



30⁺年专注教育行业

考向追踪

答案之书

主 编 肖德好

破题有方，得分有道
从**解题思路**到**标准答案**
“答案之书”让你赢得明明白白

化学

长江出版传媒
崇文书局

答案之书 使用说明

化学

为助力广大考生提升复习效率、在高考考场上沉着应战，本答案之书以《中国高考评价体系》的“一核四层四翼”为核心框架展开深度解析。在系统梳理高考考查逻辑与命题方向的基础上，尤其聚焦“四层”考查内容中的关键维度，将必备知识、关键能力与学科素养作为重点板块进行突出呈现。

一、必备知识：落实必备知识，查漏补缺基础一分不落

答案之书中文字加波浪线的部分，均为源自教材的核心知识或者高中阶段总结的核心结论，要求学生理性学习，注重基础知识，回归教材。

示例

(1) 来自教材的必备知识

(选必2 P23、P25) 第一电离能与电负性变化趋势

(2) 基本概念(或理论)应用中的归纳总结、易错辨析

关于晶体与非晶体的认识误区

(1) 同一物质可以是晶体，也可以是非晶体，如水晶和石英玻璃。

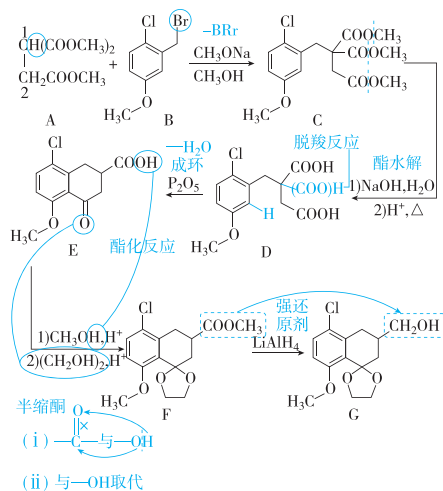
(2) 有着规则几何外形或者美观、对称外形的固体不一定是晶体。例如，玻璃制品(非晶体)可以塑造出规则的几何外形，也可以具有美观、对称的外观。

(3) 具有固定组成的物质也不一定是晶体，如某些无定形体也有固定的组成。

二、关键能力：规范思维过程，突破解题瓶颈，狠抓中档题得分率

解析过程中，通过绘制流程图等可视化形式对题目进行分层拆解，思维过程更加清晰直观，在展示题干信息和推理结论逻辑关系的同时，潜移默化培养学生的(理解与辨析、分析与推测、归纳与论证、探究与创新)学科能力。

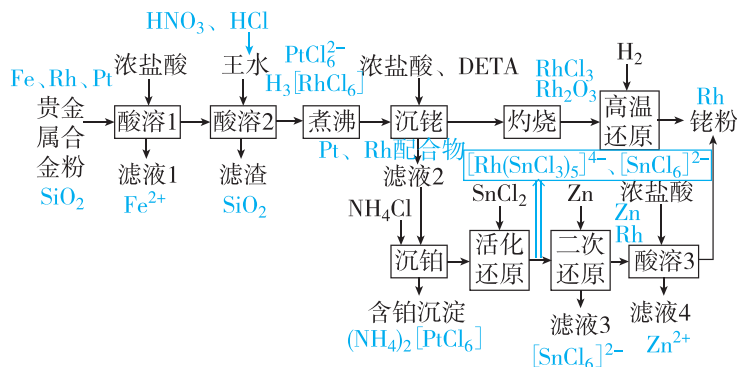
示例 有机合成中的结构变化



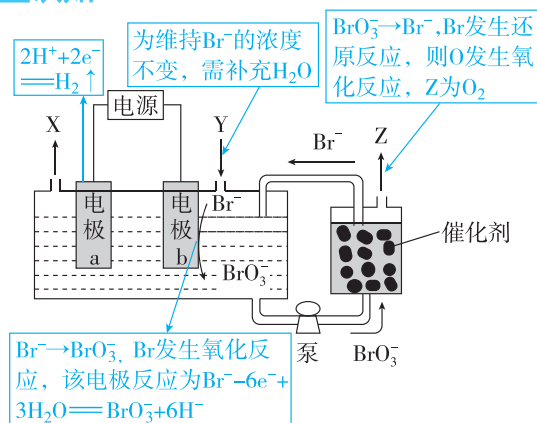
三、学科素养：落实课标要求，提升核心素养，让高分成为努力的必然结果

学科素养是高考评价体系中“四层”的核心落脚点，本答案之书严格依据《普通高中化学课程标准（2017年版2020年修订）》要求，将高中化学学科核心素养。

示例 1、宏观辨识与微观探析

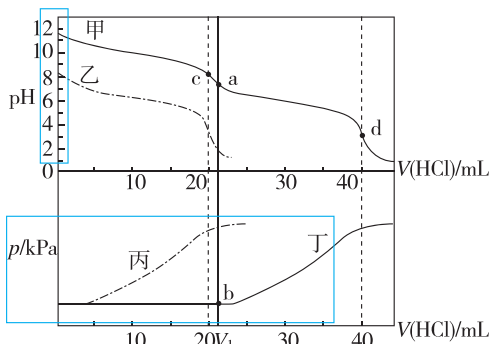


示例 2、证据推理与模型认知



示例 3、变化观念与平衡思想

同浓度 Na_2CO_3 碱性更强，甲为 Na_2CO_3 ，乙为 NaHCO_3



由 $\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\text{HCl}} \text{CO}_2$ ， $\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{HCl}} \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\text{HCl}} \text{CO}_2$
丙为 NaHCO_3 ，丁为 Na_2CO_3 对应 CO_2 曲线

《答案之书》懂你所困，精准洞察你的每一个思维堵点，用高考真题的深度解析，为你铺就一条从“混沌”到“通透”的进阶之路，助你思路觉醒，决胜高考！

特别说明

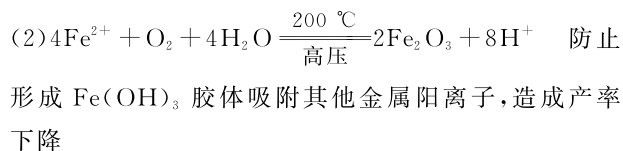
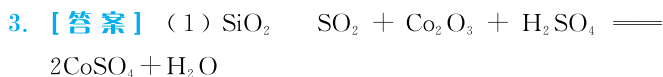
全国卷，新课标卷，北京卷，重庆卷，山东卷，浙江卷，福建卷，江西卷，湖南卷，湖北卷，辽宁卷参考官方答案。

其他省份试卷已与本省老师核对，仅供参考。

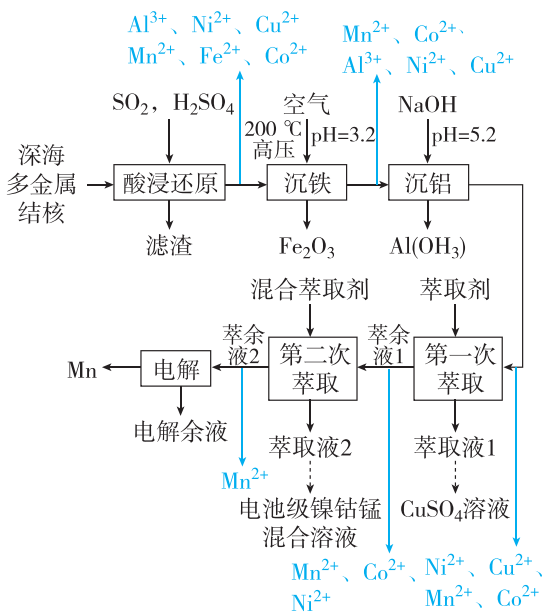
钵与反应物接触更好并非促进反应的原因,d不选。

归纳总结 反应条件的控制及目的

条件控制	目的
控制溶液的 pH	①调节溶液的酸碱性,使金属离子形成氢氧化物沉淀析出(或抑制水解) ②“酸作用”还可除去氧化物(膜) ③“碱作用”还可除去油污,除去铝片氧化膜,溶解铝、二氧化硅等 ④特定的氧化还原反应需要的酸性条件(或碱性条件)
控制温度 (常用水浴或油浴)	①防止副反应的发生 ②使化学平衡移动;控制化学反应的方向 ③控制固体的溶解与结晶 ④控制反应速率;使催化剂达到最大活性 ⑤升温:促进溶液中的气体逸出,使某物质达到沸点挥发 ⑥加热煮沸:促进水解,聚沉后利于过滤分离 ⑦趁热过滤:减少因降温而析出的溶质的量 ⑧降温:防止物质高温分解或挥发



[流程分析]



金属结核[主要含 MnO_2 、 $\text{FeO}(\text{OH})$ 、 SiO_2 , 有少量的 Co_2O_3 、 Al_2O_3 、 NiO 、 CuO]加入 SO_2 、 H_2SO_4 进行酸浸还原,得到的滤渣含有 SiO_2 ,滤液中含有 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Co^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} ,通入空气,调节 $\text{pH}=3.2$,沉铁得到 Fe_2O_3 滤渣,继续加入 NaOH 调节 $\text{pH}=5.2$ 沉铝主要得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$,加入萃取剂第一次萃取 Cu^{2+} ,分液得到 Cu^{2+} 的萃取液1,萃余液1中加入混合萃取剂进行第二次萃取,得到电池级镍钴锰混合溶液,萃余液2中电解得到金属锰。

[精析] (1)由分析可知,“酸浸还原”时,“滤渣”的主要成分是 SiO_2 ; SO_2 将 Co_2O_3 中的 Co 由+3价还原为+2价,同时在硫酸的作用下得到 CoSO_4 ,化学方程式为 $\text{SO}_2 + \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 。

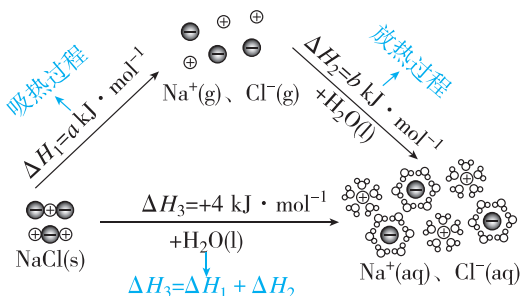
(2)“沉铁”时, Fe^{2+} 转化为 Fe_2O_3 ,铁元素化合价上升, O_2 作氧化剂,离子反应为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{高压}]{200\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}^+$;已知金属氢氧化物胶体具有吸附性,可吸附金属阳离子,则加热至 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 的主要原因是防止形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体吸附其他金属阳离子,造成产率下降。

专题五 化学反应与能量

选择提升练 25 化学反应中的热效应

1. [答案] C

[过程分析]



