



教辅图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30<sup>+</sup>年创始人专注教育行业

—— 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

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。

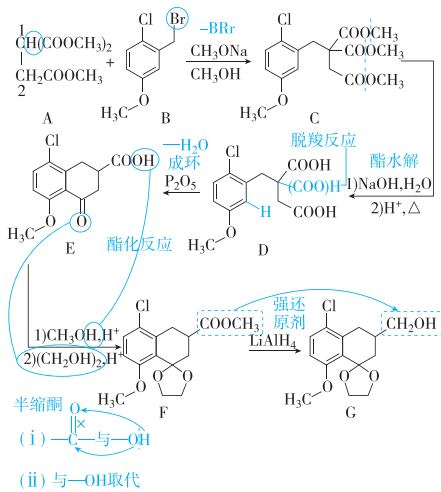
(2)有着规则几何外形或者美观、对称外形的固体不一定是晶体。例如，玻璃制品(非晶体)可以塑造出规则的几何外形，也可以具有美观、对称的外观。

(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。

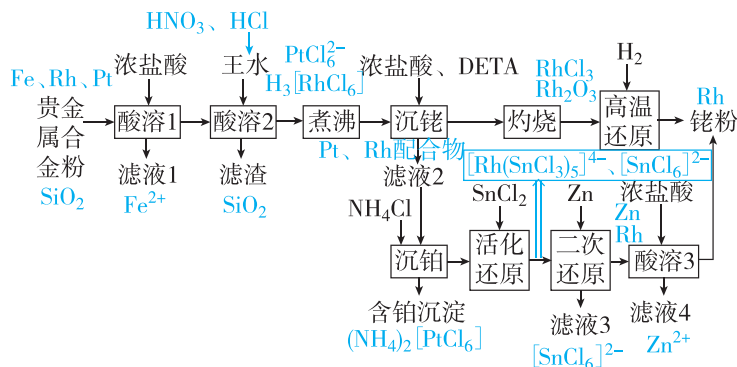
### 示例 有机合成中的结构变化



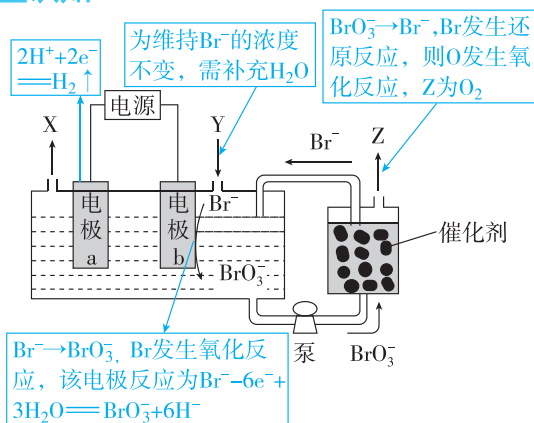
### 三、学科素养：落实课标要求，提升核心素养，让高分成为努力的必然结果

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2025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

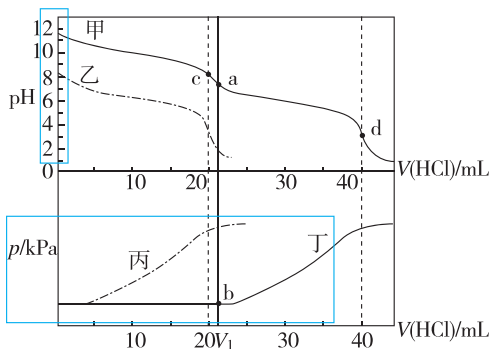


### 示例 2、证据推理与模型认知



### 示例 3、变化观念与平衡思想

同浓度 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 碱性更强，甲为 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，乙为 $\text{NaHCO}_3$



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 $\text{NaHCO}_3$ , 丁为 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 对应 $\text{CO}_2$ 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。

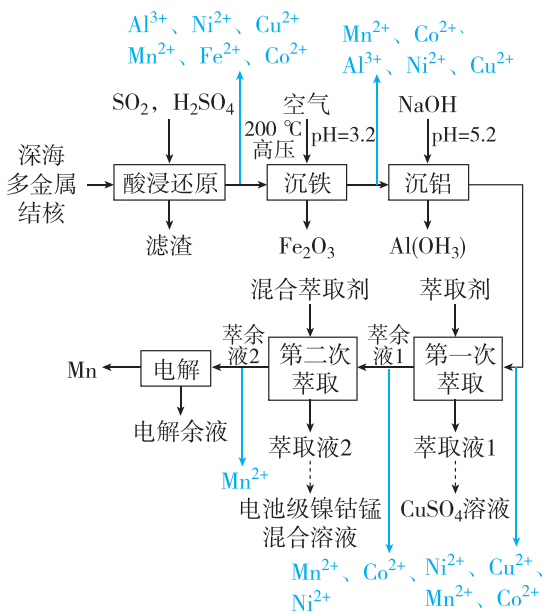
### 归纳总结 反应条件的控制及目的

| 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)<br>②“酸作用”还可除去氧化物(膜)<br>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<br>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<br>(常用水浴、冰水浴或油浴) | ①防止副反应的发生<br>②使化学平衡移动;控制化学反应的方向<br>③控制固体的溶解与结晶<br>④控制反应速率;使催化剂达到最大活性<br>⑤升温:促进溶液中的气体逸出,使某物质达到沸点挥发<br>⑥加热煮沸:促进水解,聚沉后利于过滤分离<br>⑦趁热过滤:减少因降温而析出的溶质的量<br>⑧降温:防止物质高温分解或挥发 |

3. 【答案】(1)  $\text{SiO}_2 + \text{SO}_2 + \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

(2)  $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{高压}]{200\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}^+$  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

### 【流程分析】



金属结核[主要含  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{FeO}(\text{OH})$ 、 $\text{SiO}_2$ , 有少量的  $\text{Co}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CuO}$ ]加入  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  进行酸浸还原,得到的滤渣含有  $\text{SiO}_2$ ,滤液中含有  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ,通入空气,调解  $\text{pH}=3.2$ ,沉铁得到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  滤渣,继续加入  $\text{NaOH}$  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  $\text{Cu}^{2+}$ ,分液得到  $\text{Cu}^{2+}$  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  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{SO}_2$  将  $\text{Co}_2\text{O}_3$  中的  $\text{Co}$  由+3价还原为+2价,同时在硫酸的作用下得到  $\text{CoSO}_4$ ,化学方程式为  $\text{SO}_2 + \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 。

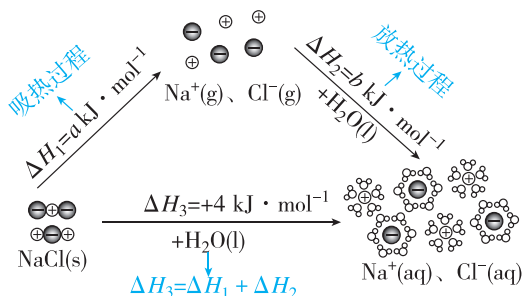
(2)“沉铁”时, $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,铁元素化合价上升,则  $\text{O}_2$  作氧化剂,离子反应为  $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{高压}]{200\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}^+$ ;已知金属氢氧化物胶体具有吸附性,可吸附金属阳离子,则加热至  $200\text{ }^\circ\text{C}$  的主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



$\text{NaCl}$  固体溶于水的过程分两步实现,第一步为  $\text{NaCl}$  固体变为  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ ,此过程离子键发生断裂,为吸热过程;第二步为  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  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。

