

第六章 化学反应与电能

第1节 原电池

刷基础

1. C 考查点 ▶ 各类化学电源的工作原理及相关计算

【解析】甲中锌较铜活泼，则锌为负极，铜为正极，锌失去电子生成锌离子，锌离子向铜电极方向移动，氢离子在铜电极得到电子生成氢气，故铜电极附近溶液中 H^+ 浓度减小，A 正确；乙中锌较活泼，故锌为负极，氧化银为正极，溶液为碱性，所以正极的电极反应为氧化银得到电子生成银单质和氢氧根离子，即 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$ ，B 正确；丙中锌较活泼，故锌为负极，

关键点

锌失去电子发生氧化反应，锌筒会变薄，但是电子不会进入内电路，C 错误；电池放电过程中，铅和二氧化铅都会发生反应生成硫酸铅，铅为负极，铅转化为硫酸铅，质量增加，D 正确。

2. C 考查点 ▶ 原电池工作原理分析，涉及离子移动方向、电极反应式的书写

信息梳理

原电池工作原理

电极	物质转化	分析
电极 1	$\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	得电子的还原反应，为正极
电极 2	$\text{H}_2 \rightarrow \text{H}^+$	失电子的氧化反应，为负极

【解析】根据信息梳理可知，电极 2 为负极，A 正确；原电池工作时，阳离子向正极移动，即氢离子从右侧通过质子膜移向左侧，B 正确；该装置为原电池，工作时将化学能转化为电能，C 错误； CO_2 在电极 1 上得到电子转化为乙醇，电极反应式为 $2\text{CO}_2 + 12\text{e}^- + 12\text{H}^+ \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$ ，D 正确。

考点拓展

以该原电池命题，还可以从其他角度进行问题设置，如：①采用固体电解质，易于物质的分离；②质子膜只通过 H^+ ，且通过的质子数与电路中转移的电子数相同；③若将 CO_2 换成 CO 参与电极反应，则正极产物中 H_2O 的量会减少。

3. A 考查点 ▶ 二次电池的工作原理、涉及电极反应、电化学计算

信息梳理

二次电池的工作原理

充电时

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

放电时

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

【解析】电解质溶液碱性过强,不利于正极反应进行,A 正确;由信息梳理可知,充电时,会发生反应 $\text{ZnMn}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\text{充电}} \text{Zn} + 2\text{MnO}_2$,B 错误;放电时, MnO_2 电极上 MnO_2 得到电子生成 MnOOH 、 ZnMn_2O_4 ,电极反应式为 $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \xrightarrow{\text{放电}} \text{MnOOH} + \text{OH}^-$ 、 $2\text{MnO}_2 + \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \xrightarrow{\text{放电}} \text{ZnMn}_2\text{O}_4$, $c(\text{OH}^-)$ 增大,溶液 pH 增大,C 错误;放电时,Zn 电极质量减少 0.65 g, $n(\text{Zn}) = 0.01 \text{ mol}$,失去 0.020 mol 电子, MnO_2 得到电子同时生成 MnOOH 、 ZnMn_2O_4 ,则生成 MnOOH 的物质的量小于 0.020 mol,D 错误。

4. B 考查点 ▶ 原电池装置分析

【解析】该装置是原电池,两步都是将化学能转变为电能,A 错误;电流计 G 的指针向右偏转时, C_1 电极是负极,电极反应式为 $2\text{I}^- - 2\text{e}^- \xrightarrow{\text{放电}} \text{I}_2$,正极上 AsO_4^{3-} 转化为 AsO_3^{3-} ,B 正确;电流计 G 的指针向左偏转时, C_2 电极是负极,电极反应式为 $\text{AsO}_3^{3-} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{放电}} \text{AsO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O}$,C 错误;根据以上分析可知,在酸性溶液中 AsO_4^{3-} 的氧化性大于中性溶液中的 I_2 ,在碱性溶液中 AsO_4^{3-} 的氧化性小于中性溶液中的 I_2 ,D 错误。

刷提分

1. B 考查点 ▶ 锂电池的工作原理分析,涉及离子交换膜的判断、电极反应、电子流向、电解质的选择

思路分析

根据电池总反应 $x\text{Li} + \text{CF}_x \xrightarrow{\text{放电}} x\text{LiF} + \text{C}$ 可知,放电时,锂作负极,电极反应式为 $x\text{Li} - x\text{e}^- \xrightarrow{\text{放电}} x\text{Li}^+$,石墨棒作正极,电极反应式为 $\text{CF}_x + x\text{e}^- + x\text{Li}^+ \xrightarrow{\text{放电}} x\text{LiF} + \text{C}$,锂离子从负极移向正极,电子从负极经导线移向正极。

【解析】锂离子需要从负极移向正极,则交换膜为阳离子交换膜,A 错误;正极的电极反应式为 $\text{CF}_x + x\text{e}^- + x\text{Li}^+ \xrightarrow{\text{放电}} x\text{LiF} + \text{C}$,B 正确;乙醇和锂会发生反应,消耗锂,产生氢气,造成电极的损耗和危险,故不能使用 LiClO_4 的乙醇溶液代替 LiClO_4 的乙二醇二甲醚溶液,C 错误;原电池中,电子从负极经导线流向正极,不能经过电解质溶液,D 错误。

关键点

2. C 考查点 ▶ 原电池的工作原理,涉及交换膜的选择、电化学计算、反应条件的选择

【解析】a 极上 CH_3COO^- 转化为 CO_2 和 H^+ ,C 元素被氧化,所以 a 极为原电池的负极,发生氧化反应,A 错误;为了实现海水的淡化,模拟海水中的 Na^+ 和 Cl^- 需要移向两极,根据“正正负负”