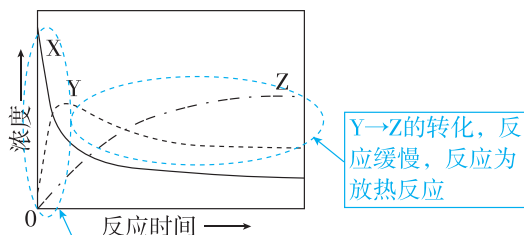
NaCl 固体溶于水的过程分两步实现,第一步为 NaCl 固体变为 Na^+ 和 Cl^- ,此过程离子键发生断裂,为吸热过程;第二步为 Na^+ 和 Cl^- 与水结合形成水合钠离子和水合氯离子的过程,此过程为成键过程,为放热过程。

[精析] 由图可知, NaCl 固体溶解过程的焓变为 $\Delta H_3 = +4\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,为吸热过程,A 正确;由图可知, NaCl 固体溶于水的过程分两步实现,由盖斯定律可知 $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$,即 $a + b = 4$,B 正确;第一步为 NaCl 固体变为 Na^+ 和 Cl^- ,此过程离子键发生断

裂,为吸热过程, $a > 0$,第二步为 Na^+ 和 Cl^- 与水结合形成水合钠离子和水合氯离子的过程,为放热过程, $b < 0$,**C 错误**;由 C 项分析可知,溶解过程的能量变化,取决于 NaCl 固体断键吸收的热量及 Na^+ 和 Cl^- 水合过程放出的热量,即与 NaCl 固体和 NaCl 溶液中微粒间作用力的强弱有关,**D 正确**。

2. 【答案】 B

【图像分析】



$X \rightarrow Y$ 的转化,迅速达到平衡,活化能较小,而反应是放热反应

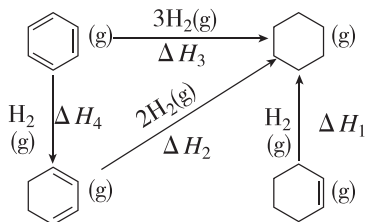
【精析】 由图可知,反应初期随着时间的推移,X 的浓度逐渐减小、Y 和 Z 的浓度逐渐增大且 Y 比 Z 的浓度增大程度大,后来随着时间的推移,X 和 Y 的浓度逐渐减小、Z 的浓度继续逐渐增大,说明反应初期 $X(g) \rightleftharpoons Y(g)$ 的反应速率大于 $Y(g) \rightleftharpoons Z(g)$ 的反应速率,则反应 $X(g) \rightleftharpoons Y(g)$ 的活化能小于反应 $Y(g) \rightleftharpoons Z(g)$ 的活化能,C、D 不正确; $X(g) \rightleftharpoons Y(g)$ 和 $Y(g) \rightleftharpoons Z(g)$ 的 ΔH 都小于 0,A 不正确,**B 正确**。

3. 【答案】 B

【精析】 根据目标方程式与原方程式的特点可知,将原方程式进行 $\frac{1}{4}(\text{①} - 3 \times \text{②} + \text{③})$ 变换,可得目标方程式,所以, ΔH 应为 $\frac{1}{4}(a - 3b + c)$,**B 正确**。

4. 【答案】 C

【精析】 反应关系存在如下关系:



$\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$,**B、D 项错误**;苯与氢气发生加成反应生成环己烷的反应是放热反应,苯的结构稳定,其第一步反应难以发生,应为吸热反应, $\Delta H_4 > 0$, ΔH_1 和 ΔH_2 都应是放热反应, $\Delta H_1 > \Delta H_2$ 、 $\Delta H_3 > \Delta H_2$,**A 项错误、C 项正确**。

5. 【答案】 B

【精析】 根据盖斯定律,反应 $\text{①} + \text{②} - \text{③}$ 可得反应: $\text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + 3\text{H}_2(g)$,该反应 $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 = 247 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-131$

$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +206 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,根据 $\Delta H = \text{反应物键能和} - \text{生成物键能和}$ 可得: $\Delta H = 4c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 3a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - \text{CO}(g)$ 中的碳氧键键能 $= +206 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{CO}(g)$ 中的碳氧键键能 $= (-206 - 3a + 2b + 4c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,**故 B 正确**。

6. 【答案】 D

【精析】 1 mol 纯物质完全燃烧生成指定的物质放出的热量称为燃烧热。 H_2O 应该为液态,**A 项错误**; $\text{C}_2\text{H}_6(g) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g) \quad \Delta H = +137 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,**B 项错误**;氢气的燃烧热为 $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则 $\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{O}_2(g) + \text{H}_2(g) \quad \Delta H = +285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,**C 项错误**; $\text{C}_2\text{H}_6(g) + \frac{7}{2}\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = -1559.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,**D 项正确**。

概念辨析 对燃烧热的理解及应用

① 对燃烧热的理解

- 纯物质即纯净物,可以是单质,也可以是化合物。
- 完全燃烧生成指定产物:可燃物中的碳元素变为 $\text{CO}_2(g)$,氢元素变为 $\text{H}_2\text{O}(l)$,硫元素变为 $\text{SO}_2(g)$,氮元素变为 $\text{N}_2(g)$ 等。

② 根据燃烧热计算反应放出的热量: $Q = n(\text{可燃物}) \times |\Delta H_c|$, ΔH_c 代表燃烧热。

7. 【答案】 C

【精析】 由图可知,① $\text{NH}_4\text{Cl}(s) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(g) + \text{Cl}^-(g) \quad \Delta H_1 = +698 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
② $\text{NH}_4\text{Cl}(s) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(aq) + \text{Cl}^-(aq) \quad \Delta H_2 = +15 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
③ $\text{Cl}^-(g) \rightleftharpoons \text{Cl}^-(aq) \quad \Delta H_3 = -378 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
④ $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(s) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(g) + \frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(g) \quad \Delta H_4$;
⑤ $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(s) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(aq) + \frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(aq) \quad \Delta H_5 = +3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
⑥ $\frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(aq) \quad \Delta H_6 = -530 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

根据盖斯定律,① + ③ + ⑤ - ② - ⑥ = ④,得到 $\Delta H_4 = +838 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,**C 正确**。

8. 【答案】 C

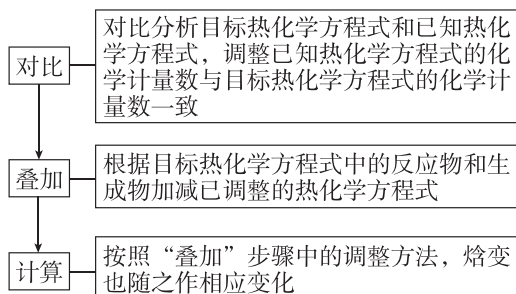
【精析】 根据表格中的数据可知, H_2 的键能为 218 kJ

· mol⁻¹ × 2 = 436 kJ · mol⁻¹, A 正确; O₂ 的键能为 249 kJ · mol⁻¹ × 2 = 498 kJ · mol⁻¹, 由题中信息可知 H₂O₂ 中氧氧单键的键能为 214 kJ · mol⁻¹, 则 O₂ 的键能大于 H₂O₂ 中氧氧单键的键能的两倍, B 正确; 由表格中的数据可知 HOO(g) = HO(g) + O(g), 解离其中氧氧单键需要的能量为 249 kJ · mol⁻¹ + 39 kJ · mol⁻¹ - 10 kJ · mol⁻¹ = 278 kJ · mol⁻¹, H₂O₂ 中氧氧单键的键能为 214 kJ · mol⁻¹, 所以解离氧氧单键所需能量: HOO > H₂O₂, C 错误; H₂O(g) + O(g) = H₂O₂(g) 的 ΔH = -136 kJ · mol⁻¹ - 249 kJ · mol⁻¹ - (-242 kJ · mol⁻¹) = -143 kJ · mol⁻¹, D 正确。

热点针对练 26 应用盖斯定律、键能、图示等计算反应热

【思维模型】 利用盖斯定律计算反应热

分析题给热化学方程式, 并进行适当加减得到目标热化学方程式, 反应热也一并作相应的加减运算, 思维流程如下:



1. **【答案】** -126

【精析】 根据盖斯定律, 反应 ii - 反应 i 即可得到目标反应, 则 ΔH = -230.7 kJ · mol⁻¹ - (-104.7 kJ · mol⁻¹) = -126 kJ · mol⁻¹。

2. **【答案】** +44.4

【精析】 反应 I - 反应 II 得到“已知反应”, 根据盖斯定律 ΔH₁ = ΔH + ΔH₂ = -24.3 kJ · mol⁻¹ + 68.7 kJ · mol⁻¹ = +44.4 kJ · mol⁻¹。

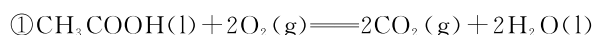
3. **【答案】** 2H₂S(g) + 3O₂(g) = 2SO₂(g) + 2H₂O(g)

ΔH = -1036 kJ · mol⁻¹

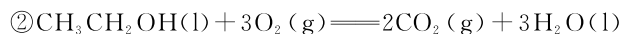
【精析】 已知反应 I: H₂S(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) = S(s) + H₂O(g) ΔH = -221.2 kJ · mol⁻¹, 反应 II: S(s) + O₂(g) = SO₂(g) ΔH = -296.8 kJ · mol⁻¹, 将 I × 2 + II × 2 得 H₂S 制 SO₂ 的热化学方程式为 2H₂S(g) + 3O₂(g) = 2SO₂(g) + 2H₂O(g) ΔH = -221.2 kJ · mol⁻¹ × 2 + (-296.8 kJ · mol⁻¹) × 2 = -1036 kJ · mol⁻¹。

4. **【答案】** -3

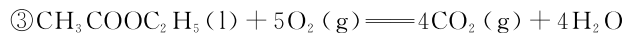
【精析】 乙酸、乙醇和乙酸乙酯的燃烧热分别为 -874 kJ · mol⁻¹、-1367 kJ · mol⁻¹ 和 -2238 kJ · mol⁻¹,



$$\Delta H_1 = -874 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_2 = -1367 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

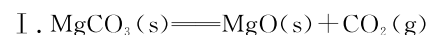


$$\Delta H_3 = -2238 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

根据盖斯定律 ① + ② - ③ 得 CH₃COOH(l) + C₂H₅OH(l) = CH₃COOC₂H₅(l) + H₂O(l) ΔH = ΔH₁ + ΔH₂ - ΔH₃ = -874 kJ · mol⁻¹ - 1367 kJ · mol⁻¹ + 2238 kJ · mol⁻¹ = -3 kJ · mol⁻¹。

5. **【答案】** -65

【精析】 已知:



$$\Delta H_1 = +101 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_2 = -166 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

将 I + II 可得 MgCO₃(s) + 4H₂(g) = MgO(s) + 2H₂O(g) + CH₄(g) ΔH₄ = ΔH₁ + ΔH₂ = +101 kJ · mol⁻¹ + (-166 kJ · mol⁻¹) = -65 kJ · mol⁻¹。

6. **【答案】** -41.2

【精析】 由盖斯定律, ② - ① 可以得到目标反应, 则 ΔH = ΔH₂ - ΔH₁ = -14.9 kJ · mol⁻¹ - 26.3 kJ · mol⁻¹ = -41.2 kJ · mol⁻¹。