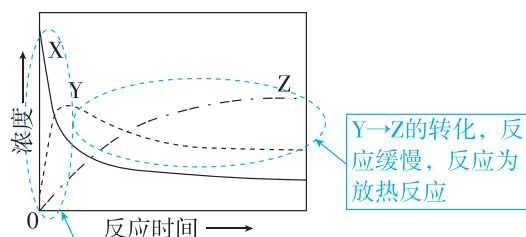
【精析】由图可知, $\text{NaCl}$  固体溶解过程的焓变为  $\Delta H_3 = +4\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,为吸热过程,A 正确;由图可知, $\text{NaCl}$  固体溶于水的过程分两步实现,由盖斯定律可知  $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ ,即  $a + b = 4$ ,B 正确;第一步为  $\text{NaCl}$  固体变为  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ ,此过程离子键发生断



裂,为吸热过程, $a>0$ ,第二步为  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  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  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  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】



**【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  $\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Y}(\text{g})$  的反应速率大于  $\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g})$  的反应速率,则反应  $\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Y}(\text{g})$  的活化能小于反应  $\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g})$  的活化能,C、D 不正确; $\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Y}(\text{g})$  和  $\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g})$  的  $\Delta H$  都小于 0,A 不正确,**B 正确**。

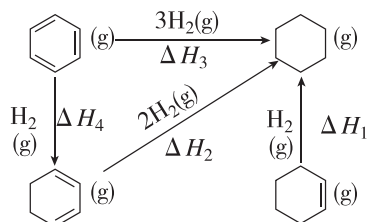
## 3. 【答案】 B

**【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, $\Delta H$  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:



$\Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_2$ ,**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, $\Delta H_4 > 0$ , $\Delta H_1$  和  $\Delta H_2$  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①+②-③可得反应: $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ ,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  $\Delta H = \text{反应物键能} - \text{生成物键能}$  和可得: $\Delta H = 4c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 3a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - \text{CO}(\text{g})$  中的碳氧键键能  $= +206 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , $\text{CO}(\text{g})$  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。 $\text{H}_2\text{O}$  应该为液态,**A 项错误**; $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +137 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,**B 项错误**;氢气的燃烧热为  $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,则  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,**C 项错误**; $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \frac{7}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -1559.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,**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  $\text{CO}_2(\text{g})$ ,氢元素变为  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,硫元素变为  $\text{SO}_2(\text{g})$ ,氮元素变为  $\text{N}_2(\text{g})$  等。

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

## 7. 【答案】 C

**【精析】** 由图可知,①  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g})$   $\Delta H_1 = +698 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

②  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$   $\Delta H_2 = +15 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

③  $\text{Cl}^-(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}^-(\text{aq}) \quad \Delta H_3 = -378 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

④  $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(\text{g}) \quad \Delta H_4$ ;

⑤  $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \quad \Delta H_5 = +3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

⑥  $\frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(\text{g}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \quad \Delta H_6 = -530 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

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

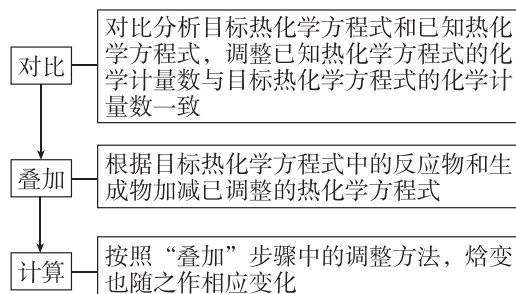
**【精析】** 根据表格中的数据可知, $\text{H}_2$  的键能为  $218 \text{ kJ}$

$\cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , **A 正确**;  $\text{O}_2$  的键能为  $249 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = 498 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 由题中信息可知  $\text{H}_2\text{O}_2$  中氧氧单键的键能为  $214 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{O}_2$  的键能大于  $\text{H}_2\text{O}_2$  中氧氧单键的键能的两倍, **B 正确**; 由表格中的数据可知  $\text{HOO}(\text{g}) = \text{HO}(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$ , 解离其中氧氧单键需要的能量为  $249 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 39 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 278 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  中氧氧单键的键能为  $214 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 所以解离氧氧单键所需能量:  $\text{HOO} > \text{H}_2\text{O}_2$ , **C 错误**;  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$  的  $\Delta H = -136 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 249 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -143 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , **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  $\Delta H = -230.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-104.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -126 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

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  $\Delta H_1 = \Delta H + \Delta H_2 = -24.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 68.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +44.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

3. **【答案】**  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$\Delta H = -1036 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

**【精析】** 已知反应 I:  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{S}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = -221.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 反应 II:  $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g})$   $\Delta H = -296.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 将 I  $\times 2 + \text{II} \times 2$  得  $\text{H}_2\text{S}$  制  $\text{SO}_2$  的热化学方程式为  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = -221.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 + (-296.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 2 = -1036 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

4. **【答案】**  $-3$

**【精析】** 乙酸、乙醇和乙酸乙酯的燃烧热分别为  $-874 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-1367 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  和  $-2238 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,

①  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

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

②  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

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

③  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5(\text{l}) + 5\text{O}_2(\text{g}) = 4\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

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

根据盖斯定律 ① + ② - ③ 得  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) = \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 = -874 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 1367 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2238 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

5. **【答案】**  $-65$

**【精析】** 已知:

I.  $\text{MgCO}_3(\text{s}) = \text{MgO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$

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

II.  $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

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

将 I + II 可得  $\text{MgCO}_3(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{MgO}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$   $\Delta H_4 = \Delta H_1 + \Delta H_2 = +101 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-166 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -65 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

6. **【答案】**  $-41.2$

**【精析】** 由盖斯定律, ② - ① 可以得到目标反应, 则  $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1 = -14.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 26.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

7. **【答案】**  $-137$

**【精析】** 由盖斯定律, ② - ① 可以得到目标反应, 则  $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1 = -312 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 175 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -137 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

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  $\Delta H < 0$ 。(2) 根据已知

条件可以写出如下热化学方程式: ①  $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$   $\Delta H_1 = -a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; ②  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H_2 = -b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; ③

$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g}) + \frac{5}{2}\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$\Delta H_3 = -c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。根据盖斯定律, ①  $\times 2 +$  ②  $\times 3 -$  ③, 即可得到目标方程式, 故目标方程式的  $\Delta H = (c - 2a - 3b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

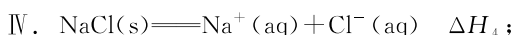
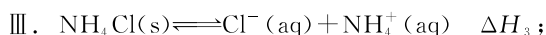
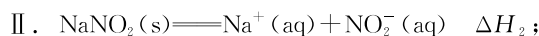
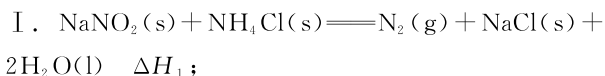
9. **【答案】**  $-50$

**【精析】** 由盖斯定律可知,  $2\text{S}(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{SCl}_2(\text{l})$  的焓变为  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = (-59.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (-$

$40.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{S(s)} + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SCl}_2(\text{l})$  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：



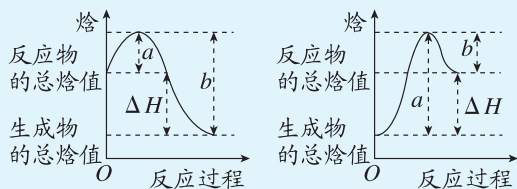
由盖斯定律可知, 目标方程式  $\text{NO}_2^-(\text{aq}) + \text{NH}_4^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  可由方程式 I - II - III + IV 得到, 故  $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 - \Delta H_3 + \Delta H_4$ 。