关键点

判断, Cl^- 移向负极(a 极), Na^+ 移向正极(b 极),隔膜 1 为阴离子交换膜,B 错误;a 极为负极, CH_3COO^- 失电子被氧化为 CO_2 ,电极反应式为 $\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$,b 极为正极,水溶液呈酸性,所以 H^+ 得电子产生 H_2 ,电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \xrightarrow{\text{放电}} \text{H}_2 \uparrow$,所以当电路中通过 8 mol 电子时,正极产生 4 mol H_2 ,负极产生 2 mol CO_2 ,则正、负极产生气体的物质的量之比为 4:2=2:1,C 正确;工作温度高,微生物可能会失活,海水淡化效果差,D 错误。

快解

电化学计算时,可以通过化合价变化情况找出气体与转移电子的物质的量的关系,负极 CO_2 (C 升 4 价) $\sim 4\text{e}^- \sim$ 正极 2H_2 (H 降 1 价),不必书写电极反应式,直接得出结论。

3. A 考查点 ▶ 微型原电池、电极产物的判断、电极反应式、电池的计算

思路分析

由题意可知,铁屑为原电池的负极,Fe 失去电子发生氧化反应生成 Fe^{2+} ,碳粉为正极,酸性条件下,通入的氧气在正极得到电子发生还原反应生成 H_2O_2 , H_2O_2 与废水中的 HCOOH 反应生成 CO_2 和水。

【解析】由思路分析可知,碳粉为正极,酸性条件下,通入的氧气在正极得到电子发生还原反应生成 H_2O_2 ,A 错误;若不通入氧气,则废水中的 HCOOH 电离出的氢离子能在正极得到电子发生还原反应生成 H_2 ,B 正确;正极生成的 H_2O_2 与废水中的 HCOOH

关键点

反应生成 CO_2 和水,反应的化学方程式为 $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,C 正确;由正极反应式 $\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2$ 可知,转移 2 mol 电子时生成 1 mol H_2O_2 ,由反应 $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 可知此时消耗 1 mol HCOOH ,质量为 46 g,D 正确。

4. D 考查点 ▶ 电子流向、电极反应式书写、电化学相关计算

【解析】电池工作时,会有一部分化学能转化为热能,因此化学能不会全部转化为电能,A 错误;在 a 电极上 $\text{O}_2 \rightarrow \text{OH}^-$,发生还原反应,a 电极为原电池的正极,所以 b 电极为原电池的负极,电池工作时,电子由负极 b 电极沿导线流向正极 a 电极,B 错误;在 a 电极上 O_2 得到电子被还原为 OH^- ,故 a 电极的电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{OH}^-$,C 错误;葡萄糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 被氧化变为葡萄糖酸 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$,每有 1 mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ 生成,转移 2 mol 电子(有机物发生氧化还原反应时,得一氧,总碳的化合价升高 2),则

关键点

转移的电子数约为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$,D 正确。

5. D 考查点 ▶ 原电池工作原理,涉及电极反应式、pH 变化、离子交换膜的判断

思路分析

a 极上 CN^- 转化为 CO_3^{2-} 和 N_2 ,即 CN^- 失电子发生氧化反应 $2\text{CN}^- - 10\text{e}^- + 12\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{CO}_3^{2-} + \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$,a 极为负极;b 极为正极, H^+ 得电子,发生还原反应 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 。

【解析】由思路分析可知,a 极电极反应式: $2\text{CN}^- - 10\text{e}^- + 12\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{CO}_3^{2-} + \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$,A 错误;由思路分析可知,b 极为正极,电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 \uparrow$,消耗氢离子,则右室溶液的 pH 增大,B 错误;由思路分析可知,a 极反应消耗大量 OH^- ,为平衡电荷且淡化海水,氯离子通过交换膜 I 进入左室,则交换膜 I 为阴离子交换膜,b 电极反应消耗 H^+ ,生成 H_2 ,为平衡电荷且淡化海水,钠离子通过交换膜 II 进入右室,则交换膜 II 为阳离子交换膜,C 错误;26 g CN^- 的物质的量为 1 mol,根据思路分析可知,消耗 1 mol CN^- 时转移 5 mol 电子,根据电荷守恒可知,同时除去 5 mol NaCl ,其质量为 292.5 g,D 正确。

6. D 考查点 ▶ 原电池原理的应用,涉及电极的判断、电极反应和电化学计算

【解析】由题图知,该装置属于原电池,氨气在惰性电极 M 上发

生失电子的氧化反应生成 N_2 , 惰性电极 M 为负极, 惰性电极 N 为正极, A 错误; 该治理过程有硝化细菌的参与, 硝化细菌在高温下可能失活, B 错误; NO_3^- 在惰性电极 N (正极) 上得电子而被还原为 N_2 , 电极反应式为 $2NO_3^- + 10e^- + 12H^+ \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 6H_2O$, C 错误; NH_3 在惰性电极 M (负极) 上失电子而被氧化为 N_2 , 电极反应式为 $2NH_3 - 6e^- \rightleftharpoons N_2 + 6H^+$, 结合正、负极电极反应式可知, 当转移 $30 \text{ mol } e^-$ 时, 该装置中共生成 $(5+3) \text{ mol} = 8 \text{ mol } N_2$, 通过质子交换膜的 H^+ 为 30 mol , 则每生成 $1 \text{ mol } N_2$, 通过质子交换膜的 H^+ 为 $\frac{30}{8} \text{ mol} = 3.75 \text{ mol}$, D 正确。