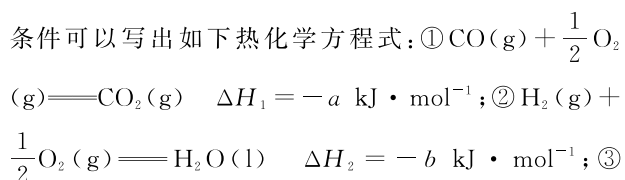
7. **【答案】** -137

【精析】 由盖斯定律, ② - ① 可以得到目标反应, 则 ΔH = ΔH₂ - ΔH₁ = -312 kJ · mol⁻¹ + 175 kJ · mol⁻¹ = -137 kJ · mol⁻¹。

8. (1) <

(2) -2a - 3b + c (或 c - 2a - 3b)

【精析】 (1) 根据表格中的数据可知, 反应温度升高, 反应的平衡常数减小, 说明反应向逆反应方向进行, 又因升高温度向吸热反应方向移动, 故逆反应为吸热反应, 正反应为放热反应, 该反应的 ΔH < 0。(2) 根据已知条件可以写出如下热化学方程式: ① CO(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) = CO₂(g) ΔH₁ = -a kJ · mol⁻¹; ② H₂(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) = H₂O(l) ΔH₂ = -b kJ · mol⁻¹; ③



ΔH₃ = -c kJ · mol⁻¹。根据盖斯定律, ① × 2 + ② × 3 - ③, 即可得到目标方程式, 故目标方程式的 ΔH = (c - 2a - 3b) kJ · mol⁻¹。

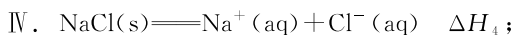
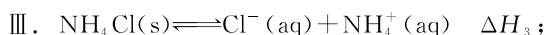
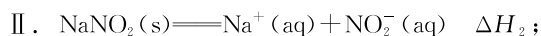
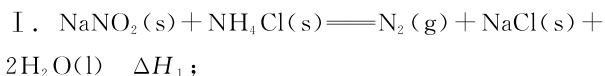
9. **【答案】** -50

【精析】 由盖斯定律可知, 2S(s) + 2Cl₂(g) = 2SCl₂(l) 的焓变为 ΔH₁ + ΔH₂ = (-59.4 kJ · mol⁻¹) + (-

$40.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{S}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SCl}_2(\text{l})$ 的 $\Delta H_3 = \frac{1}{2} \times (-100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -50 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

10. 【答案】 $\Delta H_1 - \Delta H_2 - \Delta H_3 + \Delta H_4$

【精析】 由已知可得：



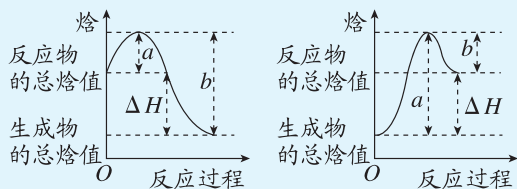
由盖斯定律可知, 目标方程式 $\text{NO}_2^-(\text{aq}) + \text{NH}_4^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 可由方程式 I - II - III + IV 得到, 故 $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 - \Delta H_3 + \Delta H_4$ 。

11. 【答案】 +181

【精析】 $\Delta H_1 = \text{反应物总键能} - \text{生成物总键能} = 945 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 498 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 2 \times 631 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +181 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

归纳总结 反应热与焓值变化、活化能、键能的关系

① 根据反应物和生成物的焓值计算: $\Delta H = H(\text{生成物}) - H(\text{反应物})$ 。



② 根据正、逆反应的活化能计算: $\Delta H = E_a(\text{正反应}) - E_a(\text{逆反应})$, E_a 代表活化能。

③ 根据反应物和生成物的键能计算: $\Delta H = \sum E(\text{反应物的键能}) - \sum E(\text{生成物的键能})$ 。

④ 重要物质中的化学键数目

物质	CO_2	CH_4	P_4	金刚石	Si	SiO_2
化学键	C=O	C-H	P-P	C-C	Si-Si	Si-O
键数	2	4	6	2	2	4

选择夯基练 27 新型化学电源

1. 【答案】 C

【精析】 Zn 为负极, 电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$, MnO_2 为正极, 电极反应式为 $\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^-$ 。电池工作时, MnO_2 为正极, 得到电子, 发生还原反应, 故 A 错误; 电池工作时, OH^- 通过隔膜向负极移动, 故 B 错误; 环境温度过低, 化学反应速率下降, 不利于电池放电, 故 C 正确; 由电极反应式 $\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^-$ 可知, 反应中每生成 1 mol MnOOH ,

转移电子数为 6.02×10^{23} , 故 D 错误。

2. 【答案】 D

【精析】 酸性锌锰干电池中锌筒为负极, 石墨电极为正极, 负极发生失电子的氧化反应 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$, A 错误, D 正确; 原电池工作时, 阳离子向正极 (石墨电极) 方向移动, B 错误; MnO_2 发生得电子的还原反应, C 错误。

对比分析

类似	碱性干电池	酸性干电池
电解质	氢氧化钾溶液	糊状氯化铵溶液
负极	Zn	Zn
	$\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$
正极	石墨棒	石墨棒
	$\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + 2\text{OH}^-$	$2\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{MnOOH}$

3. 【答案】 C

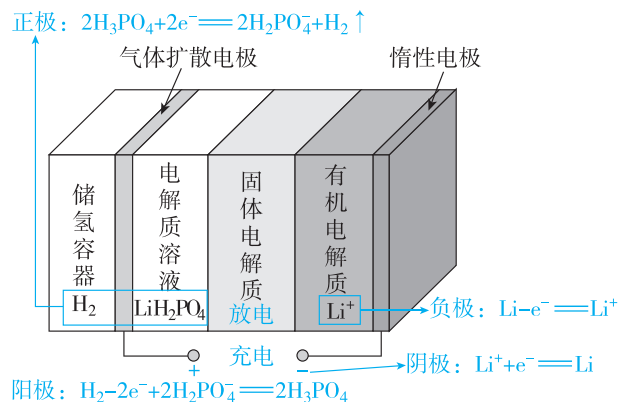
【精析】 Zn 具有比较强的还原性, MnO_2 具有比较强的氧化性, 自发的氧化还原反应发生在 Zn 与 MnO_2 之间, 所以 MnO_2 电极为正极、Zn 电极为负极, 则充电时 MnO_2 电极为阳极、Zn 电极为阴极。充电时该装置为电解池, 电解池中阳离子向阴极迁移, 即 Zn^{2+} 向阴极方向迁移, A 不正确; 放电时, 负极的电极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$, 则充电时阴极反应为 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$, 即充电时 Zn 元素化合价应降低, 而选项中 Zn 元素化合价升高, B 不正确; 放电时 MnO_2 电极为正极, 正极上检测到 MnOOH 和少量 ZnMn_2O_4 , 则正极上主要发生的电极反应为 $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^-$, C 正确; 放电时, Zn 电极质量减少 0.65 g (物质的量为 0.010 mol), 电路中转移 0.020 mol 电子, 由正极的主要反应 $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^-$ 可知, 若正极上只有 MnOOH 生成, 则生成 MnOOH 的物质的量为 0.020 mol, 但是正极上还有 ZnMn_2O_4 生成, 因此, MnOOH 的物质的量小于 0.020 mol, D 不正确。

4. 【答案】 C

【精析】 充电时, Li^+ 在阴极得电子生成 Li 嵌入负极材料, $[\text{SO}_2\text{CF}_3]^-$ 在阳极失去电子生成气体离去, A 正确; $[\text{SO}_2\text{CF}_3]^-$ 在阳极失去电子, 反应为 $2[\text{SO}_2\text{CF}_3]^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_2 \uparrow + \text{CF}_3-\text{CF}_3$, 生成气体中含有氟代烃 CF_3-CF_3 , B 正确; 充电补锂时不涉及正极材料反应, 铁元素价态不变, C 错误; $[\text{SO}_2\text{CF}_3]^-$ 反应后离去, 维持电池原结构, D 正确。

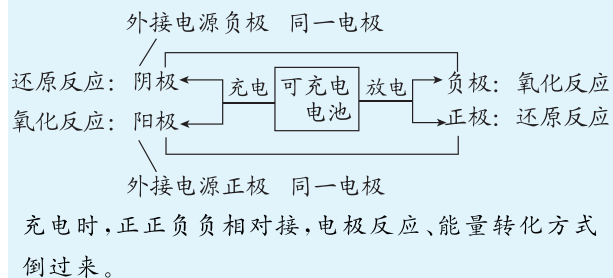
5. 【答案】 C

【装置分析】 金属 Li 易失去电子, 放电时惰性电极为负极, 则正极 LiPO_4 放电生成的 H_2 扩散扩散至储氢容器; 充电时, 负极连外接电源的负极为阴极, 正极连接外接电源的正极为阳极。电池充放电原理, 如下图所示:



【精析】 放电时, Li^+ 会通过固体电解质进入电解质溶液, 同时正极会生成 H_2 进入储氢容器, 当转移 2 mol 电子时, 电解质溶液质量增加 $7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 \text{ mol} - 1 \text{ mol} \times 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 12 \text{ g}$, 即电解质溶液质量会增大, **A 错误**; 放电时, 由分析中的正、负电极反应可知, 总反应为 $2\text{Li} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{LiH}_2\text{PO}_4$, **B 错误**; 充电时, Li^+ 向阴极移动, 则 Li^+ 向惰性电极移动, **C 正确**; 充电时, 由于溶液体积未知, 无法计算 $c(\text{H}^+)$ 变化的量, **D 错误**。

思维模型 图解二次电池的充放电过程



6. 【答案】 C

【原理分析】 $\text{Li}-\text{O}_2$ 电池放电时, 锂电极为负极, 发生反应: $\text{Li} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}^+$, 多孔功能电极为正极, 低温时发生反应: $\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2^{2-}$, 随温度升高 Q 增大, 正极区 O_2^{2-} 转化为 O^{2-} ; 充电时, 锂电极为阴极, 得到电子, 多孔功能电极为阳极, O_2^{2-} 或 O^{2-} 失去电子。

【精析】 由分析可知, 电池总反应方程式为 $\text{O}_2 + 2\text{Li} \xrightleftharpoons{\text{放电}} \text{Li}_2\text{O}_2$ 或 $\text{O}_2 + 4\text{Li} \xrightleftharpoons{\text{放电}} 2\text{Li}_2\text{O}$, 充放电时有 Li^+ 迁移, 因此熔融盐中 LiNO_3 的物质的量分数影响充放电速率, **A 正确**; Li^+ 比 K^+ 的半径小, 因此 Li^+ 优先于 K^+ 通过固态电解质膜, **B 正确**; 放电时, 正极得到电子, O_2^{2-} 中氧元素为 -1 价, O^{2-} 中氧元素为 -2 价, 因此随温度升高 Q 增大, 正极区 O_2^{2-} 转化为 O^{2-} , **C 错误**; 充电时, 锂电极为阴极, 连接电源负极, **D 正确**。