## 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  | $\text{CO}_2$ | $\text{CH}_4$ | $\text{P}_4$ | 金刚石 | Si    | $\text{SiO}_2$ |
|-----|---------------|---------------|--------------|-----|-------|----------------|
| 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  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}_2$  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,  $\text{MnO}_2$  为正极, 得到电子, 发生还原反应, 故 A 错误; 电池工作时,  $\text{OH}^-$  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  $6.02 \times 10^{23}$ , 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;  $\text{MnO}_2$  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                                                                         |
|     | $\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^-$ | $2\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{MnOOH}$ |

### 3. 【答案】 C

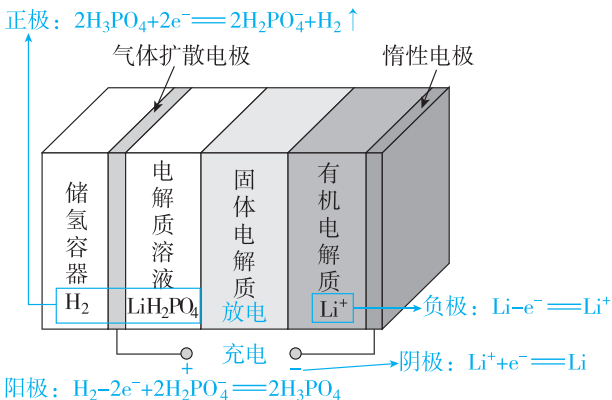
【精析】Zn 具有较强的还原性,  $\text{MnO}_2$  具有较强的氧化性, 自发的氧化还原反应发生在 Zn 与  $\text{MnO}_2$  之间, 所以  $\text{MnO}_2$  电极为正极、Zn 电极为负极, 则充电时  $\text{MnO}_2$  电极为阳极、Zn 电极为阴极。充电时该装置为电解池, 电解池中阳离子向阴极迁移, 即  $\text{Zn}^{2+}$  向阴极方向迁移, A 不正确; 放电时, 负极的电极反应为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ , 则充电时阴极反应为  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$ , 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  $\text{MnO}_2$  电极为正极, 正极上检测到 MnOOH 和少量  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$ , 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  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  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,  $\text{Li}^+$  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  $\text{CF}_3 - \text{CF}_3$ , 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。

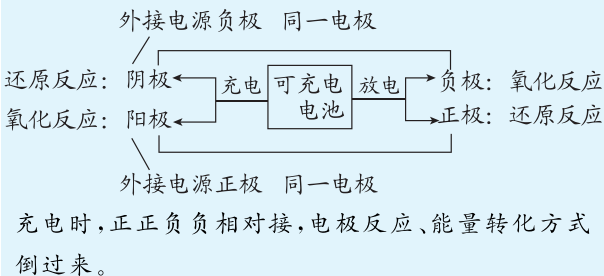
### 5. 【答案】 C

**【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  $\text{LiPO}_4$  放电生成的  $\text{H}_2$  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,  $\text{Li}^+$  会通过固体电解质进入电解质溶液,同时正极会生成  $\text{H}_2$  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  $2\text{Li} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{LiH}_2\text{PO}_4$ , **B 错误**;充电时,  $\text{Li}^+$  向阴极移动,则  $\text{Li}^+$  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:  $\text{Li} - \text{e}^- = \text{Li}^+$ ,多孔功能电极为正极,低温时发生反应:  $\text{O}_2 + 2\text{e}^- = \text{O}_2^{2-}$ ,随温度升高  $Q$  增大,正极区  $\text{O}_2^{2-}$  转化为  $\text{O}^{2-}$ ;充电时,锂电极为阴极,得到电子,多孔功能电极为阳极,  $\text{O}_2^{2-}$  或  $\text{O}^{2-}$  失去电子。

**【精析】** 由分析可知,电池总反应方程式为  $\text{O}_2 + 2\text{Li}$  放电  $\text{Li}_2\text{O}_2$  或  $\text{O}_2 + 4\text{Li}$  放电  $2\text{Li}_2\text{O}$ ,充放电时有  $\text{Li}^+$  迁移,因此熔融盐中  $\text{LiNO}_3$  的物质的量分数影响充放电速率, **A 正确**;  $\text{Li}^+$  比  $\text{K}^+$  的半径小,因此  $\text{Li}^+$  优先于  $\text{K}^+$  通过固态电解质膜, **B 正确**;放电时,正极得到电子,  $\text{O}_2^{2-}$  中氧元素为  $-1$  价,  $\text{O}^{2-}$  中氧元素为  $-2$  价,因此随温度升高  $Q$  增大,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**。

**7. 【答案】 D**

**【装置分析】**

| 电池装置 | 原理分析                                                                                                                                                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 负极: $\text{Sb} - 12\text{e}^- + 2\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O} = \text{Sb}_4\text{OCl}_2 + 10\text{H}^+$<br>正极: $\text{AgCl} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$ |

**【精析】** 放电时, Sb 失电子为负极,  $\text{AgCl}$  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**

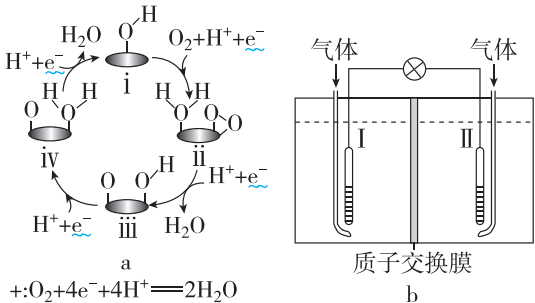
**【装置分析】**

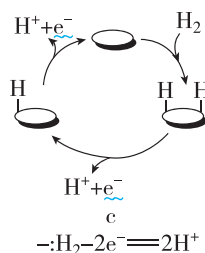
| 电池装置 | 原理分析                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------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

**【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  $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$ , b 电极是正极,电极反应式为  $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ = \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ ,据此解答。放电时 b 电极是正极,阳离子向正极移动,所以  $\text{Na}^+$  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  $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$ , **C 正确**;若以  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  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氯能力, **D 错误**。

**9. 【答案】 C**

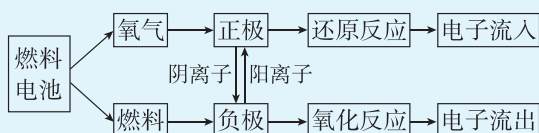
**【精析】**





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  $\text{O}_2$  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  $\text{H}^+$  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

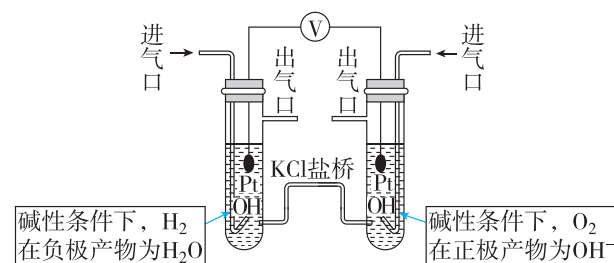
1. 【答案】 $2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

【精析】氨燃料电池和氢燃料电池产生相同电量时,理论消耗  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2$  的质量比为 17 : 3,则  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2$  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  $\text{H}_2$ ,发生氧化反应作负极,产物为  $\text{H}_2\text{O}$ ,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  $\text{K}^+$  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  $\text{O}_2$  进行实验,一侧通入  $\text{O}_2$  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, $\text{I}_2$  在反应中先被消耗,后又生成,作为催化剂;放电时,正极上  $\text{SOCl}_2$  得到电子发生还原反应转化为  $\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ ,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  $\text{H}^+$ ,碱性溶液用  $\text{OH}^-$ ,若是熔融电解质,则依据具体题目信息,一般熔融氧化物用  $\text{O}^{2-}$ ,熔融碳酸盐用  $\text{CO}_3^{2-}$ 。