易错警示

本题正、负极的产物均为 N_2 , 故在计算产生 N_2 的物质的量与电路中通过的电子的物质的量或迁移的离子的物质的量时, 要同时考虑正、负极的电极反应。

7. (1) ① $2NH_3 - 6e^- + 6OH^- \rightleftharpoons N_2 + 6H_2O$ ② 1.6

(2) ① H_2S 和 I_3^- 发生氧化还原反应生成 S_2 、碘离子及氢离子

② 光电催化法脱除 H_2S 耗能低, 还能持续发电; 溶液中 I^- 可循环利用, 正极生成的 H_2O_2 可回收利用

突破点 ▶ 电极反应式的书写及相关计算、电极类型的判断、电池工作原理分析

【解析】 (1) ① 氨燃料电池工作时, 通入 NH_3 的电极为负极, NH_3 在负极上发生失电子的氧化反应产生 N_2 , 则负极的电极反应式为 $2NH_3 - 6e^- + 6OH^- \rightleftharpoons N_2 + 6H_2O$ 。② 电解时 NO 在阴极上发生得电子的还原反应生成 NH_4^+ , 阴极的电极反应式为 $NO + 5e^- + 6H^+ \rightleftharpoons NH_4^+ + H_2O$, NO 在阳极上发生失电子的氧化反应生成 NO_3^- , 阳极的电极反应式为 $NO - 3e^- + 2H_2O \rightleftharpoons NO_3^- + 4H^+$, 总反应为 $8NO + 7H_2O \xrightarrow{\text{电解}} 3NH_4NO_3 + 2HNO_3$, 反应过程中转移 15 mol 电子, 除产生 $3 \text{ mol } NH_4NO_3$ 外, 同时还产生 $2 \text{ mol } HNO_3$, 要使电解产物全部转化为 NH_4NO_3 , 还需补充 $2 \text{ mol } NH_3$, 将反应产生的 HNO_3 转化为 NH_4NO_3 , 故若电解过程中共转移了 $12 \text{ mol } e^-$, 则需补充 $1.6 \text{ mol } NH_3$ 。

8. D **创新点** ▶ 电化学与反应机理结合分析

【解析】 总反应方程式: $CO_2(g) + 4H_2(g) \xrightarrow{Pt} CH_4(g) + 2H_2O(g)$, 其平衡常数表达式为 $K = \frac{c(CH_4) \cdot c^2(H_2O)}{c(CO_2) \cdot c^4(H_2)}$, A 错误; 由题图可知, CO_2 在正极得到电子生成 *CO , 根据电荷守恒和原子守恒可知, 电极反应式为 $2H^+ + CO_2 + 2e^- \rightleftharpoons ^*CO + H_2O$, B 错误; 催化剂表面能吸附的粒子数量有限, 气体中 CO_2 的浓度越高, 甲烷的生成速率不一定越大, C 错误; CO_2 在电极上先转化为 *CO 吸附在电极表面, 随后生成甲烷, 反应方程式为 $^*CO + 6H \rightleftharpoons CH_4 + H_2O$, D 正确。

第2节 电解池

刷基础

1. D **考查点** ▶ 电解法制备 Na_2FeO_4

【解析】 电解法制备 Na_2FeO_4 , 铁元素化合价由 0 升高为 +6, 铁失电子, 则铁电极作阳极, 铂电极作阴极。该装置为电解池, 电解时将电能转化成化学能, A 错误; 根据分析可知, 铂电极为阴极,

与直流电源的负极相连, B 错误; 阴极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, 转移 2 mol 电子时, 生成 1 mol 氢气, 则标准状况下, 生成氢气的体积为 22.4 L, C 错误; 铁电极作阳极, 电极反应式为 $\text{Fe} - 6\text{e}^- + 8\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{FeO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

2. B 考查点 ▶ 电解装置及电解原理分析

思路分析

电解时, CH_3OH 在阳极上失电子转化为 HCHO , 电极反应式为 $\text{CH}_3\text{OH} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{HCHO} + 2\text{H}^+$; Fe^{3+} 在阴极上得电子转化成 Fe^{2+} , 电极反应式为 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ 。

【解析】由思路分析可知 Fe^{3+} 在阴极放电生成 Fe^{2+} , A 正确; 电解液中的甲醇具有还原性, 也会使 KMnO_4 溶液褪色, 因此不能用 KMnO_4 溶液检验 Fe^{2+} 的生成, B 错误; 根据电极反应式可知每生成 1 mol HCHO , 转移 2 mol 电子, 即转移电子数约为 1.204×10^{24} , C 正确; Fe^{2+} 易被氧化, 生成的 HCHO 具有还原性, 能防止 Fe^{2+} 被氧化, D 正确。

3. B 考查点 ▶ 电解原理的应用, 涉及电极的判断、电极反应、电解质溶液浓度变化及电化学计算

【解析】电解时, H_2O 在电极 b 上转化为 O_2 , 发生氧化反应, 电极反应: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 电极 b 为阳极, 与电源的正极相连, A 正确; 电极 a 上 $\text{HSO}_3^- \rightarrow \text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, S 的化合价降低, 发生还原反应, 则电极 a 为阴极, 电极反应为 $2\text{HSO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$, B 错误; 电极 b 上发生电极反应: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, H^+ 通过质子交换膜移向阴极(离子移动方向的判断口诀为 **关键点** “阴阳相吸”), 即电解一段时间后, 阳极区水减少, 则 Na_2SO_4 的浓度增大, C 正确; 吸收塔中 NO 和 $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ 反应, 生成 N_2 和 HSO_3^- , 反应的离子方程式为 $2\text{NO} + 2\text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2 + 4\text{HSO}_3^-$, 每处理标准状况下 11.2 L (即 0.5 mol) NO , 消耗 0.5 mol $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, 根据电极 a 的电极反应 $2\text{HSO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$, 生成 0.5 mol $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, 转移 1 mol 电子, 电路中通过的电子数与交换膜中通过的 H^+ 数相等, 则理论上有 1 mol H^+ 通过质子交换膜, D 正确。