7. 【答案】 D

【装置分析】

电池装置	原理分析
	负极: $\text{Sb} - 12\text{e}^- + 2\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2 + 10\text{H}^+$ 正极: $\text{AgCl} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$

【精析】 放电时, Sb 失电子为负极, AgCl 的电子为正极, **A、B 错误**; 根据电子守恒原理 $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2 \sim 12\text{e}^- \sim 12\text{Ag}$, 消耗 12 mol Ag, 同时消耗 4 mol $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$, **C 错误**; 充电时, M 极为阴极, 电极反应与原电池相反, **D 正确**。

8. 【答案】 D

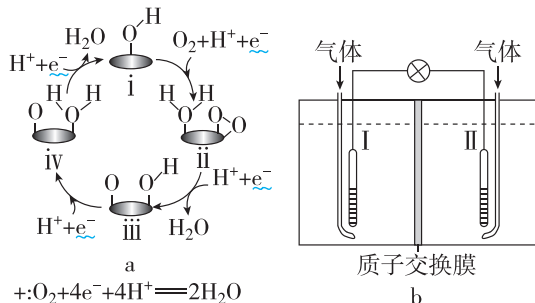
【装置分析】

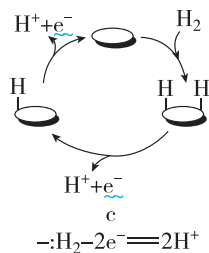
电池装置	原理分析
	负极: $\text{Cu}_2\text{O} - 2\text{e}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}_2(\text{OH})\text{Cl} + \text{H}^+$ 正极: $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ \rightleftharpoons \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$

【精析】 放电过程中 a、b 极均增重, 这说明 a 电极是负极, 电极反应式为 $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}_2(\text{OH})\text{Cl} + \text{H}^+$, b 电极是正极, 电极反应式为 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ \rightleftharpoons \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$, 据此解答。放电时 b 电极是正极, 阳离子向正极移动, 所以 Na^+ 向 b 极迁移, **A 正确**; 负极消耗氯离子, 正极消耗钠离子, 所以该电池可用于海水脱盐, **B 正确**; a 电极是负极, 电极反应式为 $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}_2(\text{OH})\text{Cl} + \text{H}^+$, **C 正确**; 若以 Ag/AgCl 电极代替 a 极, 此时 Ag 失去电子, 结合氯离子生成氯化银, 所以电池不会失去储氮能力, **D 错误**。

9. 【答案】 C

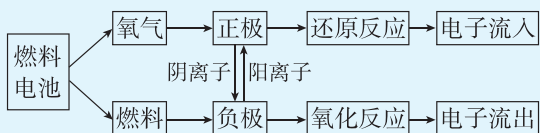
【精析】





根据图 a 和图 c 所示,该燃料电池为氢氧燃料电池,图 a 和图 c 分别为正极和负极催化机理,A 错误,图 a 中, i 到 ii 过程为 O_2 获得第一个电子,过程最慢则活化能最高,B 错误,电池工作时每转移一个电子就有一个 H^+ 通过质子交换膜进入正极室,故电池工作过程中,负极室的溶液质量保持不变,C 正确;由图 a、c 可知,氧气、氢气催化循环一次分别转移电子数为 4 和 2,相同时间内,电极 I 和电极 II 上的催化循环完成次数不相同,D 错误。

思维模型 燃料电池工作原理图



热点针对练 28 原电池原理及电极方程式书写

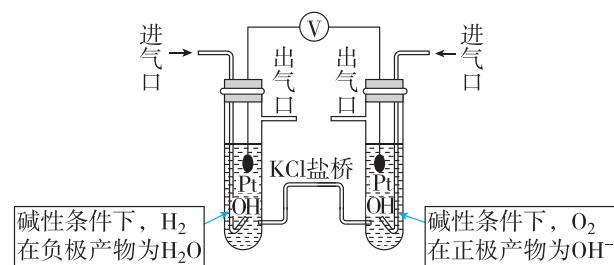
1. **【答案】** $2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

【精析】 氨燃料电池和氢燃料电池产生相同电量时,理论消耗 NH_3 和 H_2 的质量比为 17 : 3,则 NH_3 和 H_2 的物质的量之比为 2 : 3,所以 $2\text{NH}_3 \sim 3\text{H}_2 \sim 6\text{e}^-$,N 元素由 -3 价升高到 0 价,氨燃料电池中,氨气在负极发生氧化反应,且在碱性条件下发生,则负极的电极反应式为 $2\text{NH}_3 - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

2. **【答案】** (1) 右侧 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$

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

【精析】



(1) 左侧通入 H_2 ,发生氧化反应作负极,产物为 H_2O ,电极反应式为 $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$,右侧为正极,电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$,在原电池中,正电荷向正极移动,所以盐桥中 K^+ 移向正极,即右侧电极,该电池为燃料电池,原料为氢气和氧气,总反应方程式为 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$;

(2) 用 O_2 进行实验,一侧通入 O_2 发生还原反应作正极,该侧的电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O}$

$= 4\text{OH}^-$ 。

3. **催化作用** $2\text{SOCl}_2 + 4\text{Li}^+ + 4\text{e}^- \xrightarrow{\text{I}_2} \text{S} + \text{SO}_2 + 4\text{LiCl}$

【精析】 由图可知, I_2 在反应中先被消耗,后又生成,作为催化剂;放电时,正极上 SOCl_2 得到电子发生还原反应转化为 S 、 SO_2 ,正极电极反应式为 $2\text{SOCl}_2 + 4\text{Li}^+ + 4\text{e}^- \xrightarrow{\text{I}_2} \text{S} + \text{SO}_2 + 4\text{LiCl}$ 。

方法技巧 电极反应式的书写思路

(1) 列变价:写出电极上发生变价的主要反应物和主要产物。

(2) 标电子:由元素化合价写出得失电子数。

(3) 调电荷:由电荷守恒依据介质环境将反应式两边的电荷调平,酸性溶液用 H^+ ,碱性溶液用 OH^- ,若是熔融电解质,则依据具体题目信息,一般熔融氧化物用 O^{2-} ,熔融碳酸盐用 CO_3^{2-} 。

(4) 后补水:由元素守恒配平电极反应式,一般看氢原子,哪边少氢原子就在哪边以水的形式补上相应数目的氢原子,也被称为“氢不够,水来凑”。

(5) 检查氧:最后用“O”守恒检查电极反应式是否正确。

4. **【答案】** (1) ① $\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ ② $\frac{a}{96\ 500}$

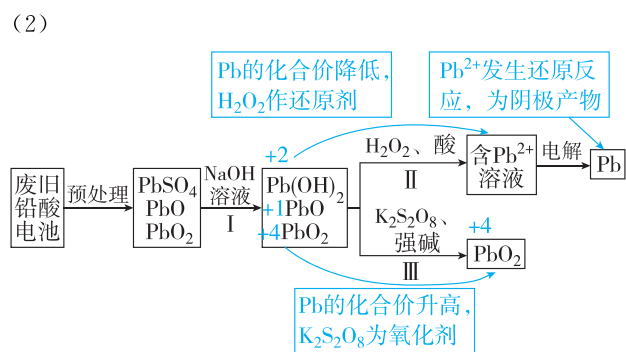
③ 正四面体形 ④ $2\text{Pb} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) ① 脱除 SO_4^{2-} ,生成可溶于酸的 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ② H_2O_2 作还原剂, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 作氧化剂

(3) ab

【精析】 (1) ① 充电时,阴极发生还原反应, PbSO_4 得到电子变成 Pb ,其发生的电极反应为 $\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ 。② 根据放电时的反应方程式可知,每消耗 1 mol H_2SO_4 ,转移 1 mol 电子;产生 a 库仑电量,转移电子的物质的量为 $\frac{a}{96\ 500}$ mol,故消耗 H_2SO_4 的物质的量为 $\frac{a}{96\ 500}$ mol。③ SO_4^{2-} 的中心原子 S 的价层电子对数为 $4 + \frac{1}{2} \times (6 + 2 - 4 \times 2) = 4 + 0 = 4$,故其空间结构为正四面体形。④ Pb 在 H_2SO_4 作用下与氧气反应,会生成 PbSO_4 和水,反应的化学方程式为 $2\text{Pb} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2)



废旧铅酸电池通过预处理得到 PbSO_4 、 PbO 、 PbO_2 ；加入 NaOH 溶液，使 PbSO_4 转化为 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ，过滤得到 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 PbO 、 PbO_2 ；若加入 H_2O_2 ，在酸性条件下生成含 Pb^{2+} 的溶液，电解后生成 Pb ；若加入 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ，在碱性条件下可生成 PbO_2 。① PbSO_4 难溶于酸、碱溶液，加入 NaOH 溶液使 PbSO_4 转化为 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ，便于后续的溶解。②由以上分析可知，加入 H_2O_2 ，在酸性条件下将 PbO_2 还原为 Pb^{2+} ，故 H_2O_2 的作用为还原剂；加入 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ，在碱性条件下将 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 PbO 氧化为 PbO_2 ，故 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的作用为氧化剂。(3)由于负极会生成导电性差的大颗粒 PbSO_4 ，导致电极逐渐失活，石墨可以导电，添加石墨可增强负极导电性，**a 正确**；多孔碳可以增加负极材料的比表面积，且有利于生成小颗粒 PbSO_4 ，**b 正确**；负极的主要材料是 Pb ，且电解质环境为酸性，故负极不存在 PbO_2 ，碳材料不能使 PbO_2 被还原，**c 错误**。

5. **【答案】** $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}$ 70%

【精析】 根据题干信息，该燃料电池中通入 H_2 的一极为负极，通入 O_2 的一极为正极，熔融碳酸盐为电解质，故正极的电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}$ ；该条件下，0.49 L H_2 的物质的量为 $n(\text{H}_2) = \frac{0.49 \text{ L}}{24.5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$ ，工作时， H_2 失去电子： $\text{H}_2 - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}^+$ ，产生电荷量为 $2 \times 0.02 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} = 3840 \text{ C}$ ，工作电荷量为 $3.2 \text{ A} \times (14 \times 60) \text{ s} = 2688 \text{ C}$ ，则该电池将化学能转化为电能的转化率为 $\frac{2688 \text{ C}}{3840 \text{ C}} \times 100\% = 70\%$ 。

知识拓展 由电流计算电子的物质的量

通过法拉第电解定律计算电子的物质的量，公式：

$$n = \frac{I \times t}{n \times F}$$

其中， I 为电流(安培)； t 为时间(秒)； n 为转移电子数； F 为法拉第常数($96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$)