(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 $2\text{Pb} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

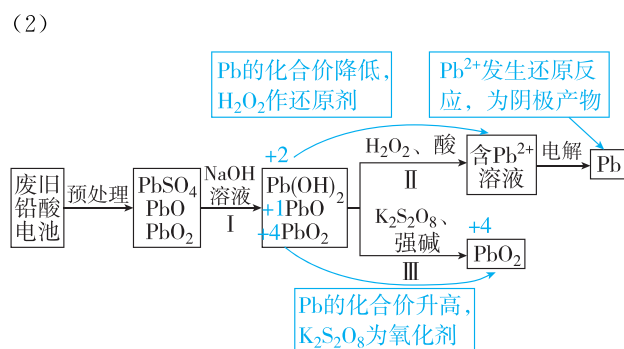
(2)①脱除  $\text{SO}_4^{2-}$ ,生成可溶于酸的  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  ②  $\text{H}_2\text{O}_2$  作还原剂, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  作氧化剂

(3)ab

【精析】(1)①充电时,阴极发生还原反应, $\text{PbSO}_4$  得到电子变成  $\text{Pb}$ ,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  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量为  $\frac{a}{96\ 500}$  mol。③ $\text{SO}_4^{2-}$  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 $\text{Pb}$  在  $\text{H}_2\text{SO}_4$  作用下与氧气反应,会生成  $\text{PbSO}_4$  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)

(2)





废旧铅酸电池通过预处理得到  $\text{PbSO}_4$ 、 $\text{PbO}$ 、 $\text{PbO}_2$ ；加入  $\text{NaOH}$  溶液，使  $\text{PbSO}_4$  转化为  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ，过滤得到  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 $\text{PbO}$ 、 $\text{PbO}_2$ ；若加入  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，在酸性条件下生成含  $\text{Pb}^{2+}$  的溶液，电解后生成  $\text{Pb}$ ；若加入  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ，在碱性条件下可生成  $\text{PbO}_2$ 。①  $\text{PbSO}_4$  难溶于酸、碱溶液，加入  $\text{NaOH}$  溶液使  $\text{PbSO}_4$  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  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，在酸性条件下将  $\text{PbO}_2$  还原为  $\text{Pb}^{2+}$ ，故  $\text{H}_2\text{O}_2$  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  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 $\text{PbO}$  氧化为  $\text{PbO}_2$ ，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  $\text{PbSO}_4$ ，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  $\text{PbSO}_4$ ，**b 正确**；负极的主要材料是  $\text{Pb}$ ，且电解质环境为酸性，故负极不存在  $\text{PbO}_2$ ，碳材料不能使  $\text{PbO}_2$  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  $\text{H}_2$  的一极为负极，通入  $\text{O}_2$  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  $\text{H}_2$  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， $\text{H}_2$  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 $\text{Fe}$ 为负极， $\text{AgCl}$ 为正极，盐酸为电解质溶液的原电池，正极 $\text{AgCl}$ 得到电子，电极反应式为 $\text{AgCl} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ，生成 $\text{Ag}$ 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 $\text{HNO}_3$ ，搅拌，若固体完全溶解，则 $\text{AgCl}$ 完全转化，若固体未完全溶解，则 $\text{AgCl}$ 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  $\text{Ag}$  与氧气生成  $\text{Ag}_2\text{O}$ ，使得  $\text{Ag}^+$  浓度下降

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

络合离子转化为单质  $\text{Ag}$ ，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  $\text{AgCl}$  也能转化为  $\text{Ag}$ ，是因为形成了以  $\text{Fe}$  为负极， $\text{AgCl}$  为正极，盐酸为电解质溶液的原电池，正极  $\text{AgCl}$  得到电子，电极反应式为  $\text{AgCl} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ，生成  $\text{Ag}$ 。③判断  $\text{AgCl}$  是否完全转化，即检验混合物中是否含有  $\text{AgCl}$ ，若  $\text{AgCl}$  完全转化，则剩余固体全部为银，可完全溶于稀硝酸，若  $\text{AgCl}$  未完全转化，剩余  $\text{AgCl}$  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  $\text{AgCl}$  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  $\text{AgNO}_3$  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  $\text{HNO}_3$ ，搅拌，若固体完全溶解，则  $\text{AgCl}$  完全转化，若固体未完全溶解，则  $\text{AgCl}$  未完全转化。

(2)①纳米  $\text{Ag}$  溶解时被  $\text{O}_2$  氧化为  $\text{Ag}^+$ ，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  $\text{Ag}$  与氧气生成  $\text{Ag}_2\text{O}$ ，使得  $\text{Ag}^+$  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  $\text{O}^{2-}$  生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，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  $\text{CO}$ ，根据图示可知，甲醇在催化剂表面先脱去碳原子上的  $\text{H}$  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， $\text{Zn}$  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**； $\text{Zn}$  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**。

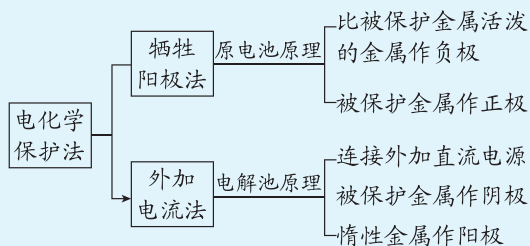
2. **【答案】** D

【精析】发蓝处理技术通常用于钢铁等黑色金属，通过在空气中加热或直接浸泡于浓氧化性溶液中来实现，可在金属表面形成一层极薄的氧化膜，这层氧化膜能有效防锈，A 不符合题意；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，B 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，C 不符合题意；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，D 符合题意。

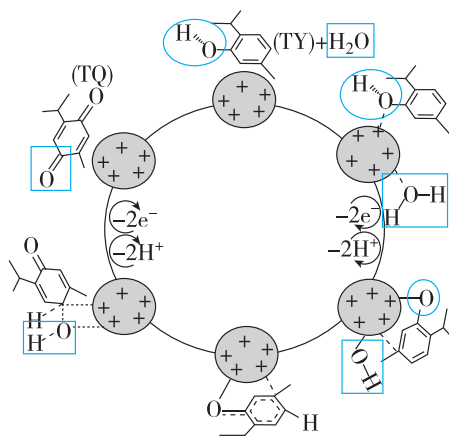
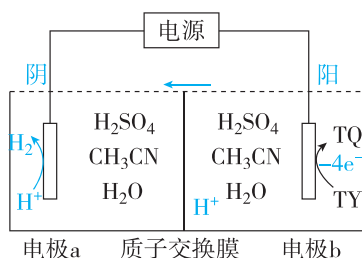
3. **【答案】** B

【精析】图甲为牺牲阳极法,牺牲阳极一般为较活泼金属,其作为原电池的负极,易失去电子被氧化;图乙为外加电流法,阳极材料为辅助阳极,其通常是惰性电极,本身不失去电子,电解质溶液中的阴离子在其表面失去电子,如海水中的  $\text{Cl}^-$ , A 不正确。图乙中,外加电压偏高时,钢闸门表面积累的电子很多,除了海水中的  $\text{H}^+$  放电外,海水中溶解的  $\text{O}_2$  也会竞争放电,故可发生反应  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ , B 正确。图乙为外加电流法,理论上只要能抵消钢闸门表面的腐蚀电流即可,当钢闸门表面的腐蚀电流为零时保护效果最好,腐蚀电流会随着环境的变化而变化,若外加电压保持恒定不变,则不能保证抵消腐蚀电流,不利于提高对钢闸门的防护效果, C 不正确。图甲、图乙中,当钢闸门表面的腐蚀电流为零时,说明从牺牲阳极或外加电源传递过来的电子阻止了反应  $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$  的发生,钢闸门不发生化学反应,但是牺牲阳极发生了氧化反应,辅助阳极上也发生了氧化反应, D 不正确。