快解

直接根据得失电子守恒, 可以得出处理标准状况下 11.2 L NO 得到的电子数与电路中转移的电子数相等。

4. B 考查点 ▶ 电解原理、电解质溶液 pH 变化

思路分析

根据电解装置图可知, 左侧电极上 NO_3^- 转化为 NH_4^+ , N 元素化合价由 +5 降低到 -3, 发生还原反应, 为阴极, 与电源负极相连, 电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 10\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$, 右侧电极为阳极, 与电源正极相连, 发生氧化反应, 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ 。

【解析】由思路分析可知, 左侧电极为阴极, 则 P 连接外接电源的负极, A 正确; 由思路分析可知, 当有 1 mol NO_3^- 被还原时, 左侧消耗氢离子 10 mol, 同时有 8 mol 氢离子移向左侧, 因此左室溶液的酸性减弱, pH 增大, B 错误; 由思路分析可知, A 为氧气, 工

业上可用氨的催化氧化等流程制备硝酸,C 正确;氢离子通过质子交换膜移向阴极,根据反应式,有关系为 $\text{NO}_3^- \sim 8\text{e}^-$,则理论上每转化 1 mol NO_3^- 时,有 8 mol H^+ 通过质子交换膜,D 正确。

5. A 考查点 ▶ 电解原理的应用,涉及溶液 pH 变化、电极反应、电化学计算

信息梳理

电解装置的原理

电极	物质转化	结论
左侧 铂电极	$\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, 发生氧化反应	阳极反应式为 $2\text{Cr}^{3+} - 6\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$
右侧 铂电极	$\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$, 发生还原反应	阴极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$

间接氧化反应有 $3\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 16\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + 4\text{Cr}^{3+} + 11\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 2\text{Cr}^{3+} + 5\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】阴极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$, 电路中每通过 1 mol e^- ,

关键点

消耗 1 mol H^+ , 同时有 1 mol H^+ 通过质子交换膜由阳极区进入阴极区, 所以电解结束后, 阴极区溶液 pH 不变, A 正确; 左侧铂电

极为阳极, 电极反应式为 $2\text{Cr}^{3+} - 6\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$,

B 错误; 甲苯 \rightarrow 苯甲醛: 失 2 个 H, 得 1 个 O, 侧链碳化合价升高 4

关键点

价, 甲苯 \rightarrow 苯甲酸: 失 2 个 H, 得 2 个 O, 侧链碳化合价升高 6 价,

关键点

1.5 mol 甲苯氧化为 0.75 mol 苯甲醛和 0.75 mol 苯甲酸时, 共失去电子 $0.75 \text{ mol} \times 4 + 0.75 \text{ mol} \times 6 = 7.5 \text{ mol}$, 由得失电子守恒可知,

消耗 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的物质的量为 $\frac{7.5 \text{ mol}}{6} = 1.25 \text{ mol}$, C 错误; 甲苯、苯甲

醛、苯甲酸互溶, 不可以通过分液的方法分离, D 错误。

刷提分

1. D 考查点 ▶ 电极反应式、离子交换膜

思路分析

电解池中, Na^+ 向左侧移动, 说明左侧是阴极,

阴极上水得电子生成氢气和氢氧根离子, 随着电解进行, 氢氧根离子浓度增大, B 口出来的是浓 NaOH 溶液; SO_3^{2-} 向右侧移动, 说明右侧为阳极, 阳极上亚硫酸失电子生成硫酸根离子, C 口出来的是浓度较大的硫酸。

【解析】由思路分析可知, 左侧为阴极, a 电极连接电源负极, A 正确; 通入稀 NaOH 溶液可增强溶液的导电性, B 正确; b 电极上亚硫酸发生氧化反应, 电极反应式为 $\text{H}_2\text{SO}_3 - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, C 正确; 当电路中转移 2 mol 电子时, 1 mol SO_3^{2-} 通过阴离子交换膜进入阳极室, 2 mol Na^+ 经过阳离子交换膜进入阴极室, 共有 3 mol 离子通过离子交换膜, D 错误。

2. B 考查点 ▶ 电解原理的应用、电极反应式的书写及相关计算

思路分析

由图可知,左侧装置为光伏电池,电子向 N 电极移动,故 N 电极为负极,P 电极为正极;右侧为电解池,纯铜为阴极,电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$,石墨为阳极,电极反应式为 $\text{Ce}^{3+} - \text{e}^- \longrightarrow \text{Ce}^{4+}$ 。

【解析】光伏电池可将太阳能(光能)转化为电能,A 正确;根据电极反应式,电解池右侧正电荷减少,左侧正电荷增加,为维持溶液呈电中性,硫酸根离子由右池向左池迁移,故该离子交换膜为阴离子交换膜,B 错误;石墨为阳极,发生氧化反应,电极反应式为 $\text{Ce}^{3+} - \text{e}^- \longrightarrow \text{Ce}^{4+}$,C 正确;纯铜为阴极,电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$,电路中有 0.2 mol 电子通过时,析出 Cu 的质量为 $0.1 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 6.4 \text{ g}$,同时有 0.1 mol 硫酸根离子由右池向左池迁移,则质量减少 $0.1 \text{ mol} \times 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 9.6 \text{ g}$,故阴极室溶液质量共减少 $6.4 \text{ g} + 9.6 \text{ g} = 16 \text{ g}$,D 正确。

3. D **考查点** ▶ 电解原理的应用,涉及离子移动、电极判断、电极反应式、电解池有关计算

【解析】由题图可知,M 电极上 CO_2 发生还原反应生成 HCOO^- ,故 M 为阴极,N 为阳极,电解池工作时, OH^- 由左室通过隔膜向右室移动,故 A、B 错误;N 电极为阳极,阳极反应式为 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{NH}_2 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- \longrightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CN} + 4\text{H}_2\text{O}$,故 C 错误;阴极反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCOO}^- + \text{OH}^-$,则电路中通过 2 mol e^- 时,理论上 1 mol CO_2 被还原,故 D 正确。

