液, 溶液中的  $\text{Cl}^-$  就不可能在阳极失电子生成  $\text{Cl}_2$ , 同样, 阴极区可能会生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀, 也难以得到 NaOH, 达不到氯碱工业生产的目, A 错误; 甲装置为氯碱工业工作原理图, 电池工作时, C 电极上  $\text{Cl}^-$  失电子生成  $\text{Cl}_2$ , Fe 电极上水得电子生成氢气和氢氧根离子, 则阳极区的  $\text{Na}^+$  通过离子交换膜 X 进入左侧 Fe 电极附近与  $\text{OH}^-$  结合制 NaOH, 若为阴离子交换膜, 阴极区生成的  $\text{OH}^-$  会移向阳极区, 与  $\text{Cl}_2$  反应, 达不到装置的目的, 所以离子交换膜 X 只可以是阳离子交换膜, B 错误; 由得失电子守恒, 可建立如下关系式:  $\text{Cu} \sim \text{H}_2$ , 若电解后乙装置精铜质量增加 6.4 g (即 0.1 mol), 则 Fe 电极处能收集到 0.1 mol  $\text{H}_2$ , 题中未指明气体所处状况, 所以收集到气体的体积不一定为 2.24 L, C 错误; 电解一段时间后去掉 X 并将 C 电极换成 Mg 电极继续通电, 则 Mg 电极失电子生成  $\text{Mg}^{2+}$ , 与溶液中的  $\text{OH}^-$  ( $\text{H}_2\text{O}$  电离产生的) 反应生成  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀, 电极反应式为  $\text{Mg} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$ , D 正确。

#### 5. D 考查点 ▶ 电解池概念及组成、电解原理的理解及应用、电解池电极反应式的书写

**【解析】**该装置为电解池, 连接电源正极的电极 b 为阳极, 连接电源负极的电极 a 为阴极, 电极 d 为阴极, 电极 c 为阳极。从卤水中提取锂盐, 锂离子为阳离子, 移动到阴极 (电极 a), 发生的反应为  $\text{FePO}_4 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{LiFePO}_4$ , A 正确。由题意知在淡水池中得到 LiX, 根据分析可知, d 为阴极, 发生的反应为  $\text{AgX} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag} + \text{X}^-$ , 发生的是还原反应, 释放出  $\text{X}^-$ ; 电极 c 为阳极, 发生的反应为  $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{X}^- \longrightarrow \text{AgX}$ , 发生的是氧化反应, 结合  $\text{X}^-$ , B 正确。根据分析可知, 未对调之前, 电极 a 为阴极, 发生的反应为  $\text{FePO}_4 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{LiFePO}_4$ , 电极 b 为阳极, 发生的反应为  $\text{LiFePO}_4 - \text{e}^- \longrightarrow \text{FePO}_4 + \text{Li}^+$ ; 电极 c 为阳极, 发生的反应为  $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{X}^- \longrightarrow \text{AgX}$ , 电极 d 为阴极, 发生的反应为  $\text{AgX} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag} + \text{X}^-$ , 可知一段时间后, a 与 b、c 与 d 电极对调, 仍与原来的反应相同, 因此可继续从卤水中提取 LiX, C 正确。充分电解后, 将电源的正极、负极对调, 则电极 d 为阳极, 发生的反应为  $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{X}^- \longrightarrow \text{AgX}$ ; 电极 b 为阴极, 发生的反应为  $\text{FePO}_4 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{LiFePO}_4$ , 可知淡水池中  $c(\text{Li}^+)$  减小, D 错误。

### 1. D 考查点 ▶ 电解池电极反应式的书写、电解原理的应用

**【解析】**电子只能在外电路移动,不能进入内电路溶液,A 错误;由图示知,阳极反应产生  $\text{H}^+$ ,阴极反应消耗  $\text{H}^+$ ,则  $\text{H}^+$ 通过交换膜由阳极区移向阴极区,X 为阳离子交换膜,B 错误;没有说明气体所处状况,无法计算气体的体积,C 错误;由图示可知, $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 在电极上失电子被氧化为  $\text{CO}_2$ ,左侧为阳极,电极反应式为  $\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$ ,D 正确。

## 2. A 考查点 ▶ 交换膜在电化学装置中的应用

**思路分析** 电解的目的是制备  $\text{H}_3\text{BO}_3$ 。与电源正极相连的石墨电极为阳极,  $\text{H}_2\text{O}$  失电子生成  $\text{H}^+$  和  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$  通过 a 膜进入产品室, 则 a 膜为阳膜; 与电源负极相连的石墨电极为阴极,  $\text{H}_2\text{O}$  得电子生成  $\text{H}_2$  和  $\text{OH}^-$ , 从  $\text{NaOH}$  溶液的流向看, 其浓度应增大, 所以  $\text{Na}^+$  通过 c 膜流向 N 室, c 膜为阳膜;  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  通过 b 膜流向产品室, 则 b 膜为阴膜。

**【解析】**产品室中,通过 a 膜进入的  $\text{H}^+$  与通过 b 膜进入的  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  发生反应:  $\text{B}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , 去掉 a 膜, 阳极区用稀硫酸作电解液, 会影响  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的纯度, A 错误; N 室中与电源负极相连的石墨电极为阴极,  $\text{H}_2\text{O}$  得电子生成  $\text{H}_2$  和  $\text{OH}^-$ , 电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ , B 正确;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  为一元弱酸, C 正确; 由分析可知, a、c 膜均为阳离子交换膜, b 膜为阴离子交换膜, D 正确。

### 3. B 考查点 ▶ 电解池电极反应式的书写、电解池有关计算

**思路分析** 该装置为电解池装置, I 室中电极 a 发生还原反应:  $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 9\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ , 电极 a 为电解池阴极, 则 II 室中电极 b 为电解池阳极, 发生电极反应:  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ 。

**【解析】**根据分析可知,电极 b 为阳极,应与电源正极相连,A 错误;根据分析,I 室中电极 a 上发生反应: $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 9\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ ,溶液中氢离子浓度减小,则电解一段时间后 I 室的 pH 增大,B 正确;电解池中阳离子向阴极移动,即双极膜中  $\text{H}_2\text{O}$  解离出的  $\text{H}^+$  向电极 a 移动,C 错误;结合电极 a 发生反应: $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 9\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ ,电极 b 发生反应: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,根据得失电子守恒可知,电极 a 与电极 b 上产生的气体的物质的量之比为 1:2,D 错误。

#### 4. B 考查点 ▶ 电解原理的应用、电解过程中溶液浓度的变化、电解池有关计算

**思路分析** 左侧电极反应式为  $\text{Cyclohexadienyl}^\bullet + \text{CO}_2 + \text{e}^- + \text{H}^+ \longrightarrow$

$\text{Cyclohexadienyl-COOH}$ ,  $\text{Cyclohexadienyl-CH}_2^\bullet + \text{CO}_2 + \text{e}^- + \text{H}^+ \longrightarrow$

$\text{Cyclohexadienyl-CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ , 发生还原反应, 所以左侧电极为阴极,

右侧电极为阳极, 电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \longrightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ 。

**【解析】**根据分析可知,对应的电源 a 端为负极,b 端为正极,A 错误;当电路中通过 2 mol 电子时,右侧电极室溶液放出 0.5 mol  $O_2$ ,质量减少 16 g,同时有 2 mol  $H^+$ 通过阳离子交换膜进入左室,质量又减少 2 g,所以右侧电极室溶液的质量减少 18 g,B 正确;结合阳极电极反应式可知,相当于稀硫酸溶液中的水减少了,故则硫酸浓度变大,C 错误;根据分析可知,D 错误。

### 5.C 考查点 ▶ 电解原理的应用、电解池有关计算



### 思路分析

根据题图知,含  $\text{CO}_2$  和  $\text{SO}_2$  的废气通入  $\text{NaHCO}_3$  溶液中,得到  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的混合溶液和  $\text{CO}_2$ ,发生的反应为  $2\text{NaHCO}_3 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,电解池中,左侧电极上  $\text{SO}_3^{2-}$  失电子生成  $\text{SO}_4^{2-}$ ,发生氧化反应,为阳极,电解质溶液呈弱碱性,且双极膜解离出的  $\text{OH}^-$  移向阳极区,故阳极反应式为  $\text{SO}_3^{2-} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ;则通入  $\text{CO}_2$  的电极为阴极,阴极反应式为  $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = \text{HCOOH}$ 。