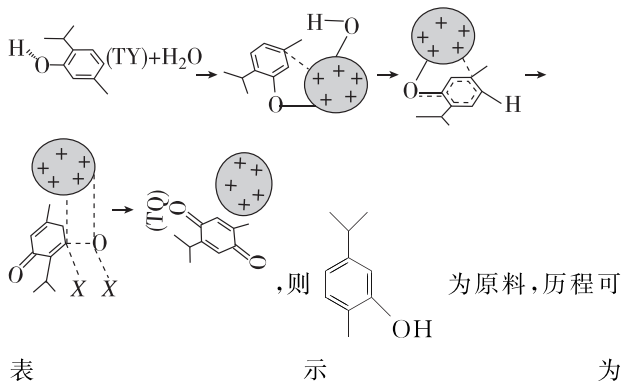
## 归纳总结 电化学保护法的选择及应用

4. **【答案】** D

### 「模型分析」



**【精析】**由反应历程, TY 转化为 TQ 失去电子被氧化, 则电极 b、电极 a 分别为阳极、阴极, 电解过程阳极产生的  $\text{H}^+$  通过质子交换膜从阳极向阴极移动, **A 正确**; 根据反应历程 b 电极反应为  $\text{TY} + \text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{TQ} + 4\text{H}^+$  a 极:  $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2$ , 故 **B 正确**; 原历程如图

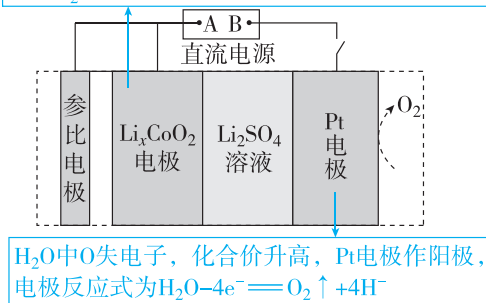


记则苯环上甲基邻位应为<sup>18</sup>O, **D 错误**。

5. 【答案】 B

### [模型分析]

$\text{Li}_x\text{CoO}_2$  转化为  $\text{LiCoO}_2$ , Co 的化合价降低,  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  电极作阴极, 电极反应式为  $\text{Li}_x\text{CoO}_2 + (1-x)\text{Li}^+ + (1-x)\text{e}^- = \text{LiCoO}_2$



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  $Li_xCoO_2 + (1-x)Li^+ + (1-x)e^- \rightleftharpoons LiCoO_2$ , **A 错误**; 产生标准状况下 5.6 L  $O_2$  与还原  $Li_xCoO_2$  为  $LiCoO_2$  转移电子的量分别为

$$\frac{5.6 \text{ L} \times 4}{(22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1})} \quad \frac{5.6 \text{ L} \times 4}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} (1-X)}$$

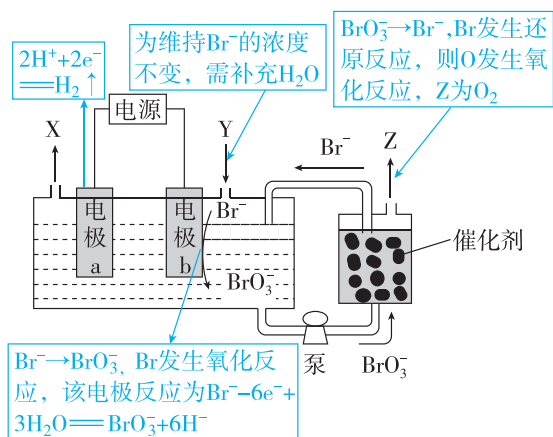
理论可转化  $\frac{1}{(1-x) \text{ mol}}$ , **B 正确**; 在锂化即电解过程中  $SO_4^{2-}$  向阳极 Pt 电极移动, **C 错误**。

## 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  $H_2O + 2e^- \rightleftharpoons H_2 + O^{2-}$ ; 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  $2O^{2-} - 4e^- \rightleftharpoons O_2$ 。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:  $2O^{2-} - 4e^- \rightleftharpoons O_2$ , **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  $Br^- - 6e^- + 3H_2O \rightleftharpoons BrO_3^- + 6H^+$ ; 则电极 a 为阴极, 电极 a 的电极反应为  $6H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 3H_2 \uparrow$ ; 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】 $Sn + 4CH_2 \rightleftharpoons CHCN + 4e^- + 4H^+ \rightleftharpoons$



**【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  $Sn + 4CH_2 \rightleftharpoons CHCN + 4e^- + 4H^+ \rightleftharpoons Sn(CH_2CH_2CN)_4$ 。

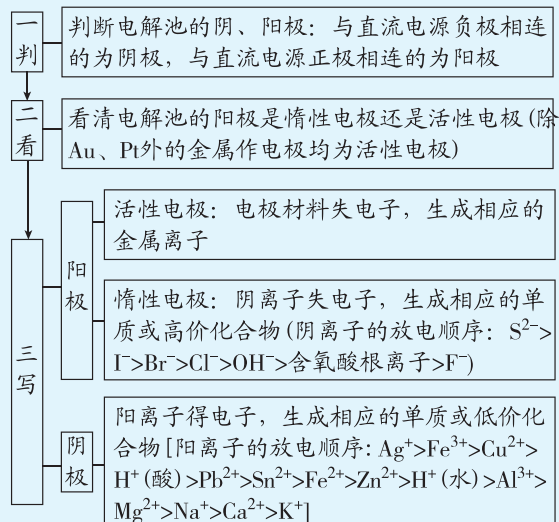
### 2. 【答案】 $CO_2 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons HCOOH$

**【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  $CO_2 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons HCOOH$ 。

### 3. 【答案】(1) 阳 (2) $CO_2 + 2NO_3^- + 18H^+ + 16e^- \rightleftharpoons CO(NH_2)_2 + 7H_2O$

**【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  $2NO_3^- + 16e^- + CO_2 + 18H^+ \rightleftharpoons CO(NH_2)_2 + 7H_2O$ 。

### 思维模型 电解池中电极产物的判断和电极反应的书写



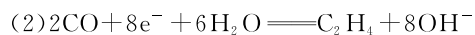
### 4. 【答案】(1) 从右往左



**【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  $2\text{NH}_3 - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

## 5. [答案] (1)正



**[精析]** (1)由图可知,电极 N 上 CO 转化为  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,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  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,电解液是碱性环境,电极反应为  $2\text{CO} + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 8\text{OH}^-$ 。

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

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

**[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  $\text{N}_2 - 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+$ 。

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

**[精析]** (1)电解在质子交换膜电解池中进行, $\text{H}^+$ 可自由通过,阳极区为酸性  $\text{CuCl}_2^-$  溶液,电解过程中  $\text{CuCl}_2^-$  转化为  $\text{CuCl}_4^{2-}$ ,电解时阳极发生的主要电极反应为  $\text{CuCl}_2^- + 2\text{Cl}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{CuCl}_4^{2-}$ , $\text{H}^+$ 移向阴极,阴极上  $\text{H}^+$ 放电产生  $\text{H}_2$ 。(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  $\text{O}_2$ ,由(1)中得知,进入热水解的物质有  $\text{CuCl}_4^{2-}$ ,故发生化合价变化的元素有 Cu、O。