6. **【答案】** (1)① $\text{Fe} + 2\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 + 2\text{Ag}$ ②形成了以 Fe 为负极， AgCl 为正极，盐酸为电解质溶液的原电池，正极 AgCl 得到电子，电极反应式为 $\text{AgCl} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ，生成 Ag ③洗涤，向最后一次洗涤液中滴加硝酸银溶液，确保氯离子洗净，开启通风设备，向滤渣中加入足量稀 HNO_3 ，搅拌，若固体完全溶解，则 AgCl 完全转化，若固体未完全溶解，则 AgCl 未完全转化

(2)① $4\text{Ag} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Ag}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ ②纳米 Ag 与氧气生成 Ag_2O ，使得 Ag^+ 浓度下降

【精析】 (1)①在足量 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸中静置， AgCl 与 Cl^- 结合生成络合离子而促进 AgCl 溶解，铁将银的

络合离子转化为单质 Ag ，铁转化为氯化亚铁，反应的化学方程式为 $\text{Fe} + 2\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 + 2\text{Ag}$ 。②不与铁圈直接接触的 AgCl 也能转化为 Ag ，是因为形成了以 Fe 为负极， AgCl 为正极，盐酸为电解质溶液的原电池，正极 AgCl 得到电子，电极反应式为 $\text{AgCl} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ，生成 Ag 。③判断 AgCl 是否完全转化，即检验混合物中是否含有 AgCl ，若 AgCl 完全转化，则剩余固体全部为银，可完全溶于稀硝酸，若 AgCl 未完全转化，剩余 AgCl 不能溶于稀硝酸，则可用稀硝酸检验，稀硝酸参与反应可能会产生氮氧化物，实验需在通风设备中进行，还原 AgCl 后的溶液中存在氯离子，若未将滤渣洗净，氯离子会干扰实验，所以首先需要检验氯离子是否洗净，实验方案为取出铁圈，搅拌均匀，取少量混合物过滤，洗涤，向最后一次洗涤液中滴加 AgNO_3 溶液，确保氯离子洗净，开启通风设备，向洗涤干净的滤渣中加入足量稀 HNO_3 ，搅拌，若固体完全溶解，则 AgCl 完全转化，若固体未完全溶解，则 AgCl 未完全转化。

(2)①纳米 Ag 溶解时被 O_2 氧化为 Ag^+ ，离子方程式为 $4\text{Ag} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Ag}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ 。②溶解氧浓度过高，纳米 Ag 与氧气生成 Ag_2O ，使得 Ag^+ 浓度下降，抗菌性能下降。

7. **【答案】** (1)负

(2) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} - (6n+2)\text{e}^- + (3n+1)\text{O}^{2-} \rightleftharpoons n\text{CO}_2 \uparrow + (n+1)\text{H}_2\text{O}$

(3) $\text{b} \rightarrow \text{e} \rightarrow \text{h} \rightarrow \text{j}$

【精析】 (1)氢氧燃料电池中，氢气在负极发生失电子的氧化反应。

(2) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 为燃料，是负极反应物，放电时失去电子，结合正极产生的 O^{2-} 生成 CO_2 和 H_2O ，依据电荷守恒即可写出电极反应式。

(3)由图示可知，吸附在催化剂表面的甲醇分子逐步脱氢得到 CO ，根据图示可知，甲醇在催化剂表面先脱去碳原子上的 H 原子更容易，且能垒越低，活化能越小，越容易进行，所以其可行的途径为 $\text{a} \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{e} \rightarrow \text{h} \rightarrow \text{j}$ 。

选择突破练 29 电解原理

1. **【答案】** D

【精析】 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， Zn 失去电子，发生氧化反应， $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ ，从而保护钢铁，延缓其腐蚀。由于金属活动性 $\text{Zn} > \text{Fe}$ ，钢铁外壳为正极，锌块为负极，故 **A 错误**； Zn 失去电子，发生氧化反应， $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ ，镶嵌的锌块会被逐渐消耗，需根据腐蚀情况进行维护和更换，不能永久使用，故 **B 错误**，**D 正确**；由分析得，该方法为牺牲阳极法，故 **C 错误**。

如图模型分析, Pt 电极为阳极, 生成 O_2 和 H^+ , **D 错误**; Li_xCoO_2 电极为阴极, 电极反应 $Li_xCoO_2 + (1-x)Li^+ + (1-x)e^- = LiCoO_2$, **A 错误**; 产生标准状况下 5.6 L O_2 与还原 Li_xCoO_2 为 $LiCoO_2$ 转移电子的量为

$$\text{分别为 } \frac{5.6 \text{ L} \times 4}{(22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1})} \text{。理论可转化 } \frac{5.6 \text{ L} \times 4}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} (1-X)},$$

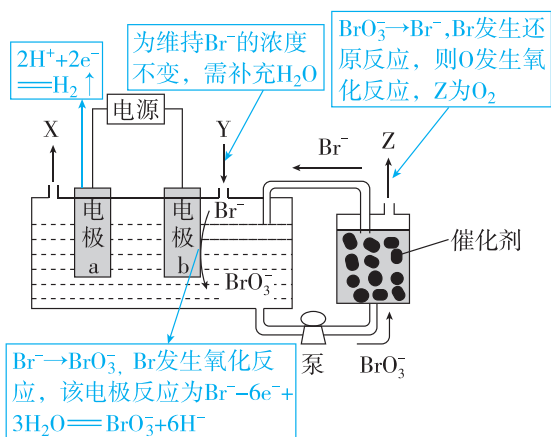
即 $\frac{1}{(1-x) \text{ mol}}$, **B 正确**; 在锂化即电解过程中 SO_4^{2-} 向阳极 Pt 电极移动, **C 错误**。

6. [答案] B

[精析] 多孔电极 1 上 $H_2O(g)$ 发生得电子的还原反应转化成 $H_2(g)$, 多孔电极 1 为阴极, 电极反应为 $H_2O + 2e^- = H_2 + O^{2-}$; 多孔电极 2 上 O^{2-} 发生失电子的氧化反应转化成 $O_2(g)$, 多孔电极 2 为阳极, 电极反应为 $2O^{2-} - 4e^- = O_2$ 。电极 1 的多孔结构能增大电极的表面积, 增大与水蒸气的接触面积, **A 项正确**; 根据分析, 电极 2 为阳极, 发生氧化反应: $2O^{2-} - 4e^- = O_2$, **B 项错误**; 电解池工作时, 阴离子 O^{2-} 向阳极移动, 即 O^{2-} 从多孔电极 1 迁移到多孔电极 2, **C 项正确**; 根据分析, 电解总反应为 $2H_2O(g) \xrightarrow{\text{电解}} 2H_2 + O_2$, 分解 2 mol H_2O 转移 4 mol 电子, 则理论上电源提供 2 mol 电子能分解 1 mol H_2O , **D 项正确**。

7. [答案] B

[模型分析]



电极 b 上 Br^- 发生失电子的氧化反应转化成 BrO_3^- , 电极 b 为阳极, 电极反应为 $Br^- - 6e^- + 3H_2O = BrO_3^- + 6H^+$; 则电极 a 为阴极, 电极 a 的电极反应为 $6H^+ + 6e^- = 3H_2 \uparrow$; 电解总反应式为 $Br^- + 3H_2O \xrightarrow{\text{电解}} BrO_3^- + 3H_2 \uparrow$; 催化循环阶段 BrO_3^- 被还原成 Br^- 循环使用、同时生成 O_2 , 实现高效制 H_2 和 O_2 , 即 Z 为 O_2 。

[精析] 根据分析, 电极 a 为阴极, 连接电源负极, **A 项正确**; 根据分析, 电解过程中消耗 H_2O 和 Br^- , 催化阶段 BrO_3^- 被还原成 Br^- 进而循环使用, 故加入 Y 的目的是补充 H_2O , 维持 $NaBr$ 溶液为一定浓度, **B 项错**

误; 根据分析, 电解总反应式为 $Br^- + 3H_2O \xrightarrow{\text{电解}} BrO_3^- + 3H_2 \uparrow$, **C 项正确**; 催化阶段, Br 元素的化合价由 +5 价降至 -1 价, 生成 1 mol Br^- 得到 6 mol 电子, O 元素的化合价由 -2 价升至 0 价, 生成 1 mol O_2 失去 4 mol 电子, 根据得失电子守恒, $n(O_2) : n(Br^-) = 3 : 2$, **D 项正确**。

热点针对练 30 电解原理及电极方程式书写

1. **[答案]** $Sn + 4CH_2 = CHCN + 4e^- + 4H^+ = Sn(CH_2CH_2CN)_4$

[精析] $Sn(CH_2CH_2CN)_4$ 是有机化合物, 与水不互溶, 在水中不电离, 以 $CH_2 = CHCN$ 为原料, 稀硫酸为电解液, Sn 作阴极, 用电解的方法制得 $Sn(CH_2CH_2CN)_4$, 故阴极的电极反应式为 $Sn + 4CH_2 = CHCN + 4e^- + 4H^+ = Sn(CH_2CH_2CN)_4$ 。

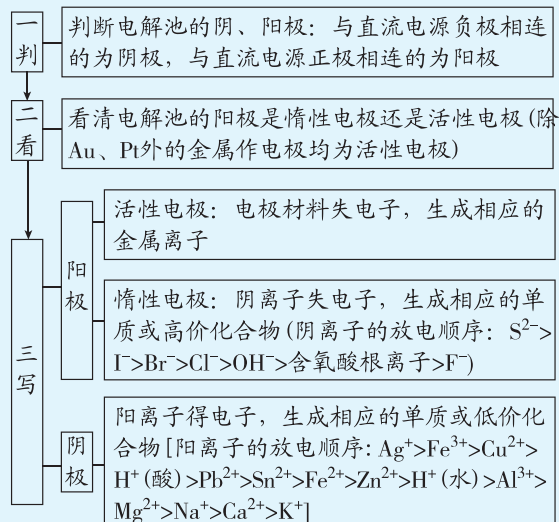
2. **[答案]** $CO_2 + 2e^- + 2H^+ = HCOOH$

[精析] $CO_2 \rightarrow HCOOH$, 碳元素由 +4 价降低到 +2 价, 发生还原反应, 电极 B 是阴极, H^+ 通过质子交换膜由左侧向右侧移动, 则阴极电极反应式是 $CO_2 + 2e^- + 2H^+ = HCOOH$ 。

3. **[答案]** (1) 阳 (2) $CO_2 + 2NO_3^- + 18H^+ + 16e^- = CO(NH_2)_2 + 7H_2O$

[精析] (1) 电极 b 上 H_2O 失电子生成 O_2 , 发生氧化反应, 是电解池的阳极。(2) a 极硝酸根离子得电子转化为尿素, 再结合酸性环境可分析出电极反应式为 $2NO_3^- + 16e^- + CO_2 + 18H^+ = CO(NH_2)_2 + 7H_2O$ 。