**【解析】**根据分析可知,电解池中,左侧电极上  $\text{SO}_3^{2-}$  失电子生成  $\text{SO}_4^{2-}$ ,为阳极,则 m 极为电源正极,A 正确;电解池中阳离子向阴极移动,阴离子向阳极移动,双极膜中产生的  $\text{H}^+$  移向右侧,产生的  $\text{OH}^-$  移向左侧,B 正确; $\text{NaHCO}_3$  溶液能和  $\text{SO}_2$  反应但不能和  $\text{CO}_2$  反应,所以  $\text{NaHCO}_3$  溶液不能吸收  $\text{CO}_2$ ,C 错误;阴极反应式为  $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = \text{HCOOH}$ ,每当有标准状况下 22.4 L  $\text{CO}_2$  参与反应时,即有 1 mol  $\text{CO}_2$  参与反应, $\text{CO}_2$  得电子 2 mol,D 正确。

### 6. D 考查点 ▶ 电极反应机理分析、铜的电解精炼

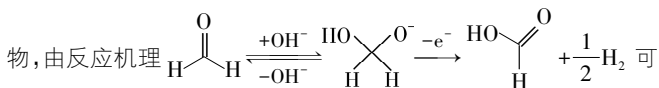
**【解析】**在 a 电极,Li 失电子生成  $\text{Li}^+$ ,则 Li 电极为负极, $\text{Li}^+$  透过隔膜进入 b 电极区,则 b 电极为正极。由题图可知,光电正极材料表面在光照下,Au 纳米粒子可以产生电子用于还原  $\text{N}_2$ ,A 正确;放电时,负极 Li 失电子生成  $\text{Li}^+$ ,正极  $\text{N}_2$  得电子后与  $\text{Li}^+$  作用生成  $\text{Li}_3\text{N}$ ,则总反应式为  $6\text{Li} + \text{N}_2 = 2\text{Li}_3\text{N}$ ,B 正确;a 电极为原电池的负极,b 电极为原电池的正极,则放电时,电流由 b 电极沿导线流向 a 电极,C 正确;用该电池电解精炼铜,粗铜作阳极,粗铜为混合物,溶解 12.8 g 时,不能准确计算出转移电子总数,所以通过隔膜的  $\text{Li}^+$  不一定为 0.4 mol,D 错误。

### 7. (1) ① $2\text{HCHO} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{HCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2 \uparrow$ ② 2

(2) ①  $\text{CO}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  ②  $4 \times 10^4$  mol

**考查点 ▶ 电解池电极反应式的书写、电解池有关计算**

**【解析】**(1) ①据图甲可知,b 电极上  $\text{HCHO}$  转化为  $\text{HCOO}^-$ ,为氧化反应,所以 b 电极为阳极,a 电极为阴极, $\text{HCHO}$  为阳极反应物,由反应机理



知, $\text{HCHO}$  和  $\text{OH}^-$  反应生成  $\begin{array}{c} \text{HO} \quad \text{O}^- \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ ,生成的  $\begin{array}{c} \text{HO} \quad \text{O}^- \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$  转化为

$\text{HCOOH}$ ,由原子守恒和电荷守恒可知,在生成  $\text{HCOOH}$  的同时还生成了  $\text{H}^+$ ,生成的  $\text{HCOOH}$  再与氢氧化钾进行酸碱中和,故阳极

反应涉及两步: i.  $\text{HCHO} + \text{OH}^- - \text{e}^- = \text{HCOOH} + \frac{1}{2}\text{H}_2 \uparrow$ ,

ii.  $\text{HCOOH} + \text{OH}^- = \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$ ,由 (i + ii)  $\times 2$  得阳极反应式为  $2\text{HCHO} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{HCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2 \uparrow$ 。②根据①

中阳极反应式,再结合阴极反应式:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$  可知,转移 2 mol 电子时,阴、阳两极各生成 1 mol  $\text{H}_2$ ,共

2 mol  $\text{H}_2$ ,而传统电解水:  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ ,转移 2 mol 电子,只有阴极生成 1 mol  $\text{H}_2$ ,所以相同电量下,理论上  $\text{H}_2$  的产量是传统电解水的 2 倍。

(2) ①由题图乙可知,阴极上  $\text{CO}_2$  发生还原反应转化为甲烷,电极反应式为  $\text{CO}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。②标准状况下,

112 m<sup>3</sup> 的甲烷的物质的量为  $\frac{112 \times 10^3 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5\,000 \text{ mol}$ ,由电极

反应式:  $\text{CO}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  可知,转移的电子的物质的量为  $5\,000 \text{ mol} \times 8 = 4 \times 10^4 \text{ mol}$ 。

### 8. B 创新点 ▶ 利用三腔电化学装置处理废水中的 $\text{NO}_3^-$

### 思路分析

X 腔电极发生还原反应,为阴极, $\text{NO}_3^-$  转化成  $\text{NH}_3$  的电极反应式为  $\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \longrightarrow \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$ ; Z 腔电极发生氧化反应,为阳极,电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,由题图可判断: $\text{Na}^+$  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  $\text{H}^+$ 。

**【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: $\text{Na}^+$  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  $\text{H}^+$ , $\text{NO}_3^-$  转化成  $\text{NH}_3$  的电极反应式为  $\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \longrightarrow \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$ ,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  $\text{OH}^-$  比由 Z 腔进入 Y 腔的 8 mol  $\text{H}^+$  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  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,故当 Z 腔生成 22.4 L (标准状况下)  $\text{O}_2$  即 1 mol  $\text{O}_2$  时,理论上有 4 mol  $\text{H}^+$  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 ▶ 吸氧腐蚀

**【解析】**骨笛的主要成分是以磷酸钙为主的无机质与骨胶原为主的有机质结合体,不易发生吸氧腐蚀,A 不符合题意;云纹铜禁是铜合金,易发生吸氧腐蚀,在合金表面生成一层铜绿,B 符合题意;金属属于不活泼金属,不易发生吸氧腐蚀,C 不符合题意;汝窑天蓝釉刻花鹅颈瓶的主要成分是硅酸盐,不易发生吸氧腐蚀,D 不符合题意。

#### 2. C 考查点 ▶ 青铜器的腐蚀

**【解析】**生成  $\text{CuCl}$  的过程中负极反应式为  $\text{Cu} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{CuCl}$ ,正极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ,发生的是吸氧腐蚀,A 错误; $\text{Cu}_2\text{O}$  被王水中的硝酸氧化成  $\text{Cu}^{2+}$ ,无法生成  $\text{CuCl}$ ,B 错误;隔绝空气高温加热条件下, $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  先分解生成  $\text{CuO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CuO}$  再分解生成  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,C 正确;生成  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$  的离子方程式为  $2\text{Cu}_2\text{O} + \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ ,D 错误。

#### 3. C 考查点 ▶ 金属的化学腐蚀与电化学腐蚀、金属的防护

**【解析】**水泥是一种无机非金属硅酸盐材料,A 正确;海水会引起钢壳锈蚀,海水中的钢壳锈蚀属于吸氧腐蚀,B 正确;钢铁为合金,在海水中会形成原电池发生电化学腐蚀,发生化学腐蚀的速率小于电化学腐蚀的速率,C 错误;锌比铁活泼,镀 Zn 保护钢壳是利用了牺牲阳极法,D 正确。

### 教材溯源

人教版选择性必修 1 第四章第三节(P112)提到:“电化学腐蚀比化学腐蚀的速率也大得多”,故 C 的说法是错误的。

#### 4. B 考查点 ▶ 氨的还原性、金属的防护

**【解析】** $\text{Na}_2\text{CO}_3$  是强碱弱酸盐,水解使溶液显碱性,可去除钢铁部件表面的油污, $\text{NH}_4\text{Cl}$  是强酸弱碱盐,水解使溶液显弱酸性,能够与钢铁部件表面的金属氧化物反应,使其变为可溶性物质除去,A 正确;“发蓝”处理形成的氧化物薄膜主要成分是致密的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,而不是疏松的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,B 错误;根据题意,钢铁部件在进行“发蓝”处理时,钢铁部件的表面形成一层致密的氧化物薄膜,并有能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的无色气体放出,该气体是  $\text{NH}_3$ , $\text{NH}_3$  中 N 元素处于最低价,具有还原性, $\text{CuO}$  中 Cu 元素处于较高价,具有氧化性,故加热条件下, $\text{NH}_3$  可还原  $\text{CuO}$ ,C 正确; $\text{Fe}_3\text{O}_4$  非常致密,可以对内部金属铁起到保护作用,若“发蓝”不成功,露出的 Fe 能够与  $\text{CuSO}_4$  溶液发生置换反应: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow$