4. C **考查点** ▶ 电解原理的综合应用,涉及电极判断、离子迁移方向、电化学计算

思路分析

装置 a: 含 CO_2 和 SO_2 的废气通入 NaHCO_3 溶液中,得到 NaHCO_3 和 Na_2SO_3 的混合溶液和 CO_2 ,发生的反应为 $2\text{NaHCO}_3 + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。

装置 b: 电解池中,左侧电极上 SO_3^{2-} 失电子生成 SO_4^{2-} ,发生氧化反应,为阳极,电解质溶液呈碱性,阳极反应式为 $\text{SO}_3^{2-} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$;通入 CO_2 的电极为阴极,阴极反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{HCOOH}$ 。

双极膜: 左侧保持碱性环境,右侧保持酸性环境,则双极膜中, OH^- 移向左侧(阳极区), H^+ 移向右侧(阴极区)。

关键点

【解析】左侧电极为阳极,与电源正极(m 极)相连,A 正确;电解池中阳离子向阴极移动,阴离子向阳极移动,双极膜中产生的 H^+ 移向右侧,产生的 OH^- 移向左侧,B 正确; NaHCO_3 溶液能和 SO_2

易错点

反应但不能和 CO_2 反应,所以 NaHCO_3 溶液不能吸收 CO_2 ,C 错误;阳极反应式为 $\text{SO}_3^{2-} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,则每当有 1 mol SO_4^{2-} 生成时,转移 2 mol 电子,D 正确。

5. B **考查点** ▶ 电解原理的应用、电极反应式的书写及相关计算

思路分析

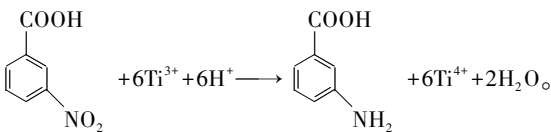
TiO_2/CFC 电极上 NO_2^- 转化为 NH_4^+ , 可知 TiO_2/CFC 电极为阴极, 电极反应式为 $\text{NO}_2^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$; 石墨电极为阳极, 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ 。故 a 电极为负极, 发生氧化反应, 电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$; b 电极为正极, 发生还原反应, 电极反应式为 $\text{NO}_2 + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2^-$ 。

【解析】根据思路分析可知, A、C 错误, B 正确; 未指明气体所处的温度与压强, 无法计算石墨电极产生 O_2 的体积, D 错误。

6. C 突破点 ▶ 电解原理应用、电极反应式、电化学计算

思路分析

根据氢离子在电解池中的移动方向可知, a 电极为阴极, b 电极为阳极, 阳极失电子, 发生氧化反应, 阴极得电子, 发生还原反应, 阳极电极反应式: $2\text{Cr}^{3+} - 6\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$, 阴极电极反应式: $\text{Ti}^{4+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ti}^{3+}$, 阳极生成的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 具有强氧化性, 阴极生成的 Ti^{3+} 具有还原性, “转化 I” 为氧化过程, 可加入右室电解获得的电解液实现转化, “转化 II” 为还原过程, 可加入左室电解获得的电解液实现转化:



【解析】根据思路分析可知, 实现“转化 I”需用右室电解获得的电解液, A 错误; 根据思路分析可知, 右室的电极反应式为 $2\text{Cr}^{3+} - 6\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$, B 错误; “转化 II” 为还原过程, 可

加入左室电解获得的电解液实现, 其反应为 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NO}_2) + 6\text{Ti}^{3+} + 6\text{H}^+ \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NH}_2) + 6\text{Ti}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$, C 正确; “转化 I” 为

$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NO}_2) + 6\text{Ti}^{3+} + 6\text{H}^+ \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{CH}_3) + 6\text{Ti}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 分析 C 元素的化合价变化可得: 生成 1 mol

$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NO}_2)$, 理论上电路中通过 6 mol e^- , D 错误。

7. D 考点 ▶ 电解原理的理解、电解池有关计算

【解析】该装置为电解池, 氢离子向右移动, 则石墨 N 电极为阴极, n 为负极, 石墨 M 电极为阳极, m 为正极, 电流方向: $m \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow n$, A 错误; 石墨 M 电极为阳极, 电极反应为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow$, B 错误; II 室中发生反应: $\text{Ni}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3 \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{CH}_3\text{COCHCOCH}_3)_2 + 2\text{H}^+$, 水解离出的 OH^- 与 H^+ 反应, 促进 Ni^{2+} 的转化, C 错误; 导线中流过 1 mol 电子, I 室移入 II 室的

Ni^{2+} 和 Co^{2+} 总物质的量为 0.5 mol , 同时有 0.5 mol 氯气生成, 镍、钴的相对原子质量都约为 59 , I 室质量约减少 65 g , III 室中阴极反应消耗的 H^+ 由水解离出的 H^+ 等量补充, 溶液质量不变, 故两室溶液质量变化之差约为 65 g , D 正确。

8. (1) $2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+ + 12\text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$

(2) 使阴极表面尽可能被 CO_2 附着, 减少析氢反应的发生 (减少氢离子在阴极放电)

(3) $^{13}\text{CO}_2$ (或 $^{14}\text{CO}_2$)

(4) 36

创新点 ▶ 电解过程的原理分析与电解效率变化分析

【解析】 (1) b 电极是阴极, CO_2 在阴极得电子结合 H^+ 生成 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, 根据 C、O 原子的数目关系, 可以得出还有 H_2O 生成, 电极反应式为 $2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+ + 12\text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 电解前需向电解质溶液中持续通入过量 CO_2 , 使阴极表面尽可能被 CO_2 附着, 减少析氢反应的发生 (电催化过程中, 反应物