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

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

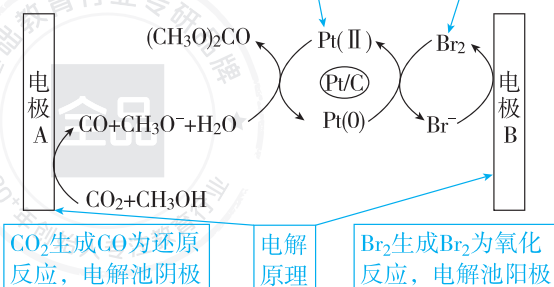


**[精析]** (1)电解池的阳极为 Pb,阳极上 Pb 失去电子发生氧化反应生成  $\text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$ ,电极反应式为  $\text{Pb} - 4\text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CH}_2^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$ 。(2)阴极  $\text{MgCl}^+$  得到电子发生还原反应生成镁单质: $\text{MgCl}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg} +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

$\text{Br}_2$ 生成 $\text{Br}^-$ 为还原反应,为电池正极

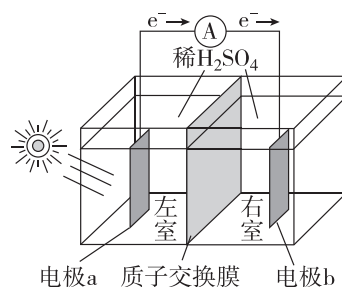


由电解原理图可知,A 极  $\text{CO}_2$  得到电子发生还原反应生成 CO 和  $\text{CH}_3\text{O}^-$ : $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{O}^- + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ ,CO 和  $\text{CH}_3\text{O}^-$ 再与 Pt(II)反应生成  $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}$  和 Pt(0);B 电极  $\text{Br}^-$ 失电子发生氧化反应生成  $\text{Br}_2$ : $2\text{Br}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Br}_2$ , $\text{Br}_2$ 与 Pt(0)反应重新得到 Pt(II)和  $\text{Br}^-$ ,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  $\text{H}_2\text{O}$ : $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{电解}} (\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 。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  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ;电极 b 上电子流入,发生还原反应,b 为正极,电极反应式为  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ 。

**[精析]** 根据分析,电极 a 为负极,发生氧化反应,电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,生成物有  $\text{O}_2$ ,A 正确;原电池中阳离子向正极移动,电极 b(正极)在右室,则  $\text{H}^+$ 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, $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中  $\text{H}_2\text{O}$  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。

## 总结提升

### 1. 离子交换膜的种类

|        |                                                      |
|--------|------------------------------------------------------|
| 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( $\text{H}^+$ ),且质子向阴极移动                       |
| 双极膜    | 水流经双极膜,解离产生 $\text{H}^+$ 和 $\text{OH}^-$ ,分别向阴极、阳极移动 |

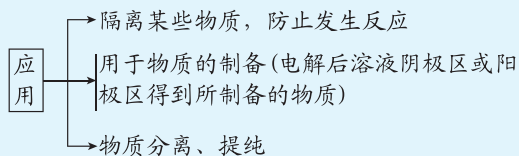


## 2. 离子交换膜的作用

(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。

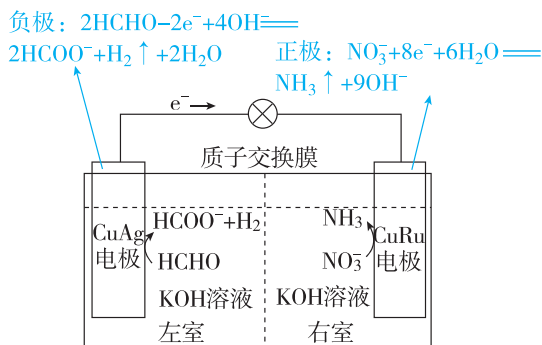
(2) 能选择性地通过离子,起到平衡电荷、形成闭合回路的作用。

## 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  $\text{HCOO}^-$  和  $\text{H}_2$ ,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, $\text{NO}_3^-$  得到电子生成  $\text{NH}_3$ ,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  $\text{HCOO}^-$  和  $\text{H}_2$ ,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, $\text{NO}_3^-$  得到电子生成  $\text{NH}_3$ ,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  $\text{H}^+$  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  $\text{OH}^-$ ,溶液 pH 减小,需补加 KOH,**D 错误**。

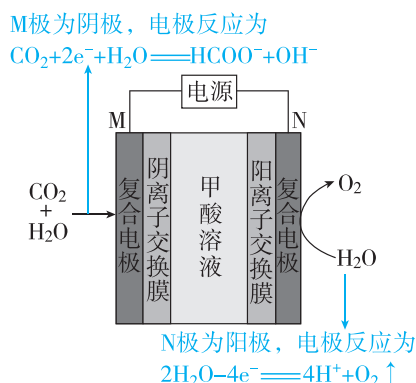
## 3. 【答案】D

**【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  $\text{OH}^-$ ,pH 下降,**A 正确**;阴极区生成了  $\text{OH}^-$ ,阳极区消耗了  $\text{OH}^-$ ,按照离子移动方向, $\text{OH}^-$  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  $\text{NO}_3^-$ ,转移 8 mol  $\text{e}^-$ ,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  $2\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = 2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 2\text{Cl}_2 \uparrow$ 。

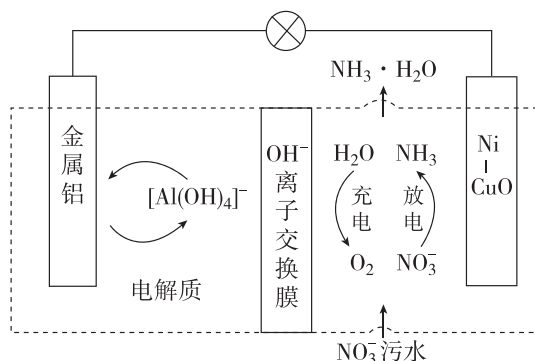
**【精析】** 放电过程中负极锂失去电子形成锂离子,锂离子通过阳离子交换膜进入左侧最后生成  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ ,**A 错误**;锂为活泼金属,会和水反应,故电解质溶液不能为水溶液,**B 错误**;由充放电的反应可知总反应为  $2\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = 2$



$(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 2\text{Cl}_2$ , 则理论上每生成 1 mol  $\text{Cl}_2$ , 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  $\text{Li}_3\text{N}$ ,  $\text{Li}_3\text{N}$  又转化为  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$  和  $\text{LiCl}$ , 负极锂失去电子发生氧化反应生成锂离子, 总反应为  $6\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} \rightleftharpoons 2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 4\text{LiCl}$ , **D 正确**。

## 6. 【答案】A

### 【原理分析】



$\text{Al} - 3\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$   $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + 9\text{OH}^-$   
放电时, 负极铝失去电子和  $\text{OH}^-$  结合生成四羟基合铝酸根,  $\text{Al} - 3\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ , 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  $\text{NO}_3^-$  逐步还原为  $\text{NH}_3$ , 正极区发生反应为  $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + 9\text{OH}^-$  (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:  $\text{Al} - 3\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ , 当转移 3 mol 电子时, 消耗 4 mol  $\text{OH}^-$ , 同时正极区会有 3 mol  $\text{OH}^-$  通过  $\text{OH}^-$  离子交换膜进行补充,  $\text{OH}^-$  净消耗 1 mol, 则负极区游离的  $\text{OH}^-$  数目会减少, **故 A 错误**; 氢原子将吸附在电催化剂表面的  $\text{NO}_3^-$  逐步还原为  $\text{NH}_3$ , 还原 1.0 mol  $\text{NO}_3^-$  为  $\text{NH}_3$ , 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,  $\text{OH}^-$  从阴极区穿过  $\text{OH}^-$  离子交换膜进入阳极区, **故 C 正确**; 充电时, 阴极反应式为  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$ , 阳极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ , 总反应为  $4[\text{Al}(\text{OH})_4]^- \rightleftharpoons 4\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^- + 3\text{O}_2 \uparrow$ , **故 D 正确**。