$\text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ , 产生的  $\text{Cu}$  附着在钢铁部件上, 钢铁部件会显红色, 因此可以用硫酸铜溶液检验铁件是否“发蓝”成功, D 正确。

#### 5. D 考查点 ▶ 吸氧腐蚀、析氢腐蚀

**【解析】**U 形管左边是中性溶液, 发生吸氧腐蚀, 右边是酸性溶液, 发生析氢腐蚀, a、b 两处构成的原电池中, 铁都作负极, A 错误; 负极上具有相同的电极反应式:  $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ , B 错误; a 处铁失电子生成亚铁离子, 氧气得电子和水反应生成氢氧根离子, 亚铁离子和氢氧根离子反应生成氢氧化亚铁沉淀, 所以 a 处 pH 基本不变, b 处溶液变成硫酸亚铁溶液, 生成氢气, 溶液的 pH 变大, C 错误; 左边发生吸氧腐蚀时, 导致气体压强减小, 右边发

##### 关键点

生析氢腐蚀, 生成氢气导致气体压强增大, 所以一段时间后, 左侧液面高于右侧液面, D 正确。

#### 6. 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  $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ , 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  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ , 亚铁离子与氢氧根离子反应生成氢氧化亚铁,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  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  $4\text{Fe} + n\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。

**【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:  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ , 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 ▶ 吸氧腐蚀、析氢腐蚀、原电池电极反应式书写、原电池原理理解

##### 思路分析

Fe 在酸性环境下会发生析氢腐蚀, 产生氢气, 会使锥形瓶内压强增大; 若介质的酸性很弱或呈中性, 并且有氧气, 此时 Fe 就会发生吸氧腐蚀, 消耗氧气, 会使锥形瓶内压强减小。

**【解析】**整个过程中, 锥形瓶中的 Fe 粉和 C 粉及酸溶液组成了原电池, Fe 粉作为原电池的负极, 发生的电极反应为  $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ , A 正确; 由图乙中  $\text{pH} = 2.0$  时, 锥形瓶内气体压强增大, 可知发生了析氢腐蚀, 由图丙中  $\text{pH} = 2.0$  时, 锥形瓶内溶解氧有所下降, 说明还发生了吸氧腐蚀, 若  $\text{pH} = 4.0$  时只发生吸氧腐蚀, 那么锥形瓶内的气体压强会逐渐降低, 而图乙中  $\text{pH} = 4.0$  时, 锥形瓶内的气体压强几乎不变, 说明此时除了发生吸氧腐蚀, 还发生了析氢腐蚀, B 正确; 若将铁粉换为铜粉进行实验, 由于铜的金属活动性较弱, 不与  $\text{H}^+$  反应, 则  $\text{pH} = 2.0$  时, 无法发生析氢腐蚀, 气体压强随时间变化曲线不会上升, C 错误; 由图乙、丙可知,  $\text{pH} = 6.0$  时, 锥形瓶内的溶解氧减少, 说明有吸氧腐蚀发生, 同时锥形瓶内的气压减小, 也说明有吸氧腐蚀, 因此正极主要发生反应:  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ , D 正确。

#### 2. (1) ②③④ (2) ③④

(3) 变大  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$

(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:  $\text{Zn} > \text{Fe}$ , 即锌块为负极,钢铁为正极,形成原电池,  $\text{Zn}$  失去电子,发生氧化反应:  $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ , 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;  $\text{Zn}$  失去电子,发生氧化反应:  $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ ,③正确;由于金属活动性:  $\text{Zn} > \text{Fe}$ , 钢铁外壳为正极,锌块为负极,④正确。

(3) 腐蚀的总反应式为  $\text{Zn} + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$ , 有  $\text{OH}^-$  生成,溶液的 pH 变大;该电化学腐蚀中  $\text{Zn}$  作负极,  $\text{Fe}$  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  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 。

(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 ▶ 特殊的考查形式:借助传感器探究金属腐蚀

**【解析】**铜的还原性非常弱,不能与酸反应产生  $\text{H}_2$ ,铜器在弱酸

#### 关键点

性环境中表面生成铜绿发生的是吸氧腐蚀,A 错误;铁被腐蚀生成的是  $\text{Fe}^{2+}$ ,用  $\text{KSCN}$  溶液无法检验,因此一段时间后向三颈烧瓶中加入  $\text{KSCN}$  溶液,溶液未变红,并不能说明铁被保护,B 错误;开始时压强传感器测得压强几乎未发生变化,可能是析氢腐蚀和吸氧腐蚀同时发生,C 错误;采油平台的钢铁构筑物与外接电源的负极相连的金属保护法叫外加电流法,D 正确。

## 热点 3 电极反应式的书写

### 刷 热点

#### 1. A 考查点 ▶ 原电池、电解池电极反应式书写

**【解析】**铅蓄电池放电时负极生成  $\text{PbSO}_4$ ,则负极反应式为  $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4$ ,A 错误。电解法处理酸性含铬废水,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  被还原为  $\text{Cr}^{3+}$ ,根据得失电子守恒和电荷守恒配平离子方程式,B 正确。碱性锌锰干电池中  $\text{Zn}$  被氧化,为原电池的负极,电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$ ;  $\text{MnO}_2$  被还原,为原电池的正极,电极反应式为  $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{MnO}(\text{OH}) + \text{OH}^-$ ,C 正确。电解池中阴极发生还原反应,以硫酸为电解质,通过催化电解可将  $\text{N}_2$  转化为  $\text{N}_2\text{H}_4$  的阴极反应:  $\text{N}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{N}_2\text{H}_4$ ,D 正确。

#### 2. B 考查点 ▶ 原电池电极反应式书写、原电池正负极判断、原电池电子流向判断及应用

#### 思路分析

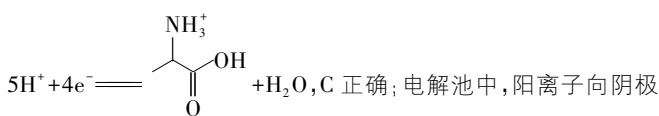
由图可知:原电池工作时,  $\text{Al}$  作负极,失去电子发生氧化反应;  $\text{AC}$  材料作正极,正极上发生得到电子的还原反应,正极的电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$  和  $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{N}_2 \uparrow + 12\text{OH}^-$ 。

**【解析】**反应过程中,电子由负极铝流向正极 AC 材料,A 错误;AC 材料作正极,生成  $N_2$  的电极反应式为  $2NO_3^- + 10e^- + 6H_2O = N_2 \uparrow + 12OH^-$ ,B 正确;若 Al 表面生成了致密的  $Al_2O_3$ ,不利于 Al 失电子发生反应,导致去除率降低,C 错误;生成  $H_2$  的电极反应式为  $2H_2O + 2e^- = H_2 \uparrow + 2OH^-$ ,D 错误。

### 3. A 考点 ▶ 电解原理的理解、电解池电极反应式的书写

**【解析】**由图可知,在外电场作用下,左侧物质去氢发生氧化反应,则左侧电极为阳极,右侧电极为阴极。 $NO_3^-$  中 N 为 +5 价, $NH_2OH$  中 N 为 -1 价,理论上将 1 个  $NO_3^-$  还原为羟胺( $NH_2OH$ )需转移 6 个电子,题干中未说明  $NO_3^-$  的物质的量,无法计算转移电子的物质的量,A 错误;由分析可知,左侧电极为阳极,发生的反应为  $CH_3CH(OH)COO^- - 2e^- + 2OH^- = CH_3COCOO^- + 2H_2O$ ,

B 正确;由分析可知,右侧电极为阴极,发生的反应为



移动,阴离子向阳极移动,故双极膜在阳极区产生  $OH^-$ ,阴极区产生  $H^+$ ,D 正确。

### 考点拓展

双极膜亦称双极性膜,是特种离子交换膜,它是由一张阳膜和一张阴膜复合制成的阴、阳复合膜。该膜的特点是在直流电场的作用下,阴、阳膜复合层间的  $H_2O$  解离成  $H^+$  和  $OH^-$  并分别通过阳膜和阴膜,作为  $H^+$  和  $OH^-$  的离子源。