关键点

尽可能占据催化剂表面的活性位点, 提高目标产物的选择性)。

(3) 通入 $^{13}\text{CO}_2$ 或 $^{14}\text{CO}_2$, 观测生成的含碳化合物中是否有 ^{13}C 或 ^{14}C (同位素示踪法), 可确定阴极上生成的含碳化合物是否来

关键点

源于有机多孔电极材料。

(4) 电解产物为 HCOOH 和 HCHO 时, 电极反应式分别为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{HCOOH}$ 、 $\text{CO}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$, 当电解电压为 $U_2 \text{ V}$ 时, 电解生成的 HCOOH 和 HCHO 的物质的量之

关键点

比为 $5:6$, 则生成的 HCOOH 和 HCHO 转移电子的物质的量之比为 $(5 \times 2) : (6 \times 4) = 5 : 12$, 根据 $FE\% = \frac{Q_x(\text{生成还原产物 X 所需要的电量})}{Q_{\text{总}}(\text{电解过程中通过的总电量})} \times 100\%$ 、 $Q_x = nF$ 可知, 生成

HCOOH 和 HCHO 的法拉第效率之比为 $5:12$, 则 $m = 36$ 。

第 3 节 金属的腐蚀与防护

刷基础

1. A 考查点 ▶ 生活中的金属腐蚀与防护

【解析】 金属腐蚀是指金属单质或合金与其他物质接触发生化学反应而引起损耗的现象, A 正确; 铝制品表面易形成一层致密的氧化物薄膜, 阻止了铝的进一步锈蚀, 故与铁制品相比, 铝制品更不易被腐蚀, B 错误; 金属纯度不高时主要发生电化学腐蚀, 金

关键点

属纯度高时主要发生化学腐蚀, 则纯银器主要发生化学腐蚀, 其原理为纯银接触了环境中微量的硫而产生 Ag_2S 黑色薄膜, C 错误; “牺牲阳极法”是将被保护的钢铁设备当作原电池正极, “外加电流法”是将被保护的钢铁设备连接到直流电源的负极, D 错误。

2. C 考查点 ▶ 金属防护方式的判断、腐蚀的速率比较

思路分析

K 连接 A 时, 采用外加电流法保护金属, 被保护金属 Fe 应连接直流电源的负极; K 连接 B 时, Fe 作为负极, 被腐蚀; K 连接 C 时, 采用牺牲阳极法保护 Fe。

【解析】牺牲阳极法原理为原电池,无外加电流,若 b 为正极, K 连接 A 时,铁棒为电解池的阳极,加快腐蚀速率, A 错误; K 连接 B 时, Fe 作负极,被腐蚀, K 连接 C 时, Zn 作负极, Fe 作正极,即牺牲 Zn,保护 Fe,所以 K 连接 C 时,铁棒的腐蚀速度更慢, B 错误; K 未闭合时, E 位置(界面处)氧气浓度较大,铁棒发生吸氧腐蚀,生成的 OH^- 浓度最大, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 在 E 位置被氧气氧化最终形成铁锈,所以 E 位置表面铁锈最多, F 位置(相当于原电池负极, Fe 失电子变成 Fe^{2+} ,移至 E 点,继续反应)腐蚀最严重, C 正确; Fe^{2+} 与 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液反应产生蓝色沉淀,可通过观察沉淀量判断铁棒腐蚀或防腐的情况,则应加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,不是 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, D 错误。

3. D 考查点 ▶ 吸氧腐蚀、析氢腐蚀

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

关键点

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

4. D 考查点 ▶ 原电池原理的应用、吸氧腐蚀

思路分析

氯化钠溶液滴在一块光亮清洁的铁板表面上,铁和碳在氯化钠溶液中组成原电池发生吸氧腐蚀,铁作负极发生氧化反应生成亚铁离子,电极反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$,液滴边缘的碳是正极,氧气在正极得到电子,发生还原反应生成氢氧根离子,电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$,亚铁离子与氢氧根离子反应生成氢氧化亚铁, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 又被氧化为氢氧化铁,氢氧化铁脱水形成了棕色铁锈环(b),铁片腐蚀过程发生的总化学方程式为 $4\text{Fe} + n\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】由思路分析可知,铁片作负极发生氧化反应而被腐蚀, A 错误;液滴边缘是正极区,发生反应: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$, B 错误;铁片腐蚀最严重的区域不是生锈最多的区域,而是液滴覆盖的圆周中心区, C 错误;出现该现象与氧气含量多少有关,由于液滴之下氧气含量较少,液滴边缘氧气含量较高,边缘处的

关键点

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

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

(2) C (3) 负

考查点 ▶ 电化学腐蚀原理、电化学防护措施

【解析】(1) 钢铁发生吸氧腐蚀时,负极发生氧化反应,电极反应

为 $\text{Fe}-2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$, 正极发生还原反应, 电极反应为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ 。

(2) 为了降低某水库的铁闸门被腐蚀的速率, 应将铁设计成原电池的正极, 则负极为较铁更活泼的金属, 选项中钠、锌比铁活泼, 但钠与水发生剧烈反应, 起不到保护铁不被腐蚀的效果, 故选 C。

(3) 图乙所示的方案为外加电流法, 铁闸门应该连接电源的负极。

刷提分

1. D 考查点 ▶ 金属的电化学腐蚀

【解析】氢原子将 SO_4^{2-} 还原为 S^{2-} , SRB 不作还原剂, A 错误; 温度超过一定范围, SRB 活性下降, SRB 诱导碳素钢厌氧腐蚀速率减慢, B 错误; 碳作正极, 电极反应式为 $\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}$, C 错误; 根据题给机理图可知, 总反应为 $8\text{H}^+ + 4\text{Fe} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{FeS} + 3\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