## 7. 【答案】C

**【原理分析】** 由图中  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$  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:  $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 阴极发生的反应为:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ , III 室中  $\text{NaCl}$  浓度降低了, 说明  $\text{Na}^+$  往阴极方向移动,  $\text{Cl}^-$  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  $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , **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  $\text{NaOH}$ , 则转移 1 mol 电子, 有 1 mol 氢离子移动到 II 室中, 生成 1 mol  $\text{B}(\text{OH})_3$ , **D 正确**。

## 8. 【答案】B

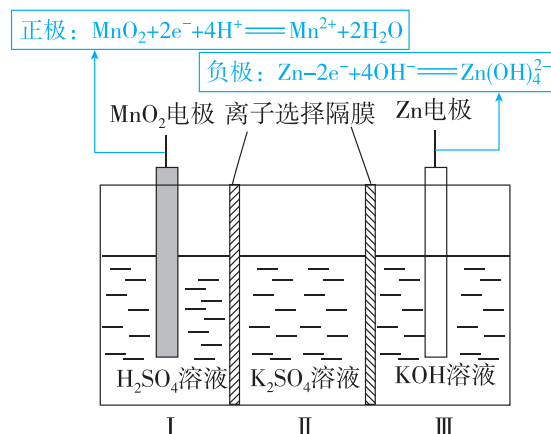
**【原理分析】** 在  $\text{KOH}$  溶液中  $\text{HCHO}$  转化为  $\text{HOCH}_2\text{O}^-$ :  $\text{HCHO} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HOCH}_2\text{O}^-$ , 存在平衡  $\text{HOCH}_2\text{O}^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{OCH}_2\text{O}]^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ , Cu 电极上发生的电子转移反应为  $[\text{OCH}_2\text{O}]^{2-} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H} \cdot$ ,  $\text{H} \cdot$  结合成  $\text{H}_2$ , Cu 电极为阳极; PbCu 电极为阴极, 首先  $\text{HOOC}-\text{COOH}$  在 Pb 上发生得电子的还原反应转化为  $\text{OHC}-\text{COOH}$ :  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{OHC}-\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OHC}-\text{COOH}$  与  $\text{HO}-\text{N}^+\text{H}_3$  反应生成  $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{N}-\text{OH}$ :  $\text{OHC}-\text{COOH} + \text{HO}-\text{N}^+\text{H}_3 \rightarrow \text{HOOC}-\text{CH}=\text{N}-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ ,  $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{N}-\text{OH}$  发生得电子的还原反应转化成  $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH}$ :  $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{N}-\text{OH} + 4\text{e}^- + 5\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ 。

**【精析】** 由上述分析可知, 阳极总反应为  $2\text{HCHO} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{HCOO}^- + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 转移 2 mol 电子消耗 4 mol  $\text{OH}^-$ , 从双极膜中只能产生 2 mol  $\text{OH}^-$ , 故阳极区  $c(\text{OH}^-)$  减小, **A、C 项正确**; 阴极区的总反应为  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{HO}-\text{N}^+\text{H}_3 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + 3\text{H}_2\text{O}$ , 故理论上生成 1 mol  $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH}$  双极膜中有 6 mol  $\text{H}_2\text{O}$  解离, **B 项错误**; 阴极区的 Pb 上发生反应  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{OHC}-\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ , **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】



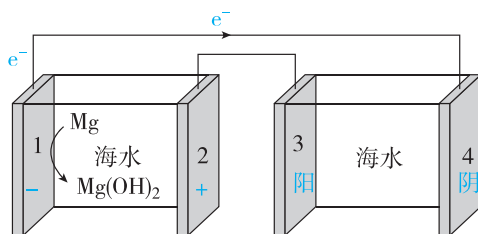
根据图示和题目所给信息可知, III 区 Zn 为电池的负

极,电极反应为  $\text{Zn}-2\text{e}^{-}+4\text{OH}^{-}\rightleftharpoons\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ , I 区  $\text{MnO}_2$  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  $\text{H}^{+}$ ,生成  $\text{Mn}^{2+}$ ,阴离子  $\text{SO}_4^{2-}$  过量, I 区的  $\text{SO}_4^{2-}$  向 II 区移动, III 区消耗  $\text{OH}^{-}$ ,生成  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ , III 区的  $\text{K}^{+}$  向 II 区移动。

**【精析】** 根据分析, III 区的  $\text{K}^{+}$  通过隔膜向 II 区移动, **A 错误**;根据分析, I 区的  $\text{SO}_4^{2-}$  通过隔膜向 II 区移动, **B 正确**;  $\text{MnO}_2$  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:  $4\text{OH}^{-}-4\text{e}^{-}\rightleftharpoons2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2\uparrow$  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  $\text{Mg}$  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  $4\text{OH}^{-}-4\text{e}^{-}\rightleftharpoons2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2\uparrow$ , **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  $\text{H}_2$ , **D 错误**。

## 3. 【答案】B

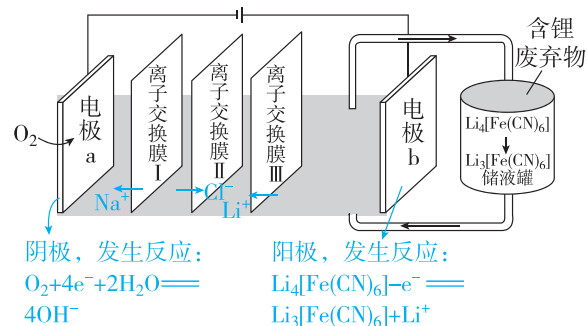
**【原理分析】** 由题干信息“通过具有‘卯榫’结构的双极膜组装电解池, 可实现大电流催化电解  $\text{KNO}_3$  溶液制氨”可知, 在电极 a 处  $\text{KNO}_3$  放电生成  $\text{NH}_3$ , 发生还原反应, 故电极 a 为阴极, 电极方程式为  $\text{NO}_3^{-}+8\text{e}^{-}+9\text{H}^{+}\rightleftharpoons\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}+2\text{H}_2\text{O}$ , 电极 b 为阳极, 电极方程式为  $4\text{OH}^{-}-4\text{e}^{-}\rightleftharpoons\text{O}_2\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$ , “卯榫”结构的双极膜中的  $\text{H}^{+}$  移向电极 a,  $\text{OH}^{-}$  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  $\text{e}^{-}$ , 同时双极膜处有 8 mol  $\text{H}^{+}$  进入阴极室, 即有 8 mol 的  $\text{H}_2\text{O}$  解离, 故 **B 错误**; 电解过程中, 阳极室每消耗 4 mol  $\text{OH}^{-}$ , 同时有 4 mol  $\text{OH}^{-}$  通过双极膜进入阳极

室,  $\text{KOH}$  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  $\text{H}_2\text{O}$  被催化解离成  $\text{H}^{+}$  和  $\text{OH}^{-}$ , 可提高氨生成速率, 故 **D 正确**。