### 4. (1) 还原 $NO - 2e^- + O^{2-} = NO_2$



### 考点 ▶ 原电池电极反应式书写

**【解析】**(1) Pt 电极上  $O_2$  转化为  $O^{2-}$ ,化合价降低,发生还原反应; $NiO$  电极上  $NO$  失去电子,与  $O^{2-}$  反应生成  $NO_2$ ,电极反应式为  $NO - 2e^- + O^{2-} = NO_2$ 。

(2) 根据电子转移方向可知,上面的电极为负极,则 a 通入燃料氨气发生氧化反应生成氮气,电极反应式为  $2NH_3 + 6OH^- - 6e^- = N_2 + 6H_2O$ 。

(3) 根据图中信息可知, $NO$  中 N 元素化合价降低生成氮气,得到电子,发生还原反应,电极 B 为正极,因此正极反应式为  $2NO + 4e^- + 4H^+ = N_2 + 2H_2O$ 。

## 热点 4 电化学装置中的隔膜分析

### 刷 热点

### 1. D 考点 ▶ 交换膜在电化学装置中的应用

#### 思路分析

装置中电解  $NaHSO_3$  和  $Na_2SO_3$  混合溶液,阴极区发生反应  $2HSO_3^- + 2e^- = H_2 \uparrow + 2SO_3^{2-}$ , $Na^+$  通过离子交换膜 a 移向阴极,阴极区产生  $Na_2SO_3$ ;阳极区  $HSO_3^-$  和  $SO_3^{2-}$  被氧化,阳极区发生反应: $SO_3^{2-} + H_2O - 2e^- = SO_4^{2-} + 2H^+$ 、 $HSO_3^- - 2e^- + H_2O = SO_4^{2-} + 3H^+$ , $HSO_3^-$  和  $SO_3^{2-}$  通过离子交换膜 b 进入阳极区,最终生成硫酸。

**【解析】**a 为阳离子交换膜,使  $Na^+$  通过,b 为阴离子交换膜,使  $HSO_3^-$  和  $SO_3^{2-}$  通过,A 正确;阴极区发生还原反应,反应为  $2HSO_3^- + 2e^- = H_2 \uparrow + 2SO_3^{2-}$ ,B 正确;电解过程中,阳极区  $HSO_3^-$  和  $SO_3^{2-}$  被氧化得到硫酸,溶液的 pH 降低,C 正确; $HSO_3^-$  和  $SO_3^{2-}$  通过离子交换膜 b 进入阳极区,当转移 1 mol  $e^-$  时,阳极区溶液增加的质量并不是生成的 0.5 mol 硫酸的质量(49 g),而是

0.5 mol  $\text{SO}_3^{2-}$  或  $\text{HSO}_3^-$  的质量, D 错误。

## 2. 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  $\text{OH}^-$  向左侧负极移动,  $\text{H}^+$  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  $\text{OH}^-$  向左侧负极移动,  $\text{H}^+$  向右侧正极移动, C 正确; 负极发生反应:  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$ , 同时每消耗 1 mol  $\text{OH}^-$ , 有 1 mol  $\text{OH}^-$  从双极膜进入负极区,  $n(\text{OH}^-)$  不变, 但生成了  $\text{H}_2\text{O}$ , 所以  $\text{OH}^-$  浓度减小, pH 降低, D 错误。

## 3. D 考点 ▶ 交换膜在电化学装置中的应用

### 思路分析

电解法制备  $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ , Ni 电极发生氧化反应生成  $\text{Ni}^{2+}$ , Ni 作阳极,  $\text{Ni}^{2+}$  向右移动通过膜 a 进入产品室, III 室中的  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$  通过膜 b 进入产品室, 用于制备  $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ , 不锈钢为阴极,  $\text{H}_2\text{O}$  得电子生成  $\text{H}_2$  和  $\text{OH}^-$ , 为维持电荷守恒, 同时保证产品纯度较高, III 室中的  $\text{Na}^+$  向右移动通过膜 c 进入 IV 室。

【解析】电解法制备  $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ , Ni 发生氧化反应, Ni 作阳极, g 接外接电源正极, h 与外接电源的负极相连, A 正确; 不锈钢电极为阴极, 发生还原反应, 电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ , B 正确; 根据分析可知, C 正确; Ni 电极为阳极, 发生反应:  $\text{Ni} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+}$ , 不产生气体, 不锈钢为阴极, 发生反应:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ , 当外电路转移 4 mol 电子时, 产生 2 mol 氢气, D 错误。

## 4. C 考点 ▶ 交换膜在电化学装置中的应用

### 思路分析

由装置图可知,  $\text{NO}_3^-$  在 b 室最终转化为  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  通过气体扩散膜进入 a 室, 与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液反应生成铵盐, c 室生成氧气, 为保证  $\text{NO}_3^-$  被充分处理,  $\text{NO}_3^-$  不能进入 c 室, 则 b 室和 c 室之间应选择阳离子交换膜。

【解析】由分析可知, b 室和 c 室之间应选择阳离子交换膜, A 正确; Pt 电极为阳极, c 室中发生反应:  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,  $\text{H}^+$  通过离子交换膜进入 b 室,  $\text{NO}_3^-$  在阴极上先被还原为  $\text{NO}_2^-$ , 再被还原为  $\text{NH}_3$ , 故阴极存在电极反应:  $\text{NO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2^- + 6\text{e}^- + 7\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , B 正确; 根据 B 项分析可知, b 室消耗的  $\text{NO}_3^-$  可能全部转化为  $\text{NO}_2^-$ , 但不一定全部转化为氨气, 转移电子数不确定, 不能计算出 c 室产生氧气的体积, 若 1 mol  $\text{NO}_3^-$  全部转化为氨气, 转移电子 8 mol, 生成氧气 2 mol, 标准状况下气体体积为 44.8 L, C 错误; a 室与 b 室之间为气体扩散膜, 则  $\text{NH}_3$  进入 a 室与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液反应生成硫酸铵, 实现资源化利用氨, D 正确。

## 5. 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  $\text{MnO}_2$  得到电子转化为  $\text{Mn}^{2+}$ , 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  $\text{K}^+$ 、0.1 mol  $\text{SO}_4^{2-}$  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  $\text{Mn}^{2+}$  转化为  $\text{MnO}_2$ , 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。

**6. B 考点** 电极反应过程分析、电解池电极反应式的书写、电解池有关计算

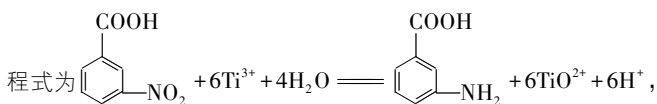
**思路分析**

从图乙可知, M 金属先消耗后生成, 是催化剂, 催化  $\text{OH}^-$  在电极 A 发生失电子的氧化反应, 电极反应式为  $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 所以电极 A 为阳极, 电极 B 为阴极。

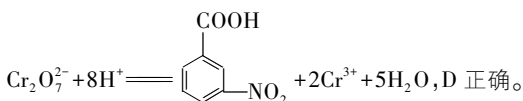
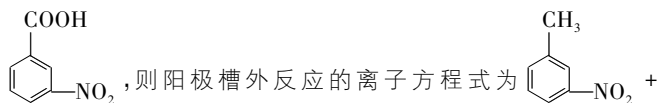
**【解析】**根据图乙可知, M 参与了电极反应, 前后转化生成 M—OH、M—O、M—OOH 又回到了 M, M 的质量和化学性质都没有发生变化, M 为催化剂, A 正确; 根据图乙可知, 电极 A 放电过程中电极反应有  $\text{M—OH} + \text{OH}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{M—O} + \text{H}_2\text{O}$ , B 错误; 若去掉  $\text{MnO}_x$  隔水薄膜, 氯离子会在 A 电极失去电子发生氧化反应生成氯气, 因此  $\text{MnO}_x$  隔水薄膜可以阻挡  $\text{Cl}^-$  与电极接触生成  $\text{Cl}_2$ , C 正确; 电解总反应式为  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ , 根据电解方程式可知, 每生成 3 mol 气体, 电路中会转移 4 mol 电子, 则标准状况下每生成 67.2 mL 气体, 即  $\frac{0.0672 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.003 \text{ mol}$ , 电路中转移电子的物质的量为 0.004 mol, D 正确。

**7. D 突破点** 交换膜在电化学装置中的应用

**【解析】**该装置为电解池。A 电极上发生还原反应为阴极, B 电极上发生氧化反应为阳极。阳极电势高, 因此 B 电极电势高于 A 电极电势, A 错误; 间硝基甲苯中甲基被氧化为羧基生成 M, M 中的硝基被还原为氨基生成产物间氨基苯甲酸, 则 M 应该是间硝基苯甲酸, 羧基有酸性, 但是硝基无碱性, 因此 M 可以与碱反应, 不能与酸反应, B 错误; 阴极槽外生成间氨基苯甲酸的离子方