思维模型 电解池中电极产物的判断和电极反应的书写



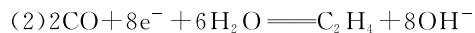
4. **[答案]** (1) 从右往左

(2) $2NH_3 - 6e^- + 6OH^- = N_2 + 6H_2O$

[精析] (1) 左侧发生 $NH_3 \rightarrow N_2$ 的氧化反应, 则左侧为阳极, OH^- 从阴极向阳极移动, 即从右往左移动。(2) 阳极上 NH_3 失电子生成 N_2 , 环境为 KOH 溶液, 则阳

极的电极反应式为 $2\text{NH}_3 - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- \text{---} \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

5. **[答案]** (1)正



[精析] (1)由图可知,电极 N 上 CO 转化为 C_2H_4 ,C 元素化合价下降,发生还原反应,电极 N 为阴极,则电极 M 为阳极,与电源正极相连。

(2)CO 发生得电子的还原反应转化为 C_2H_4 ,电解液是碱性环境,电极反应为 $2\text{CO} + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \text{---} \text{C}_2\text{H}_4 + 8\text{OH}^-$ 。

6. **[答案]** (1)① $\text{N}_2 - 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \text{---} 2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+$

② iii 产生的 O_2 参与 ii 中 NO 的氧化

(2) N_2 分子中存在氮氮三键,键能大,破坏它需要较大的能量

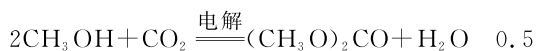
[精析] (1)①由电极 a 上的物质转化可知,电极 a 为阳极,电极反应式为 $\text{N}_2 - 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \text{---} 2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+$ 。

7. **[答案]** (1) $\text{CuCl}_2^- + 2\text{Cl}^- - \text{e}^- \text{---} \text{CuCl}_4^{2-}$ (2)Cu、O

[精析] (1)电解在质子交换膜电解池中进行, H^+ 可自由通过,阳极区为酸性 CuCl_2^- 溶液,电解过程中 CuCl_2^- 转化为 CuCl_4^{2-} ,电解时阳极发生的主要电极反应为 $\text{CuCl}_2^- + 2\text{Cl}^- - \text{e}^- \text{---} \text{CuCl}_4^{2-}$, H^+ 移向阴极,阴极上 H^+ 放电产生 H_2 。(2)电解后,经热水解得到的 HCl 和热分解得到的 CuCl 等物质可循环使用,从图中可知,热分解产物还有 O_2 ,由(1)中得知,进入热水解的物质有 CuCl_4^{2-} ,故发生化合价变化的元素有 Cu、O。

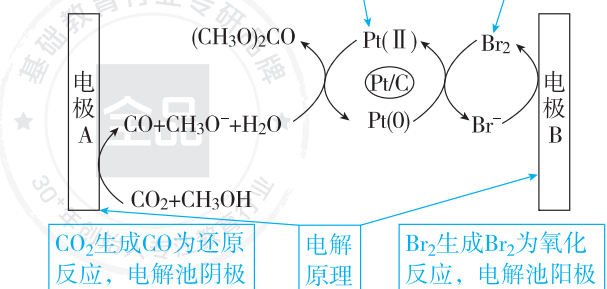
8. **[答案]** (1) $\text{Pb} - 4\text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CH}_2^- \text{---} \text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$

(2)阴极 MgCl^+ 得到电子发生还原反应生成镁单质: $\text{MgCl}^+ + 2\text{e}^- \text{---} \text{Mg} + \text{Cl}^-$,在阴极区不断加入适量的 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$,发生反应 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{Mg} \text{---} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgCl}$,实现阴极产物的循环利用 (3)



[精析] (1)电解池的阳极为 Pb,阳极上 Pb 失去电子发生氧化反应生成 $\text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$,电极反应式为 $\text{Pb} - 4\text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CH}_2^- \text{---} \text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$ 。(2)阴极 MgCl^+ 得到电子发生还原反应生成镁单质: $\text{MgCl}^+ + 2\text{e}^- \text{---} \text{Mg} + \text{Cl}^-$,在阴极区不断加入适量的 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$,发生反应 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{Mg} \text{---} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgCl}$,实现阴极产物的循环利用。

(3) **生成 $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}$ 为氧化反应,为电池负极** **原电池原理** **Br_2 生成 Br^- 为还原反应,为电池正极**

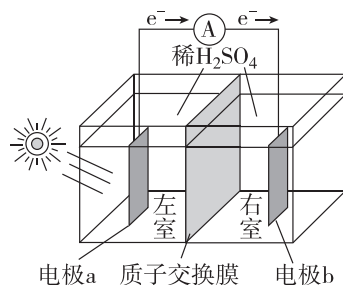


由电解原理图可知,A 极 CO_2 得到电子发生还原反应生成 CO 和 CH_3O^- : $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \text{---} 2\text{CH}_3\text{O}^- + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$,CO 和 CH_3O^- 再与 Pt(II) 反应生成 $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}$ 和 Pt(0);B 电极 Br^- 失电子发生氧化反应生成 Br_2 : $2\text{Br}^- - 2\text{e}^- \text{---} \text{Br}_2$, Br_2 与 Pt(0) 反应重新得到 Pt(II) 和 Br^- ,则总反应为二氧化碳和甲醇反应生成 $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}$ 和 H_2O : $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{电解}} (\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 。反应中电子转移关系式为 $\text{CO}_2 \sim (\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO} \sim 2\text{e}^-$,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。

选择突破练 31 膜在电化学中的应用

1. **[答案]** A

[原理分析]



光解过程中,电极 a 上电子流出,发生氧化反应,a 为负极,电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \text{---} \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$;电极 b 上电子流入,发生还原反应,b 为正极,电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \text{---} \text{H}_2 \uparrow$ 。

[精析] 根据分析,电极 a 为负极,发生氧化反应,电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \text{---} \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$,生成物有 O_2 ,**A 正确**;原电池中阳离子向正极移动,电极 b(正极)在右室,则 H^+ 通过质子交换膜从左室移向右室,**B 错误**;

该电池的总反应为 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{光}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$,随着反应进行, H_2SO_4 溶液中 H_2O 减少, H_2SO_4 溶液浓度增大,pH 减小,**C 错误**;生成 1 mol 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 H_2 ,**D 错误**。

总结提升

1. 离子交换膜的种类

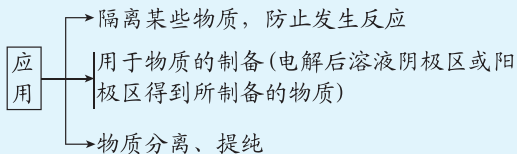
隔膜	阳离子交换膜	只通过阳离子,且阳离子向阴极移动
	阴离子交换膜	只通过阴离子,且阴离子向阳极移动
	质子交换膜	只通过质子(H^+),且质子向阴极移动
	双极膜	水流经双极膜,解离产生 H^+ 和 OH^- ,分别向阴极、阳极移动

2. 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。

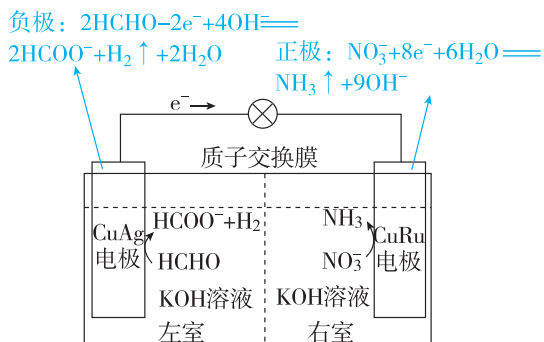
(2) 能选择性地通过离子,起到平衡电荷、形成闭合回路的作用。

3. 离子交换膜的应用



2. [答案] B

[原理分析]



由原电池中电子移动方向可知,CuAg 为负极,HCHO 失去电子生成 HCOO^- 和 H_2 ,电极方程式为 $2\text{HCHO} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = 2\text{HCOO}^- + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,CuRu 为正极, NO_3^- 得到电子生成 NH_3 ,电极方程式为 $\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- = \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$ 。

根据图中电子迁移方向可知左侧 CuAg 电极为负极,右侧 CuRu 电极为正极,再结合图中物质转化可写出各电极的电极反应式。

[精析] 由分析可知,CuAg 电极为负极,HCHO 失去电子生成 HCOO^- 和 H_2 ,根据得失电子守恒和电荷守恒配平电极反应式为 $2\text{HCHO} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = 2\text{HCOO}^- + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,**A 错误**;由分析可知,CuRu 电极为正极, NO_3^- 得到电子生成 NH_3 ,根据得失电子守恒和电荷守恒配平电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- = \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$,**B 正确**;质子交换膜只允许 H^+ 通过,**C 错误**;由正、负极反应式可知,总反应为 $8\text{HCHO} + \text{NO}_3^- + 7\text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + 8\text{HCOO}^- + 4\text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,处理废水过程中消耗 OH^- ,溶液 pH 减小,需补加 KOH,**D 错误**。

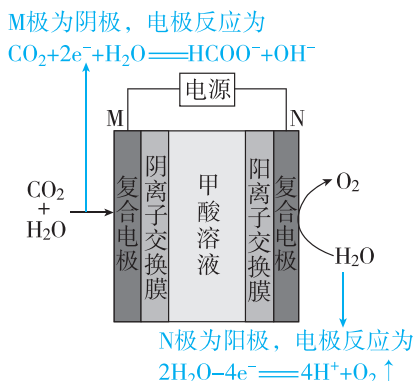
3. [答案] D

[精析] 根据图示,电解时,左侧电极连接电源负极,为阴极,发生还原反应,电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 9\text{OH}^-$;右侧电极连接电源正极,为阳极,发生氧化反应,电极反应式为 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH} - 4\text{e}^- + 5\text{OH}^- = \text{HOCH}_2\text{COO}^- +$

$4\text{H}_2\text{O}$ 。根据分析,阳极区消耗了 OH^- ,pH 下降,**A 正确**;阴极区生成了 OH^- ,阳极区消耗了 OH^- ,按照离子移动方向, OH^- 从阴极区通过阴离子交换膜向阳极区迁移,**B 正确**;根据分析阴极发生还原反应,电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 9\text{OH}^-$,**C 正确**;阴极转化 1 mol NO_3^- ,转移 8 mol e^- ,此时阳极将生成 2 mol $\text{HOCH}_2\text{COO}^-$,**D 错误**。

4. [答案] D

[原理分析]



催化电极 M 上二氧化碳得到电子发生还原反应和生成甲酸根离子和氢氧根离子: $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{HCOO}^- + \text{OH}^-$,甲酸根离子和氢氧根离子通过阴离子膜加入中间室,氢氧根离子和氢离子生成水、甲酸根离子和氢离子生成甲酸,则 M 是阴极,那么 N 是阳极,阳极水失去电子发生氧化反应生成氧气: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$,氢离子通过阳离子膜进入中间室。

[精析] 酸性条件下,电解时电极 N 上水失去电子发生氧化反应生成氧气: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$,**A 错误**;催化电极 M 上二氧化碳得到电子发生还原反应生成甲酸,**B 错误**;阳离子交换膜有 1 种离子通过,**C 错误**;总反应为二氧化碳和水生成甲酸和氧气,**D 正确**。