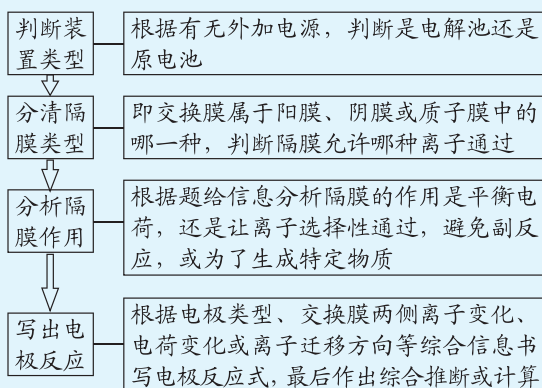
## 4. 【答案】D

**【模型分析】**



**【精析】** 由图可知, 左侧为阴极, 电极反应式为  $\text{O}_2+4\text{e}^{-}+2\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons4\text{OH}^{-}$ , 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  $\text{LiCl}$ , 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  $\text{O}_2+4\text{e}^{-}+2\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons4\text{OH}^{-}$ , 生成  $\text{OH}^{-}$  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  $\text{NaCl}$ , 转移电子数为 1 mol, 有 1 mol  $\text{Li}^{+}$  和 1 mol  $\text{Cl}^{-}$  分别透过膜 III、膜 II, 可得到 1 mol  $\text{LiCl}$ , **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  $\text{CO}_2$  气体, $\text{Co}^{2+}$  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  $\text{H}^+$ )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  $\text{LiCoO}_2$  得到电子,被还原为  $\text{Co}^{2+}$ ,同时得到  $\text{Li}^+$ ,其中的 O 与溶液中的  $\text{H}^+$  结合成  $\text{H}_2\text{O}$ ,电解质溶液为酸性,不可能大量存在  $\text{OH}^-$ ,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  $\text{H}^+$ ,转移 1 mol  $\text{e}^-$ ,只能向乙室转移 1 mol  $\text{H}^+$ ,而乙室电极反应消耗 4 mol  $\text{H}^+$ ,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  $\text{Co}^{2+}$  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  $\text{Co}^{2+}$  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

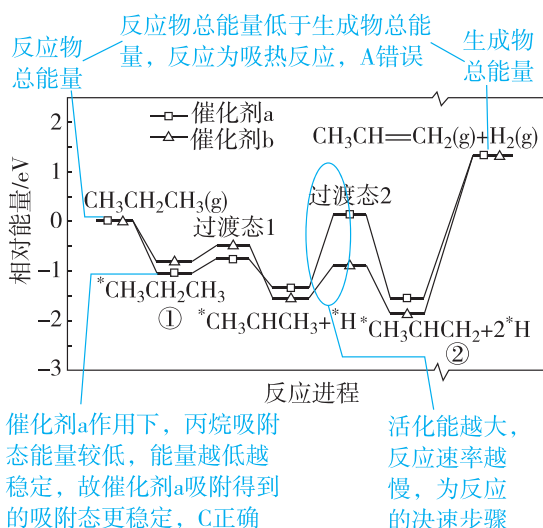
**【精析】** 由图可知,左侧电极发生反应  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} - \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ,则左侧为阳极,右侧电极反应为  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ,则右侧电极为阴极,据此解答。由分析可知,阴极反应为  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ,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】



**【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

**选择夯基练1** 1.C 2.A 3.B 4.B 5.A 6.C 7.B 8.D 9.C 10.A P167-168  
11.A 12.D 13.D 14.A 15.D

**选择夯基练2** 1.B 2.A 3.D 4.C 5.C 6.D 7.D 8.D 9.D 10.C P168-170  
11.C 12.D 13.C 14.C 15.A 16.B

**选择夯基练3** 1.D 2.A 3.D 4.A 5.B 6.B 7.D 8.D 9.B 10.A P170-171  
11.D 12.A 13.B 14.A

**选择夯基练4** 5.D 6.B 7.B 8.C 9.B 10.A 11.A P171-174

**选择提升练5** 1.D 2.A 3.C 4.D 5.B 6.C 7.B 8.D 9.A 10.C P174-176  
11.D 12.B 13.A 14.D 15.A

**选择提升练6** 1.B 2.B 3.A 4.B 5.C 6.C 7.C 8.C 9.B 10.D P176-177  
11.A

## 专题二

**选择夯基练8** 6.A 7.A P179-182

**选择夯基练10** 1.D 2.C 3.B 4.C 5.C 6.C 7.B 8.C 9.B 10.A P184-186  
11.C 12.D 13.A

**选择突破练11** 1.D 2.D 3.B 4.D 5.A 6.A 7.B 8.D 9.D 10.D P186-190  
11.B 12.D 13.A 14.C

**选择突破练12** 1.B 2.A 3.D 4.D 5.A 6.A 7.D 8.C 9.A 10.D P190-192  
11.A

## 专题三

**选择提升练13** 1.A 2.A 3.A 4.A 5.D 6.A 7.B 8.D 9.A 10.C P192-195  
11.A 12.B 13.B 14.D

**选择提升练14** 1.D 2.A 3.C 4.B 5.A 6.B 7.D 8.C 9.D 10.D P195-198  
11.B 12.D 13.C 14.C

**选择提升练15** 1.B 2.A 3.C 4.B 5.B 6.C 7.D 8.C P199-200

**选择夯基练19** 1.C 2.A 3.A 4.B 5.A 6.C 7.C 8.A 9.C 10.B P206-208  
11.B 12.B 13.C

**选择夯基练20** 1.A 2.A 3.C 4.B 5.D 6.D 7.D 8.D 9.B 10.B P208-209  
11.A 12.D

## 专题四

**选择夯基练21** 1.B 2.A 3.A 4.B 5.B 6.B 7.B 8.A 9.D 10.D P210-211  
11.D 12.B 13.A 14.B 15.A 16.A 17.B

**选择提升练22** 1.C 2.B 3.B 4.D 5.D 6.C 7.A 8.C 9.B P211-213



## 专题五

选择提升练25 1.C 2.B 3.B 4.C 5.B 6.D 7.C 8.C P217-219

选择夯基练27 1.C 2.D 3.C 4.C 5.C 6.C 7.D 8.D 9.C P220-222

选择突破练29 1.D 2.D 3.B 4.D 5.B 6.B 7.B P223-225

选择突破练31 1.A 2.B 3.D 4.D 5.D 6.A 7.C 8.B P226-228

选择突破练32 1.A 2.D 3.B 4.D 5.BD 6.BD 7.B P228-230

选择提升练33 1.C 2.D 3.D 4.C 5.C 6.AD 7.B P230-231

## 专题六

选择提升练34 1.B 2.C 3.D 4.B 5.B 6.B 7.B 8.D 9.B 10.C P232-233

11.D

选择提升练36 1.D 2.C 3.A 4.C 5.D 6.D 7.A 8.C 9.CD P235-237

选择突破练43 1.D 2.D 3.D 4.C 5.C 6.D 7.D 8.C 9.C P249-252

## 专题七

选择突破练44 1.C 2.C 3.C 4.D 5.CD 6.B 7.D 8.D P252-255

选择突破练45 1.C 2.B 3.A 4.D 5.B 6.B 7.D 8.C 9.D P255-258

选择夯基练51 1.D 2.B 3.B 4.B 5.C 6.D 7.D 8.B 9.D 10.C P267-269

11.D

## 专题八

选择提升练52 1.C 2.D 3.D 4.D 5.CD 6.A 7.C 8.A 9.C 10.B P269-272

11.A

选择提升练53 1.A 2.D 3.A 4.C 5.B 6.B 7.A 8.B 9.A 10.A P272-274

选择提升练54 1.D 2.D 3.C 4.B 5.B 6.B 7.C P274-276

选择夯基练61 1.C 2.B 3.B 4.D 5.B 6.A 7.D 8.D 9.B 10.C P294-297

11.AD

## 专题九

选择突破练62 1.C 2.B 3.C 4.B 5.C 6.D 7.C 8.C P297-299

选择突破练63 1.A 2.A 3.C 4.D 5.C 6.D 7.C 8.B 9.A 10.B P299-300

选择突破练64 1.D 2.C 3.A 4.D 5.D 6.D 7.D 8.C 9.B 10.D P300-303

11.B