阴极反应式为  $\text{TiO}^{2+} + \text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$ , 则理论上每生成 1 mol 间氨基苯甲酸, 转移 6 mol  $\text{e}^-$ , 因此有 6 mol  $\text{H}^+$  通过阳离子交换膜, C 错误; 根据反应物和产物可知中间产物 M 为



**8. D 突破点** 电解原理的应用、交换膜种类的判断、电解过程中溶液的变化、电极反应式的书写

**思路分析**

从电解池 a 极区溶液中四甲基氢氧化铵  $[(\text{CH}_3)_4\text{NOH}]$  浓度增大, 可推出  $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$  透过 c 膜向 a 电极移动, 则 a 电极为阴极, c 膜为阳膜;  $\text{Cl}^-$  透过 d 膜向右侧移动, 则 d 膜为阴膜;  $\text{Na}^+$  透过 e 膜向左侧移动, 则 e 膜为阳膜。电解装置中, a 极为阴极, b 极为阳极。阳极连发电装置的正极, 则 P 型半导体为正极, N 型半导体为负极。

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

9. (1) ①负 有 1 mol  $\text{Mg}^{2+}$  自右向左通过阳离子交换膜 ② $\text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{MgC}_2\text{O}_4$

(2) ①正 阳 左端铜电极会被腐蚀直至消失 ② $2\text{CO}_2 + 10\text{e}^- + 10\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} + 3\text{H}_2\text{O}$  基本不变

**考查点** ▶ 电极反应式的书写、交换膜工作原理分析、二次电池工作原理的分析

**【解析】**(1) ①放电时  $\text{CO}_2$  转化为  $\text{MgC}_2\text{O}_4$ , 碳元素化合价由 +4 降低为 +3, 发生还原反应, 所以多孔碳纳米管电极为正极, Mg 电极为负极, 则充电时多孔碳纳米管电极为阳极, Mg 电极为阴极。充电时电解池的阴极与电源的负极相连,  $\text{Mg}^{2+}$  会转化为 Mg, 故电解池中  $\text{Mg}^{2+}$  从右向左移动, 电路中转移的电子所带电量与通过阳离子交换膜的  $\text{Mg}^{2+}$  所带电量相等, 因此通过膜的  $\text{Mg}^{2+}$  物质的量为 1 mol。②由工作原理图可知, 放电时  $\text{CO}_2$  在多孔碳纳米管电极上得电子转化为  $\text{MgC}_2\text{O}_4$ , 故有  $\text{Mg}^{2+}$  参与电极反应, 相应电极反应式为  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{MgC}_2\text{O}_4$ 。

(2) ① $\text{CO}_2$  转化为有机物时碳元素化合价降低, 因此  $\text{CO}_2$  发生了还原反应, Cu 电极是阴极, Pt 电极是阳极, a 是电源的正极;  $\text{CO}_2$  转化为有机物时, 需要氢元素, 阳极上水失去电子得到  $\text{O}_2$ 、 $\text{H}^+$ , 因此  $\text{H}^+$  需要通过交换膜 X 进入阴极区, 因此交换膜 X 最好是阳离子交换膜; 若将 Pt 电极换为 Cu 电极, 则该 Cu 电极会失去电子, 导致该 Cu 电极被腐蚀, 直至消失。②充电时阴极的电极反应式为  $2\text{CO}_2 + 10\text{e}^- + 10\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ 、 $2\text{CO}_2 + 12\text{e}^- + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ , 阳极电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ , 由两极电极反应式可知, 放电过程中溶液中  $\text{H}^+$  的数量基本不变。

### 突破 3 新型电池的工作原理及应用

#### 刷 难关

1. A **考查点** ▶ 原电池工作原理分析、原电池电子流向判断及应用、原电池正负极判断

**【解析】**由表中的电极反应式可知, a 电极失电子为负极, A 错误; 外电路中, 电子由负极流向正极, 外电路中的箭头方向为电子流向, B 正确; 由电池工作原理图可知,  $\text{Li}^+$  穿过离子交换膜, 则该膜为阳离子交换膜, C 正确; 正极反应式加负极反应式即得电池总反应式, 因此总反应式为  $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6 \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2 + \text{C}_6$ , D 正确。

#### 考点拓展

锂离子电池基于电化学“嵌入/脱嵌”反应原理, 替代了传统的“氧化-还原”理念: 在两极形成的电压的驱动下,  $\text{Li}^+$  可以从电极材料提供的“空间”中“嵌入”或者“脱嵌”。如本题中 a 电极的电极反应式:  $\text{Li}_x\text{C}_6 - x\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_6 + x\text{Li}^+$ 。

2. D **考查点** ▶ 新型二次电池工作原理分析、电化学有关计算

**【解析】**放电时为原电池, 锌为负极, 电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{ZnCl}_2$ , 石墨为正极, 电极反应式之一为  $[\text{CuCl}_x]^{2-x} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{CuCl}_x]^{1-x}$ ; 充电时为电解池, 锌与电源负极相连为阴极, 石墨与电源正极相连为阳极。充电时, 石墨电极与电源正极相连, A 正确; 充电时, 石墨电极为阳极, 发生氧化反应, 电极反应式之一为  $[\text{CuCl}_x]^{1-x} - \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{CuCl}_x]^{2-x}$ , B 正确; 放电时, 氯离子向负极迁移, 即向锌电极迁移, C 正确; 放电时, 根据负极电极反



应式,理论上电路中每转移 2 mol 电子,锌电极增加的质量为 2 mol  $\text{Cl}^-$  的质量,应为  $2 \times 35.5 \text{ g} = 71 \text{ g}$ ,D 错误。

### 3. A 考查点 ▶ 可逆水性电池工作原理分析、原电池电极反应式书写

#### 思路分析

由题图可知,Zn 发生失去电子的反应,为原电池的负极,电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$  得电子生成  $\text{HCOOH}$ ,电极反应式为  $\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ ,则多孔 Pd 纳米片为电池的正极;充电时,Zn 为阴极,多孔 Pd 纳米片为阳极。

**【解析】**充电时,阴离子移向阳极, $\text{OH}^-$  由双极膜移向多孔 Pd 纳米片电极,A 错误;放电时, $\text{CO}_2$  得电子生成  $\text{HCOOH}$ ,电极反应式为  $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ ,B 正确;放电时多孔 Pd 纳米片电极为正极,充电时多孔 Pd 纳米片电极为阳极,电极的电势均高于 Zn 电极,C 正确;根据溶液呈电中性,可知外电路通过 1 mol 电子时,双极膜中解离的水的物质的量为 1 mol,D 正确。

### 4. B 考查点 ▶ 二次电池工作原理分析、电极反应式书写及相关计算

**【解析】**根据充放电原理: $\text{Na}_{1-x}\text{MnO}_2 + \text{Na}_x\text{C}_n \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{NaMnO}_2 + \text{C}_n$ ,放电时负极发生反应: $\text{Na}_x\text{C}_n - x\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_n + x\text{Na}^+$ ,正极发生反应: $\text{Na}_{1-x}\text{MnO}_2 + x\text{e}^- + x\text{Na}^+ \rightleftharpoons \text{NaMnO}_2$ ,则 a 为正极,b 为负极,充电时,a 为阳极,b 为阴极。反应  $\text{Na}_{1-x}\text{MnO}_2 + \text{Na}_x\text{C}_n \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{NaMnO}_2 + \text{C}_n$  中 Mn、C 元素的化合价发生了变化,发生了氧化还原反应,A 错误;充电时,发生反应  $\text{NaMnO}_2 + \text{C}_n \rightleftharpoons \text{Na}_{1-x}\text{MnO}_2 + \text{Na}_x\text{C}_n$ ,Mn 元素化合价升高,钠离子在锰基材料上脱出,B 正确;放电时负极反应式为  $\text{Na}_x\text{C}_n - x\text{e}^- \rightleftharpoons x\text{Na}^+ + \text{C}_n$ ,C 错误;充电时,外电路中转移 4 mol  $\text{e}^-$ ,锰基材料脱出 4 mol  $\text{Na}^+$ ,质量减少 92 g,D 错误。