5. [答案] D

[原理分析]

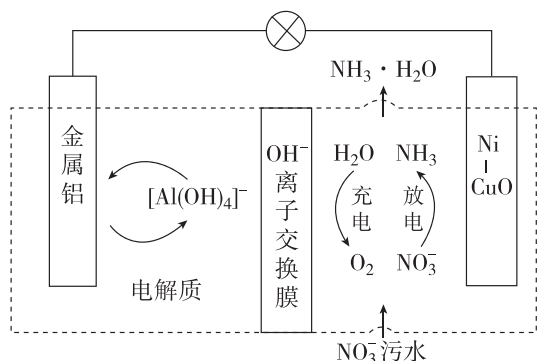
根据图中信息判断,放电时负极反应为 $\text{Li} - \text{e}^- = \text{Li}^+$;正极首先发生反应 $6\text{Li}^+ + \text{N}_2 + 6\text{e}^- = 2\text{Li}_3\text{N}$,后续发生反应 $\text{Li}_3\text{N} + 2\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = (\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 2\text{LiCl}$;故放电总反应为 $6\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = 2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 4\text{LiCl}$ 。充电时发生电解反应 $2\text{LiCl} = 2\text{Li} + \text{Cl}_2 \uparrow$ 。充放电全过程的总反应为 $2\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = 2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 2\text{Cl}_2 \uparrow$ 。

[精析] 放电过程中负极锂失去电子形成锂离子,锂离子通过阳离子交换膜进入左侧最后生成 $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$,**A 错误**;锂为活泼金属,会和水反应,故电解质溶液不能为水溶液,**B 错误**;由充放电的反应可知总反应为 $2\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = 2$

$(CF_3SO_2)_2NLi + 2Cl_2$, 则理论上每生成 1 mol Cl_2 , 同时消耗 1 mol Li, **C 错误**; 由分析, 放电过程中, 氮气在正极得到电子发生还原反应生成 Li_3N , Li_3N 又转化为 $(CF_3SO_2)_2NLi$ 和 $LiCl$, 负极锂失去电子发生氧化反应生成锂离子, 总反应为 $6Li + N_2 + 4CF_3SO_2Cl \rightleftharpoons 2(CF_3SO_2)_2NLi + 4LiCl$, **D 正确**。

6. [答案] A

[原理分析]



放电时, 负极铝失去电子和 OH^- 结合生成四羟基合铝酸根, $Al - 3e^- + 4OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$, 正极水中的氢离子在电催化剂表面获得电子成为氢原子, 氢原子再将吸附在电催化剂表面的 NO_3^- 逐步还原为 NH_3 , 正极区发生反应为 $NO_3^- + 8e^- + 6H_2O \rightleftharpoons NH_3 + 9OH^-$ (注意此反应不是电极反应), 充电时, 金属铝为阴极, Ni-CuO 电极为阳极。

[精析] 放电时, 负极铝失去电子并与氢氧根离子结合生成四羟基合铝酸根离子: $Al - 3e^- + 4OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$, 当转移 3 mol 电子时, 消耗 4 mol OH^- , 同时正极区会有 3 mol OH^- 通过 OH^- 离子交换膜进行补充, OH^- 净消耗 1 mol, 则负极区游离的 OH^- 数目会减少, **故 A 错误**; 氢原子将吸附在电催化剂表面的 NO_3^- 逐步还原为 NH_3 , 还原 1.0 mol NO_3^- 为 NH_3 , 由化合价变化可知, 得到 8 mol 电子, 所以理论上需要 8.0 mol 氢原子, **故 B 正确**; 充电时, 阴离子向阳极移动, 所以充电时, OH^- 从阴极区穿过 OH^- 离子交换膜进入阳极区, **故 C 正确**; 充电时, 阴极反应式为 $[Al(OH)_4]^- + 3e^- \rightleftharpoons Al + 4OH^-$, 阳极反应式为 $2H_2O - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow + 4H^+$, 总反应为 $4[Al(OH)_4]^- \rightleftharpoons 4Al + 6H_2O + 4OH^- + 3O_2 \uparrow$, **故 D 正确**。

7. [答案] C

[原理分析] 由图中 H^+ 和 OH^- 的流向, 可推出左侧 Pt 电极为阳极, 右侧石墨电极为阴极, 阳极发生的反应为: $4OH^- - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow + 2H_2O$, 阴极发生的反应为: $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2 \uparrow$, III 室中 $NaCl$ 浓度降低了, 说明 Na^+ 往阴极方向移动, Cl^- 往阳极方向移动。

[精析] 由分析可知, Pt 电极为阳极, 阳极的电极反应

式为 $4OH^- - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow + 2H_2O$, **A 正确**; 水可微弱电离出氢离子和氢氧根离子, 在外加电场作用下, 使氢离子和氢氧根离子往两极移动, 促进双极膜中水的电离, **B 正确**; 由分析可知, III 室中氯化钠浓度降低, 说明钠离子向阴极方向移动, 氯离子向阳极方向移动, 则 Y 膜为阳离子交换膜, X 膜为阴离子交换膜, **C 错误**; IV 室每生成 1 mol $NaOH$, 则转移 1 mol 电子, 有 1 mol 氢离子移动到 II 室中, 生成 1 mol $B(OH)_3$, **D 正确**。

8. [答案] B

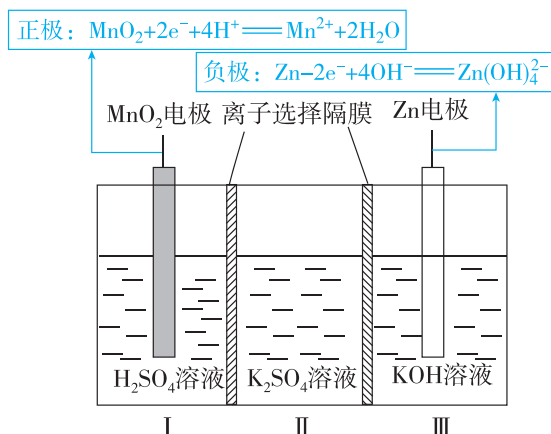
[原理分析] 在 KOH 溶液中 $HCHO$ 转化为 $HOCH_2O^-$: $HCHO + OH^- \rightarrow HOCH_2O^-$, 存在平衡 $HOCH_2O^- + OH^- \rightleftharpoons [OCH_2O]^{2-} + H_2O$, Cu 电极上发生的电子转移反应为 $[OCH_2O]^{2-} - e^- \rightleftharpoons HCOO^- + H \cdot$, $H \cdot$ 结合成 H_2 , Cu 电极为阳极; PbCu 电极为阴极, 首先 $HOOC-COOH$ 在 Pb 上发生得电子的还原反应转化为 $OHC-COOH$: $H_2C_2O_4 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons OHC-COOH + H_2O$, $OHC-COOH$ 与 $HO-N^+H_3$ 反应生成 $HOOC-CH=N-OH$: $OHC-COOH + HO-N^+H_3 \rightarrow HOOC-CH=N-OH + H_2O + H^+$, $HOOC-CH=N-OH$ 发生得电子的还原反应转化成 $H_3N^+CH_2COOH$: $HOOC-CH=N-OH + 4e^- + 5H^+ \rightleftharpoons H_3N^+CH_2COOH + H_2O$ 。

[精析] 由上述分析可知, 阳极总反应为 $2HCHO - 2e^- + 4OH^- \rightleftharpoons 2HCOO^- + H_2 \uparrow + 2H_2O$, 转移 2 mol 电子消耗 4 mol OH^- , 从双极膜中只能产生 2 mol OH^- , 故阳极区 $c(OH^-)$ 减小, **A、C 项正确**; 阴极区的总反应为 $H_2C_2O_4 + HO-N^+H_3 + 6e^- + 6H^+ \rightleftharpoons H_3N^+CH_2COOH + 3H_2O$, 故理论上生成 1 mol $H_3N^+CH_2COOH$ 双极膜中有 6 mol H_2O 解离, **B 项错误**; 阴极区的 Pb 上发生反应 $H_2C_2O_4 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons OHC-COOH + H_2O$, **D 项正确**。

选择突破练 32 电化学中的多室、多池装置

1. [答案] A

[模型分析]



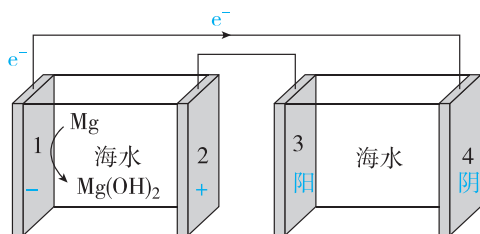
根据图示和题目所给信息可知, III 区 Zn 为电池的负

极,电极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$, I 区 MnO_2 为电池的正极,电极反应为 $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$; 电池在工作过程中, I 区消耗 H^+ , 生成 Mn^{2+} , 阴离子 SO_4^{2-} 过量, I 区的 SO_4^{2-} 向 II 区移动, III 区消耗 OH^- , 生成 $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$, III 区的 K^+ 向 II 区移动。

【精析】 根据分析, III 区的 K^+ 通过隔膜向 II 区移动, **A 错误**; 根据分析, I 区的 SO_4^{2-} 通过隔膜向 II 区移动, **B 正确**; MnO_2 电极的电极反应式为 $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, **C 正确**; 电池的总反应为 $\text{Zn} + 4\text{OH}^- + \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, **D 正确**。

2. 【答案】 D

【原理分析】



1: $\text{Mg} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2$ 负

2: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 正

3: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 阳

4: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 阴

【精析】 由模型分析可知, 1 电极 Mg 失去电子生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 发生氧化反应为负极, 电池和电解池同时产生氢气, 因此 2 发生还原反应为正极, 3 为阳极, 4 为阴极, 催化剂生长在泡沫镍电极上可提高催化效率, 加快电解速率, **A 正确**; 外电路电子由 1 流出, 流向 4, **B 正确**, 电极 3 反应为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$, **C 正确**; 由于电池和电解池同时产生氢气, 理论上每通过 2 mol 电子, 可产生 2 mol H_2 , **D 错误**。

3. 【答案】 B

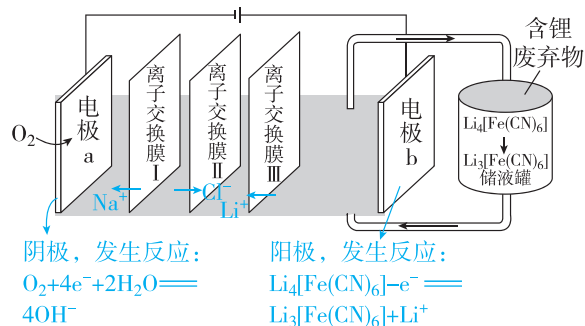
【原理分析】 由题干信息“通过具有‘卯榫’结构的双极膜组装电解池, 可实现大电流催化电解 KNO_3 溶液制氨”可知, 在电极 a 处 KNO_3 放电生成 NH_3 , 发生还原反应, 故电极 a 为阴极, 电极方程式为 $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 9\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$, 电极 b 为阳极, 电极方程式为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, “卯榫”结构的双极膜中的 H^+ 移向电极 a, OH^- 移向电极 b。