2. B 创新点 ▶ 金属的电化学腐蚀原理的延伸应用

【解析】锌、铁活动性不同, 则破损的镀锌铁皮在氨水中发生腐蚀过程中会形成原电池, 属于电化学腐蚀, A 正确; 正极上水得到电子发生还原反应生成氢气: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, B 错误; 氨水浓度越大, 越利于形成 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, 则腐蚀趋势越大, C 正确; 结合 B 项分析, 随着腐蚀的进行, 反应生成氢氧根离子, 则溶液 pH 变大, D 正确。

3. (1) $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{CuCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

(2) ① $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 为致密的结构, 可以防止铜的进一步锈蚀, 故为无害锈 ② 0.224

(3) $\text{Cu} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{CuCl}$

(4) BTA 能在青铜器表面形成一层致密的透明保护膜; 替换出锈层中的氯离子, 能够高效除去有害锈; 不损害青铜器且使得青铜器得到保护 (答出 2 点即可)

考查点 ▶ 金属铜的电化学腐蚀原理、金属铜防护的实验探究

【解析】(1) $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 和盐酸反应生成氯化铜、水和二氧化碳: $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{CuCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

(2) ② 若生成 2.145 g (即 0.01 mol) $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$, 反应中铜失去电子变为 +2 价铜、 O_2 得到电子转化为 -2 价氧, 由得失电子守恒可知 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} \sim 4\text{e}^- \sim \text{O}_2$, 则理论上消耗 0.01 mol O_2 , 其标准状况下体积为 0.224 L。

(3) 过程 I 中负极的电极反应式为 $\text{Cu} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{CuCl}$ 。

4. D 创新点 ▶ 特殊的考查形式: 借助传感器探究金属腐蚀

【解析】铜的还原性非常弱, 不能与酸反应产生 H_2 , 铜器在弱酸

关键点

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

热点 3 电极反应式的书写

刷热点

1. B 考查点 ▶ 电极反应式及离子方程式的书写

【解析】铅酸蓄电池的正极材料为 PbO_2 ，放电时正极发生得电子的还原反应，A 正确；碘化亚铁中，碘离子和亚铁离子都有还

关键点



原性，且碘离子还原性更强，先与硝酸反应，故离子方程式为 $2\text{NO}_3^- + 6\text{I}^- + 8\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{I}_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ，B 错误；

$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHA 溶液的 $\text{pH}=1$ ，说明 $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，



NaHA 中的氢离子完全电离，C 正确；铜片上电镀银，阳极反应式为 $\text{Ag}-\text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}^+$ ，阴极反应式为 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$ ，两极电极反应

式相加得 $\text{Ag}(\text{阳极}) \xrightarrow{\text{通电}} \text{Ag}(\text{阴极})$ ，D 正确。


2. C 考查点 ▶ 电解原理分析，涉及电极判断、电化学计算及电极反应式的书写


【解析】 在电极 A 发生还原反应生成 ，电极 A 为阴极，与电源的负极相连，A 错误；电极 B 为阳极， H_2O 在阳极失去

电子生成 O_2 ，B 错误；电极 A 的电极反应式为  $+ 6\text{H}^+ +$

$6\text{e}^- \longrightarrow$ ，每生成 1 mol ，转移电子数约为 $6 \times 6.02 \times$

10^{23} ，C 正确；电极 B 的电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ，

根据阴、阳极电极反应可得电解的总反应方程式： 2  $+ 6\text{H}_2\text{O}$

$\xrightarrow{\text{通电}} 2$  $+ 3\text{O}_2 \uparrow$ ，D 错误。

3. D 考查点 ▶ 二次电池的工作原理分析，涉及电极判断、能量转化、电极反应式及电化学计算

【解析】新型 $\text{Sb}_2\text{S}_3-\text{NaCrO}_2$ 电池充电时 Na^+ 移向电极 A，根据电解池内电路阳离子移向阴极，可知充电时 A 为阴极，B 为阳极，

放电时电极 A 为负极，电极 B 为正极，A 正确；放电时该装置为原电池，将化学能转化为电能，B 正确；放电时电极 B 为正极，1

个 $\text{Na}_{1-x}\text{CrO}_2$ 得 x 个电子发生还原反应得到 NaCrO_2 ，再用 Na^+ 使电荷守恒，可得电极反应式为 $\text{Na}_{1-x}\text{CrO}_2 + x\text{Na}^+ + x\text{e}^- \longrightarrow \text{NaCrO}_2$ ，

C 正确；放电时存在关系： $\text{Na}_x\text{Sb}_2\text{S}_3 \sim \text{Sb}_2\text{S}_3 \sim x\text{e}^-$ ，则理论上每生成 1 mol Sb_2S_3 ，转移 $x \text{ mol e}^-$ ，D 错误。

4. $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + \text{CO}_3^{2-} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

考查点 ▶ 电极反应式的书写

【解析】燃料电池中，燃料 (H_2) 在负极发生氧化反应， O_2 在正极

关键点

发生还原反应。熔融碳酸盐为电解质， H_2 放电产生的 H^+ 与 CO_3^{2-} 反应生成 CO_2 和 H_2O ，则负极反应式为 $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + \text{CO}_3^{2-} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。

5. (1) $\text{Mn}^{2+} - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$ (2) H_2SO_4

创新点 ▶ 电解 MnSO_4 溶液制高纯 MnO_2

【解析】(1) Mn^{2+} 在阳极失去电子生成 MnO_2 ，电极反应式为 $\text{Mn}^{2+} - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$ 。

(2) 根据电极反应式和元素守恒可知，可溶性杂质还有 H_2SO_4 。

6. (1) $2\text{CO}_2 + 12\text{e}^- + 12\text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 12\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) CO_2 、 O_2