### 5. C 突破点 ▶ 结合二次电池的总反应式推断电池电极、离子移动方向

#### 思路分析

电池总反应为  $\text{MnO}_2 + \frac{1}{2}\text{Zn} + \left(1 + \frac{x}{6}\right)\text{H}_2\text{O} + \frac{1}{6}\text{ZnSO}_4 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{MnOOH} + \frac{1}{6}[\text{ZnSO}_4 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}]$ ,放电时,Zn 为负极,电极反应式为  $\frac{1}{2}\text{Zn} + \frac{x}{6}\text{H}_2\text{O} + \frac{1}{6}\text{ZnSO}_4 - \text{e}^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \frac{1}{6}[\text{ZnSO}_4 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}]$ ,正极反应式为  $\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^-$ ,充电时,与电源负极相连的是阴极,与正极相连的是阳极。

**【解析】**Zn 所在电极为负极,即放电时,含有锌膜的碳纳米管纤维作电池负极,A 正确;由分析可知,放电时 Zn 所在电极为负极,充电时 Zn 所在电极为阴极, $\text{Zn}^{2+}$  移向锌膜,锌元素发生还原反应,B 正确;由分析可知,充电时,与电源负极相连的是阴极,则阴极反应式:  $\frac{1}{6}[\text{ZnSO}_4 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}] + \text{e}^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Zn} + \frac{x}{6}\text{H}_2\text{O} + \frac{1}{6}\text{ZnSO}_4 + \text{OH}^-$ ,C 错误;由有机高聚物的结构片段可知其是加成聚合产物,合成有机高聚物的单体是

$\text{CH}_2=\text{CH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{NH}_2$ ,该有机高聚物可通过加聚反应制得,D 正确。

### 6. B 突破点 ▶ 借助电极反应中物质转化分析可充电水泥基电池工作原理、新型电池

### 思路分析

根据图示可知,放电时 Fe 失电子,FeOOH@CFM 电极为负极,充电时作阴极,与电源负极相连;放电时 Ni(OH)<sub>2</sub>@CFM 电极为正极,充电时作阳极,与电源正极相连。

**【解析】**由分析可知,充电时,a 与电源负极相连,A 正确;放电时,正极的电极反应式为  $\text{NiOOH} + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ni(OH)}_2 + \text{OH}^-$ ,正极质量增加,B 错误;充电时,阳极发生氧化反应,电极反应式为  $\text{Ni(OH)}_2 + \text{OH}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$ ,C 正确;充电时,阴离子向阳极移动,即 OH<sup>-</sup> 由 FeOOH@CFM 电极向 Ni(OH)<sub>2</sub>@CFM 电极移动,D 正确。

### 7. C 创新点 结合 S<sub>8</sub>→Li<sub>2</sub>S 中复杂的 16 电子转化过程推断电极反应、判断反应现象

**【解析】**由电池中硫还原反应(涉及从 S<sub>8</sub> 分子到 Li<sub>2</sub>S 固体的复杂的 16 电子转化过程)可知,电池总反应为  $16\text{Li} + \text{S}_8 \rightleftharpoons 8\text{Li}_2\text{S}$ ,A 正确;由图可知,Li<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 转化生成的 Li<sub>2</sub>S<sub>2</sub> 和 Li<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 最终转化为 Li<sub>2</sub>S,说明 Li<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 是控制整体硫还原反应过程的关键电化学中间体,B 正确;充电时,左侧电极为电解池的阳极,Li<sub>2</sub>S 在阳极失去电子发生连续氧化反应:  $\text{Li}_2\text{S} \longrightarrow \text{Li}_2\text{S}_2/\text{Li}_2\text{S}_3 \longrightarrow \text{Li}_2\text{S}_4 \longrightarrow \dots \text{Li}_2\text{S}_8 \longrightarrow \text{S}_8 + \text{Li}^+$ ,最终生成淡黄色 S<sub>8</sub> 和锂离子,过程中 S<sub>x</sub><sup>2-</sup> 中 x 在增大,则阳极附近颜色由黄色加深直至红色,最后生成 S,溶液变为黄色,C 错误;由题给信息可知,Li<sub>2</sub>S 的水溶性较差,所以选择合适的溶剂,有利于增强电解质溶液的导电性,能让电池保持稳定的电流输出,D 正确。

### 8. C 突破点 新型电池工作原理分析及相关计算

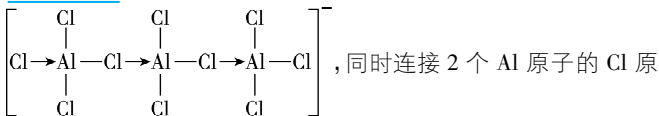
**【解析】**由电子移动方向可知,a 电极为原电池的负极,锂失去电子发生氧化反应生成锂离子,电极反应式为  $\text{Li} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}^+$ ,b 电极为正极,锂离子作用下氮气在光电正极催化剂表面得到电子发生还原反应生成氮化锂,电极反应式为  $\text{N}_2 + 6\text{e}^- + 6\text{Li}^+ \rightleftharpoons 2\text{Li}_3\text{N}$ 。b 电极为正极,锂离子作用下氮气在光电正极催化剂表面得到电子发生还原反应生成氮化锂,A 错误;a 电极为原电池的负极,b 电极为正极,则放电时,电流由 b 电极沿导线流向 a 电极,B 错误;b 电极的电极反应式为  $\text{N}_2 + 6\text{e}^- + 6\text{Li}^+ \rightleftharpoons 2\text{Li}_3\text{N}$ ,由电极反应式可知,生成氮化锂和消耗氮气的质量比为 70:28=5:2,C 正确;铅酸蓄电池充电时的总反应为  $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ,反应消耗 2 mol 水时,转移 2 mol 电子,由得失电子守恒可知,充电消耗 0.7 g 锂时,铅酸蓄电池消耗水的质量为  $\frac{0.7 \text{ g}}{7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 1 \times 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.8 \text{ g}$ ,D 错误。

### 9. B 突破点 利用题干及题图信息分析电池工作原理、Al<sub>n</sub>Cl<sub>3n+1</sub><sup>-</sup> 结构分析

**【解析】**电解质中添加氯化钠和氯化钾的主要作用是与氯化铝形成 AlCl<sub>4</sub><sup>-</sup> 从而提供导电能力,熔融态 AlCl<sub>3</sub> 中不存在

**易错点**

Al<sup>3+</sup> 和 Cl<sup>-</sup>,A 错误;Al<sub>3</sub>Cl<sub>10</sub><sup>-</sup> 中存在配位键,其结构为



同时连接 2 个 Al 原子的 Cl 原子有 2 个,以此类推,链状 Al<sub>n</sub>Cl<sub>3n+1</sub><sup>-</sup> 中同时连接 2 个 Al 原子的 Cl 原子有 (n-1) 个,B 正确;放电时,铝作负极,铝失去电子,形成链状 Al<sub>n</sub>Cl<sub>3n+1</sub><sup>-</sup>,负极发生的反应可能为  $\text{Al} - 3\text{e}^- + 7\text{AlCl}_4^- \rightleftharpoons 4\text{Al}_2\text{Cl}_7^-$ ,C 错误;充电时,铝电极作阴极,链状 Al<sub>n</sub>Cl<sub>3n+1</sub><sup>-</sup> 中的 +3 价 Al 得电子发生还原反应,D 错误。

### 易错警示

本题中 Al 应该与氯离子形成配合物,在分析负极电极反应式时,容易误以为是  $\text{Al} - 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}^{3+}$ 。

### 10. B 突破点 结合电极处的连续氧化或还原反应推测电极反

## 应、电化学相关计算

### 思路分析

依据题意,该电池放电时,Zn 极失去电子生成  $\text{Zn}^{2+}$ ,作为负极;则  $\text{Se}@\text{C}$ (硒@多孔石墨)为正极,Se 得到电子、并与  $\text{Cu}^{2+}$  结合先形成  $\text{CuSe}$ ,然后继续得电子经过多步转化: $\text{CuSe} \longrightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2 \longrightarrow \text{Cu}_{2-x}\text{Se} \longrightarrow \text{Cu}_2\text{Se}$ ,最后生成  $\text{Cu}_2\text{Se}$ ;充电时,阴极上  $\text{Zn}^{2+}$  得到电子生成 Zn,阳极上  $\text{Cu}_2\text{Se}$  失去电子发生连续氧化反应最终得到 Se,且释放  $\text{Cu}^{2+}$ 。