【精析】 由分析中阴、阳极电极反应式可知, 电解总反应为 $\text{KNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{O}_2 \uparrow + \text{KOH}$, **故 A 正确**; 每生成 1 mol $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 阴极得 8 mol e^- , 同时双极膜处有 8 mol H^+ 进入阴极室, 即有 8 mol 的 H_2O 解离, **故 B 错误**; 电解过程中, 阳极室每消耗 4 mol OH^- , 同时有 4 mol OH^- 通过双极膜进入阳极

室, KOH 的物质的量不因反应而改变, **故 C 正确**; 相比于平面结构双极膜, “卯榫”结构具有更大的膜面积, 有利于 H_2O 被催化解离成 H^+ 和 OH^- , 可提高氨生成速率, **故 D 正确**。

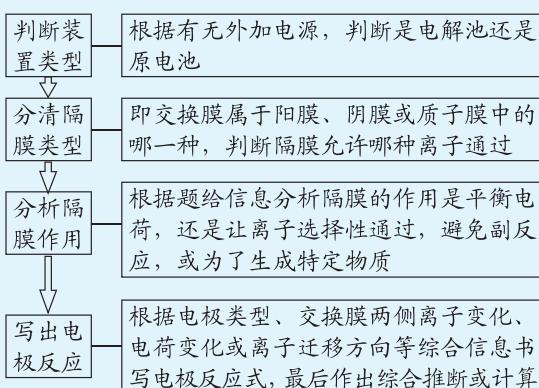
4. 【答案】 D

【模型分析】



【精析】 由图可知, 左侧为阴极, 电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$, 右侧为阳极, 电极反应式为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, 在膜 I 和膜 II 间加入海水, 钠离子透过膜 I 进入阴极区得到氢氧化钠, 氯离子透过膜 II 进入膜 II 与膜 III 之间, 锂离子透过膜 III 进入膜 II 与膜 III 之间, 在膜 II 与膜 III 之间得到 LiCl , 则膜 I 为阳离子交换膜, 膜 II 为阴离子交换膜, 膜 III 为阳离子交换膜, 据此解答。由分析可知, 膜 II 为阴离子交换膜, **A 错误**; a 极的电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$, 生成 OH^- 导致电极 a 附近溶液的 pH 变大, **B 错误**; 由分析可知, b 极的电极反应式为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, **C 错误**; 在电解池中, 转移的电子数等于移动的离子电荷数, 每脱除 58.5 g 即 1 mol NaCl , 转移电子数为 1 mol, 有 1 mol Li^+ 和 1 mol Cl^- 分别透过膜 III、膜 II, 可得到 1 mol LiCl , **D 正确**。

思维模型 “多室”电化学装置的分析方法



5. 【答案】 BD

【精析】 由图可知, 电极 a 为阳极, 碱性条件下 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 在阳极失去电子发生氧化反应生成 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, 催化剂作用下, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 与氢氧根离子反应生成 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 、氧气和水, 电极 b 为阴极, 水

分子作用下 DHPS 在阴极得到电子发生还原反应生成 DHPS-2H 和氢氧根离子,催化剂作用下,DHPS-2H 分解为 DHPS 和氢气,由两电极反应可知,氢氧根离子通过阴离子交换膜由阴极室向阳极室移动,则 M 为氧气、N 为氢气。由分析可知,电极 b 为电解池的阴极,故 A 错误;由分析可知,氢氧根离子通过阴离子交换膜由阴极室向阳极室移动,则隔膜为阴离子交换膜,故 B 正确;由分析可知,M 为氧气、N 为氢气,由得失电子守恒可知,氧气和氢气的物质的量之比为 1:2,故 C 错误;由分析可知,反应器 I 中发生的反应为催化剂作用下, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 与氢氧根离子反应生成 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 、氧气和水,反应的离子方程式为 $4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + 4\text{OH}^- \xrightarrow{\text{催化剂}} 4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,故 D 正确。

6. [答案] BD

[精析] 右侧装置是原电池,则左侧装置是电解池,电池工作时,细菌上的乙酸根阴离子失去电子被氧化为 CO_2 气体, Co^{2+} 在另一个电极上得到电子,被还原产生 Co 单质,为保持细菌所在环境 pH 稳定,细菌室中的阳离子(含 H^+)通过阳膜进入阴极室,甲室溶液 pH 减小,A 错误;对于乙室,正极上 LiCoO_2 得到电子,被还原为 Co^{2+} ,同时得到 Li^+ ,其中的 O 与溶液中的 H^+ 结合成 H_2O ,电解质溶液为酸性,不可能大量存在 OH^- ,乙室电极反应式为 $\text{LiCoO}_2 + \text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Li}^+ + \text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$,即使左侧细菌室通过的阳离子全

部为 H^+ ,转移 1 mol e^- ,只能向乙室转移 1 mol H^+ ,而乙室电极反应消耗 4 mol H^+ ,所以工作一段时间后,乙室应补充盐酸,B 正确,C 错误;若甲室 Co^{2+} 减少 200 mg,转移电子的物质的量为 $n(\text{e}^-) = \frac{0.2 \text{ g}}{59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \approx 0.0068 \text{ mol}$,乙室 Co^{2+} 增加 300 mg,转移电子的物质的量为 $n(\text{e}^-) = \frac{0.3 \text{ g}}{59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 1 \approx 0.0051 \text{ mol}$,说明此时已进行过溶液转移,D 正确。

7. [答案] B

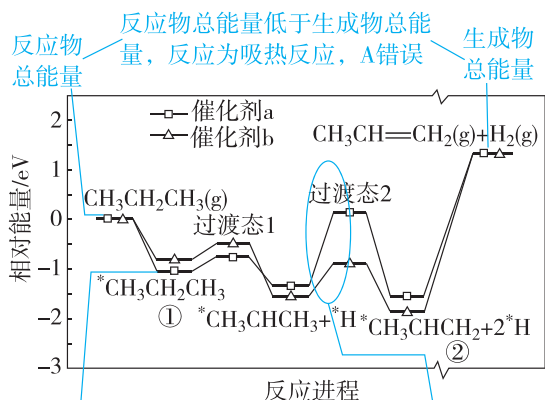
[精析] 由图可知,左侧电极发生反应 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} - \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$,则左侧为阳极,右侧电极反应为 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$,则右侧电极为阴极,据此解答。由分析可知,阴极反应为 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$,A 正确;已知②处的电解液温度比①处的低,则可推断 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 是吸热反应,则 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 比 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 稳定,B 错误;多孔隔膜可以阻止两电极区的溶液对流,可阻止热交换,C 正确;题干明确指出电子转移过程非常快,物质结构来不及改变,这意味着电子转移(即氧化还原反应)本身不会直接导致结构变化,热效应实际上来源于电子转移完成后, $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 和 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 因配位环境或电荷分布变化引起的结构重组导致热量变化,D 正确。

专题六 化学反应速率和化学平衡

选择提升练 33 能量图式反应机理

1. [答案] C

[图示分析]



催化剂a作用下,丙烷吸附态能量较低,能量越低越稳定,故催化剂a吸附得到的吸附态更稳定,C正确

活化能越大,反应速率越慢,为反应的决速步骤

[精析] 由图可知,生成物总能量高于反应物总能量,

总反应为吸热反应,A 错误;平衡常数只和温度有关,与催化剂种类无关,B 错误;由图可知,丙烷被催化剂 a 吸附后能量更低,则被催化剂 a 吸附后得到的吸附态更稳定,C 正确;活化能高的反应速率慢,是反应的决速步骤,故决速步骤为 $^* \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \rightarrow ^* \text{CH}_3\text{CHCH}_2 + ^* \text{H}$ 或 $^* \text{CH}_3\text{CHCH}_3 + ^* \text{H} \rightarrow ^* \text{CH}_3\text{CHCH}_2 + 2^* \text{H}$,D 错误。

2. [答案] D

[精析] 观察历程图可知,反应 i 中 $\text{Ga}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{NH}_3(\text{g})$ 的相对能量为 0,经 TS1、TS2、TS3 完成反应,生成 $\text{Ga}_2\text{O}_2\text{NH}(\text{s})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$,此时的相对能量为 0.05 eV,因此体系能量在反应中增加,则该反应为吸热过程,A 正确;反应 ii 中因 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 脱去步骤需要经过 TS5,则活化能为 0.70 eV 与 TS5 的相对能量差,即 $3.39 \text{ eV} - 0.70 \text{ eV} = 2.69 \text{ eV}$,B 正确;反应 iii 从 $\text{Ga}_2\text{ON}_2\text{H}_2(\text{s})$ 生成 $2\text{GaN}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 经历过渡态 TS6、TS7,说

答案速查

专题一	热点1	1.B 2.B	P1
	热点2	1.C 2.B 3.C 4.A 5.C	P1-2
	热点3	1.D 2.C 3.A	P2-4
	热点4	1.D 2.B 3.D 4.B 5.B 6.D	P4-5
专题二	热点1	1.D 2.C 3.C 4.C 5.A 6.A	P5-6
	热点2	1.A 2.B 3.A 4.C	P6
	热点3	1.C 2.D	P6-7
	热点4	1.A 2.C 3.B	P7
	热点5	1.BC 2.B 3.C 4.C 5.B	P7-8
	热点6	1.ABC	P8-9
专题三	热点1	1.B 2.B	P1
	热点2	1.C 2.B 3.C 4.A 5.C	P1-2
	热点3	1.D 2.C 3.A	P2-4
	热点4	1.D 2.B 3.D 4.B 5.B 6.D	P4-5
专题四	热点1	1.D 2.C 3.C 4.C 5.A 6.A	P5-6
	热点2	1.A 2.B 3.A 4.C	P6
	热点3	1.C 2.D	P6-7
	热点4	1.A 2.C 3.B	P7
	热点5	1.BC 2.B 3.C 4.C 5.B	P7-8
	热点6	1.ABC	P8-9
专题五	热点1	1.B 2.B	P1
	热点2	1.C 2.B 3.C 4.A 5.C	P1-2
	热点3	1.D 2.C 3.A	P2-4
	热点4	1.D 2.B 3.D 4.B 5.B 6.D	P4-5
专题六	热点1	1.D 2.C 3.C 4.C 5.A 6.A	P5-6
	热点2	1.A 2.B 3.A 4.C	P6
	热点3	1.C 2.D	P6-7
	热点4	1.A 2.C 3.B	P7
	热点5	1.BC 2.B 3.C 4.C 5.B	P7-8
	热点6	1.ABC	P8-9