**【解析】**放电时阴离子向负极移动,据分析,放电过程中  $\text{SO}_4^{2-}$  移向右侧,A 错误;据分析,充电时,阳极发生四电子转移过程的逆过程,则充电时  $\text{Se}@\text{C}$  电极总反应为  $\text{Cu}_2\text{Se}-4\text{e}^- = \text{Se}+2\text{Cu}^{2+}$ ,B 正确;放电时发生四电子转移,正极总反应为  $\text{Se}+2\text{Cu}^{2+}+4\text{e}^- = \text{Cu}_2\text{Se}$ , $\text{CuSe} \longrightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2 \longrightarrow \text{Cu}_{2-x}\text{Se} \longrightarrow \text{Cu}_2\text{Se}$  过程中铜元素的化合价在降低, $\text{CuSe} \rightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2$  是其中的某一步反应,则放电时  $\text{CuSe} \rightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2$  的电极反应式为  $2\text{CuSe}+\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^- = \text{Cu}_3\text{Se}_2$ ,C 错误;若中间物质  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  中  $x=0.2$ ,则其化学式为  $\text{Cu}_{1.8}\text{Se}$ ,改写化学式为  $a\text{CuSe} \cdot b\text{Cu}_2\text{Se}$ ,则  $\frac{a+2b}{a+b} = \frac{1.8}{1}$ ,得  $\frac{a}{b} = \frac{1}{4}$ ,即  $\text{Cu}^{2+}$  与  $\text{Cu}^+$  的个数之比为  $1:(4 \times 2) = 1:8$ ,D 错误。

11. (1) ①正  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$  ②2 X

(2)  $\text{N}_2\text{H}_4 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$   $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$   $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(3) ①  $\text{Mg} - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+}$  ②35.5

**考查点** ▶ 原电池有关计算,新型电池、燃料电池等电极反应式书写

**【解析】**(1) ①X 电极处加入稀盐酸,反应生成氢气,说明发生还原反应,则 X 电极为正极,Y 电极为负极,负极发生氧化反应,电极反应式: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ 。②根据电极反应式: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$  可知,Y 极生成 1 mol  $\text{Cl}_2$  时,转移 2 mol 电子,则有 2 mol  $\text{Li}^+$  移向正极。

(2)  $\text{N}_2\text{H}_4$  为液体燃料,空气中的氧气作氧化剂,KOH 作电解质,该燃料电池总反应式: $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,负极发生氧化反应,电极反应式: $\text{N}_2\text{H}_4 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ,正极发生还原反应,电极反应式: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ 。

(3) 根据  $\text{Mg}-\text{AgCl}$  电池反应方程式: $2\text{AgCl} + \text{Mg} = \text{Mg}^{2+} + 2\text{Ag} + 2\text{Cl}^-$  可知 Mg 作负极,发生氧化反应,AgCl 作正极,发生还原反应。①Mg 作负极,发生氧化反应,电极反应式: $\text{Mg} - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+}$ 。②AgCl 作正极,发生还原反应: $\text{AgCl} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ,当有 1 mol 电子通过外电路时,正极释放 1 mol 氯离子,质量减少了 35.5 g。

## 全章真题训练

### 刷真题

#### 刷小题

1. 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

### 信息梳理

该装置为原电池。由放电过程中两极均增重可知 a 极上  $\text{Cu}_2\text{O}$  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	$\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$ (C 正确)
	b 极(正极), 还原反应	$\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ \longrightarrow \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$

**【解析】**放电时阳离子( $\text{Na}^+$ )向正极(b极)迁移, A 正确;该电池负极消耗  $\text{Cl}^-$ 、正极消耗  $\text{Na}^+$ , 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**

$\text{Ag}/\text{AgCl}$  电极后 b 极仍增重, 则此时 b 极电极反应式为  $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl}$ , 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  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  电极代替 a 极, 则 a 极电极反应式为  $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl}$ 、b 极电极反应式为  $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ \longrightarrow \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ , 电池不会失去储氯能力, D 错误。

**2. C 命题点** 电化学原理, 涉及电解质对充放电速率的影响、温度对电子转移的影响、电极的判断等

### 信息梳理

该电池为二次电池, 放电时为原电池, 活泼金属 Li 失电子发生氧化反应, 作负极,  $\text{O}_2$  在多孔功能电极上得电子发生还原反应, 多孔功能电极作正极; 充电时为电解池, 锂电极为阴极, 多孔功能电极作阳极。

定位	电极	电极反应式
放电 (原电池)	锂电极为(负极)	$\text{Li} - \text{e}^- \longrightarrow \text{Li}^+$
	多孔功能电极(正极)	$\text{O}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2^{2-}$ 或 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{O}^{2-}$
充电 (电解池)	锂电极为(阴极)	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Li}$
	多孔功能电极(阳极)	$\text{O}_2^{2-} - 2\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 \uparrow$ 或 $2\text{O}^{2-} - 4\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 \uparrow$
总反应: $2\text{Li} + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{Li}_2\text{O}_2$ 或 $4\text{Li} + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{Li}_2\text{O}$		

**【解析】**由电极反应式可知, 充放电时有  $\text{Li}^+$  参与或生成, 因此熔融盐中  $\text{LiNO}_3$  的物质的量分数影响充放电速率,  $\text{Li}^+$  优先于  $\text{K}^+$  通过固态电解质膜, A、B 正确; 放电时, 1 mol  $\text{O}_2$  得 2 mol  $\text{e}^-$  转化为  $\text{O}_2^{2-}$ , 1 mol  $\text{O}_2$  得 4 mol  $\text{e}^-$  转化为  $\text{O}^{2-}$ , 随温度升高  $Q$  增大, 因此随温度升高正极区  $\text{O}_2^{2-}$  转化为  $\text{O}^{2-}$ , C 错误; 充电时, 锂电极为阴极, 连接电源负极, D 正确。

**3. A 命题点** 电化学原理的应用, 涉及电极产物判断、离子移动方向、电化学计算等

### 信息梳理

光解过程中, 电极 a 上电子流出, 发生氧化反应; 电极 b 上电子流入, 发生还原反应。

电极	反应类型	电极反应式
电极 a	氧化反应	$2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ (A 正确)
电极 b	还原反应	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 \uparrow$

**【解析】**电极 a 上生成  $\text{H}^+$ , 电极 b 上消耗  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}^+$  通过质子交换膜从左室移向右室, B 错误; 在探究溶液浓度变化时, 不仅要关注溶质的变化, 也要关注溶剂的变化, 在光解过程中,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中

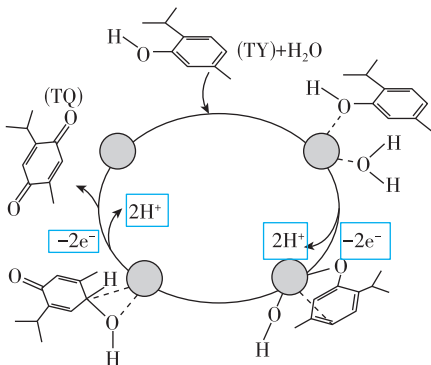
**关键点**

$\text{H}_2\text{O}$  减少,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液浓度增大, pH 减小, C 错误; 生成 1 mol  $\text{H}_2$ , 转移 2 mol 电子, 外电路通过 0.01 mol 电子时, 电极 b 上生成 0.005 mol  $\text{H}_2$ , D 错误。

**4. D 命题点** 电解原理融合化学反应历程综合分析, 涉及反应机理分析、离子迁移等

**要点图解**

如图为电极 b 表面的主要反应历程, 由图可得出电极 b 表面的电子转移及成键情况:



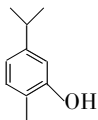
可知 1 mol TY 与 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  在电极 b 上失去 4 mol 电子, 生成 1 mol TQ 和 4 mol  $\text{H}^+$ , 因此电极 b 为阳极, 发生氧化反应, 电极 a 为阴极, 发生还原反应。电解质溶液含有  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 且两室间为质子交换膜, 因此阳极生成的  $\text{H}^+$  通过质子交换膜在阴极发生反应。

定位	电极及反应类型	电极反应式
电解池	电极 a (阴极), 还原反应	$4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2 \uparrow$
	电极 b (阳极), 氧化反应	$\text{TY} + \text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{TQ} + 4\text{H}^+$
总反应: $\text{TY} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{TQ} + 2\text{H}_2 \uparrow$ (B 正确)		

**【解析】** 电解过程中, 阳离子移向阴极, 右室 (阳极室) 产生的  $\text{H}^+$

**关键点**

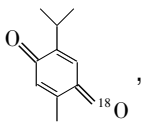
通过质子交换膜移至左室 (阴极室), A 正确; 根据反应历程图可知, TY 转化为 TQ 的过程中, 官能团由酚羟基变为  $\text{C}=\text{O}$ , 同时水分子结合催化剂进攻酚羟基对位碳, 引入  $\text{C}=\text{O}$ , 因此以



为原料时, 酚羟基转化为羰基, 并在对位引入羰基, 也可

得到 TQ, C 正确; 由反应历程图分析, TY 转化为 TQ 过程中, 酚羟基的 O 原子并未脱离苯环, 而酚羟基对位引入的 O 原子来自

$\text{H}_2\text{O}$ , 所以用  $^{18}\text{O}$  标记电解液中的水, 得到的是



D 错误。

**关键点拨**

注意观察反应历程中各原子的去向, 可知  $\text{H}_2\text{O}$  吸附到催化剂上之后会先脱去  $\text{H}^+$  并失电子形成羟基, 之后羟基被引入原酚羟基的对位, 整个过程中原酚羟基的 O 原子仍与苯环相连。

**5. 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

### 信息梳理

该装置中有直流电源,为电解池, $x < 1$ ,则  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  转化为  $\text{LiCoO}_2$  过程中,Co 元素化合价由  $+(4-x)$  降为  $+3$ , $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  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
$\text{Li}_x\text{CoO}_2$ 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)  $\text{O}_2$  时转移 1 mol 电子,理论上转化  $\frac{1}{1-x}$  mol 的  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$ ,B 正确; $\text{SO}_4^{2-}$  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  $\text{H}^+$ 、消耗  $\text{H}_2\text{O}$ ,则阳极附近 pH 降低,D 错误。

**6. 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

### 信息梳理

充电时为电解池,惰性电极上  $\text{Li}^+$  得电子生成 Li 并沉积在惰性电极上,储氢容器内的  $\text{H}_2$  在气体扩散电极上失电子转化为  $\text{H}^+$ ,进一步结合电解质溶液中的  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  生成  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{Li}^+$  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  $\text{Li}^+$  并通过固体电解质向左侧迁移,正极(气体扩散电极)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  中  $\text{H}^+$  得电子生成  $\text{H}_2$ ,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  $\text{H}_3\text{PO}_4$  转化为  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  并结合迁移过来的  $\text{Li}^+$  生成  $\text{LiH}_2\text{PO}_4$ ,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  $\text{H}^+$ ,但溶液体积未知,无法计算浓度变化,D 错误。

**7. D 命题点** 原电池原理,涉及电极判断、离子移动方向、电极反应式等

**【解析】**酸性锌锰干电池中锌筒为负极,发生氧化反应,电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ ,石墨电极为正极, $\text{MnO}_2$  在正极发生还原反应,A、C 错误,D 正确;原电池工作时,阳离子向正极(即石墨电极)方向移动,B 错误。

**8. C 命题点** 新型电池,涉及化学键类型、电池总反应等

### 信息梳理

电极	电极判定	电极反应式
Zn 电极	负极(放电时)	$\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$
Zn—TCPP 电极	正极(放电时)	$\text{I}_3^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 3\text{I}^-$



【解析】标注框内所示的结构中存在共价键和  $\text{Zn}-\text{N}$  配位键，A 正确；由信息梳理可知，电池总反应为  $\text{I}_3^- + \text{Zn} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{Zn}^{2+} + 3\text{I}^-$ ，B 正确；充电时，阴极被还原的  $\text{Zn}^{2+}$  主要来自电解质溶液，C 错误；由负极反应式可知 1 mol Zn 失去 2 mol 电子生成 1 mol  $\text{Zn}^{2+}$ ，消耗 0.65 g (即 0.01 mol) Zn 时，理论上转移 0.02 mol 电子，D 正确。

9. B 命题点 ▶ 原电池的工作原理，涉及电极反应式、溶液 pH 变化等

信息梳理

原电池中，电子由负极经导线流向正极，由题图中电子流向可知，CuAg 电极为负极，CuRu 电极为正极。

电极	电极反应
CuAg 电极(负极)	$2\text{HCHO} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{HCOO}^- + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (A 错误)
CuRu 电极(正极)	$\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \longrightarrow \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$ (B 正确)

【解析】CuAg 电极为原电池负极，题给电极反应式电荷不守恒，A 错误；电池总反应为  $8\text{HCHO} + 7\text{OH}^- + \text{NO}_3^- \longrightarrow 8\text{HCOO}^- + 4\text{H}_2 \uparrow + \text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，总反应会消耗  $\text{OH}^-$ ，则溶液 pH 会发生改变，且左室需要补加 KOH，C 错误； $\text{OH}^-$  不能通过质子交换膜，D 错误。

10. B 命题点 ▶ 电解原理，涉及离子移动方向、电极反应式、pH 变化、电化学计算等

信息梳理

电极	电极反应式
Pt 电极(阳极)	主: $2\text{C}_3\text{N}_8\text{H}_4 + 8\text{OH}^- - 4\text{e}^- \longrightarrow \text{C}_6\text{N}_{16}^{4-} + 8\text{H}_2\text{O}$ (B 正确) 副: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
Ni 电极(阴极)	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$
(主要) 总反应: $2\text{C}_3\text{N}_8\text{H}_4 + 4\text{OH}^- \xrightarrow{\text{电解}} \text{C}_6\text{N}_{16}^{4-} + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2 \uparrow$	

【解析】阴离子移向阳极，则  $\text{OH}^-$  移向 Pt 电极，A 错误；根据总反应，反应体系中消耗了  $\text{OH}^-$  溶液，pH 降低，C 错误；若阳极只生成  $\text{K}_4\text{C}_6\text{N}_{16}$ ，根据得失电子守恒可知， $\text{H}_2 \sim 2\text{e}^- \sim 0.5\text{K}_4\text{C}_6\text{N}_{16}$ ，但阳极还伴随少量  $\text{O}_2$  生成，则每生成 1 mol  $\text{H}_2$  的同时，生成  $\text{K}_4\text{C}_6\text{N}_{16}$  的物质的量小于 0.5 mol，D 错误。

刷大题

11. (1) ①  $\text{N}_2 - 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+$  ② iii 产生的  $\text{O}_2$  参与 ii 中 NO 的氧化

(2)  $\text{N}_2$  分子中存在氮氮三键，键能大，破坏它需要较大的能量

命题点 ▶ 化学反应原理综合，涉及含氮物质的转化、电极反应式书写、键能等

【解析】(1) ① 电极 a 表面  $\text{N}_2$  转化为  $\text{NO}_3^-$ ，氮元素化合价升高，发生氧化反应，电极 a 为阳极，电极反应式为  $\text{N}_2 - 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+$ 。

12. (1) 阴 (2)  $2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- \longrightarrow \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  (3) bac

命题点 ▶ 电化学原理、反应历程中催化剂活性等

【解析】(1) 以氮气为原料电解合成氨时，氮元素的化合价从 0 价降为 -3 价，发生还原反应，所以  $\text{N}_2$  在阴极上发生反应。

(2) 若氨燃料电池和氢燃料电池产生相同电量时消耗氨气和氢气的质量比为 17:3，可计算得出二者物质的量比为 2:3，若 3 mol 氢气反应失去 6 mol 电子，则 2 mol 氨气反应也失去 6 mol 电子，所以氨气的氧化产物为氮气，再结合碱性环境，可书写电极反应式。

(3) 图甲表示  $\text{N}_2$  电还原为  $\text{NH}_3$  的反应历程，催化剂 b 对应决速步骤所需能量最小，反应最容易发生，其次为催化剂 a，所需

能量最大的是催化剂 **c**。图乙表示  $\text{H}_2\text{O}$  电还原为  $\text{H}_2$  的反应历程,本题中是水溶液中的  $\text{N}_2$  电还原,有水存在,所以  $\text{H}_2\text{O}$  电还原为  $\text{H}_2$  是  $\text{N}_2$  电还原为  $\text{NH}_3$  的竞争反应,图乙中反应的决速步骤所需能量由小到大依次为 **cab**,综合分析,催化剂 **b** 最有利于  $\text{N}_2$  电还原为  $\text{NH}_3$ ,而催化剂 **c** 最不利于  $\text{N}_2$  电还原为  $\text{NH}_3$ ,所以催化活性由强到弱的顺序为 **bac**。

**关键点**