创新点 ▶ 电解 CO_2 制有机物

【解析】(1) CO_2 在阴极区得电子并与 HCO_3^- 反应生成 C_2H_4 、 CO_3^{2-} 和 H_2O ，电极反应式为 $2\text{CO}_2 + 12\text{e}^- + 12\text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 12\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 电解时, 阳极区的 H_2O 失去电子生成 O_2 和 H^+ , H^+ 和 HCO_3^- 反应生成 CO_2 和 H_2O , 所以电解一段时间后, 阳极区放出的气体为 O_2 和 CO_2 。

突破 3 电化学相关计算

刷 难关

1. C **考查点** ▶ 电解原理的应用, 涉及电极判断、离子迁移方向、电极反应和电化学计算

【解析】由 CH_3OH 制取 HCOONa , C 元素化合价由 -2 价升高到 +2 价, 发生氧化反应, 则右侧电极为电解池阳极, b 电极为电源正极, A 正确; 电解池中, 阳离子移向阴极区 (左侧区), 简单记忆为“阴阳相吸”, B 正确; 电解池阴极发生得电子的还原

关键点 反应, 电极反应式为 $2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^- + \text{H}_2$, C 错误; 当电路中转移 2 mol e^- 时, 根据 $2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^- + \text{H}_2$ 可知阴极吸收 $n(\text{CO}_2) = n(\text{e}^-) = 2 \text{ mol}$, 生成 $n(\text{H}_2) = 1 \text{ mol}$, Na^+ 定向迁移到阴极: $n(\text{Na}^+) = n(\text{e}^-) = 2 \text{ mol}$, 则阴极室增加的质量为 $m(\text{CO}_2) + m(\text{Na}^+) - m(\text{H}_2) = 2 \text{ mol} \times 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 2 \text{ mol} \times 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 1 \text{ mol} \times 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 132 \text{ g}$, D 正确。

2. D **考查点** ▶ 二次电池的工作原理分析, 涉及电极判断、电极反应、离子迁移方向、电化学计算

【解析】由题干装置信息可知, 放电时石墨电极上发生还原反应 $[\text{CuCl}_x]^{2-x} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{CuCl}_x]^{1-x}$ 、 $[\text{CuCl}_x]^{1-x} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu} + x\text{Cl}^-$, 则石墨电极为正极; 锌电极为负极, 发生氧化反应 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ 。放电时石墨电极为正极, 故充电时, 石墨电极与电源正极相连, A 正确; 充电时, 石墨电极上的电极反应是放电时电极反

关键点 应的逆过程, 即可发生电极反应 $[\text{CuCl}_x]^{1-x} - \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{CuCl}_x]^{2-x}$, B 正确; 放电时离子迁移方向应用“正正负负”来判断, 即阳离子移

关键点 向正极, 阴离子移向负极, 石墨电极为正极, 锌电极为负极, 故 Cl^- 向锌电极迁移, C 正确; 放电时, 锌电极上电极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$, Zn 变成 Zn^{2+} , 始终在电极上, 故 Zn 的质量不是增加的

关键点 质量部分, 理论上电路中每转移 2 mol 电子, 则有 2 mol Cl^- 转移到锌电极上, 故锌电极质量增加 $2 \text{ mol} \times 35.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 71 \text{ g}$, D 错误。

3. C **考查点** ▶ 电极判断、电解池有关计算、电极反应式的书写

【解析】由题意可知, 断开 K 时, C、D 两电极产生的气体体积相同, E 电极质量减少 1.28 g , 则 E 电极是阳极, F 电极是阴极, 装置乙溶液中铜离子全部析出后, 氢离子得到电子生成氢气, C 电极是阳极, D 电极是阴极, 因此装置甲中 A 电极为电池的负极, B 电极是电池的正极, A 错误; C 电极是阳极, 则 C 电极的电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, B 错误; 装置乙中 D 电极是阴

极, 导线中转移电子的物质的量是 $\frac{1.28}{64} \times 2 \text{ mol} = 0.04 \text{ mol}$, 则 C 电极生成氧气的物质的量是 $\frac{0.04 \text{ mol}}{4} = 0.01 \text{ mol}$, 标准状况下的体积是 224 mL , 由于 C、D 两电极产生的气体体积相同, 所以产生氢气的体积在标准状况下也是 224 mL , C 正确; 装置丙中阳极是铜参与反应, 阴极是水参与反应生成氢气, 得不到氯气, 总反

应为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$, D 错误。

4. A **考查点** ▶ 电解原理的应用, 涉及电解质溶液的变化、电极反应、电化学计算

【解析】由题干信息“电解 KNO_3 溶液制氨”可知, NO_3^- 在电极

关键点

a 上发生得电子的还原反应, 则电极 a 为阴极, 电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$, B 正确; 电极 b 为阳极, OH^- 在阳极发生失电子的氧化反应生成 O_2 和水, 阳极室每消耗

关键点

4 mol OH^- , 同时有 4 mol OH^- 通过双极膜进入阳极室, 所以阳极室中氢氧化钾的物质的量不改变, 但反应生成了水, 所以 KOH

易错点

溶液浓度会变, A 错误; 由得失电子守恒可知, 电极 b 产生 2 mol 氧气时, 通过电极的电子的物质的量为 8 mol, 由电极 a 产生

0.9 mol 氨气可知, 电解产物氨气的法拉第效率为 $\frac{0.9 \text{ mol} \times 8}{8 \text{ mol}} \times$

100% = 90%, C 正确; 相比于平面结构双极膜, “卵榫”结构具有更大的膜面积, 单位时间内流过的电量增大, 有利于提高氨生成速率, D 正确。

5. $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{HCOOH}$ 1:3

创新点 ▶ 电解法转换 CO_2 的法拉第效率

【解析】由题图可知, 电解时, 在酸性条件下, 二氧化碳在阴极得到电子, 发生还原反应, 生成甲酸, 电极反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{HCOOH}$; 由题图可知, 电解电压为 $U_1 \text{ V}$ 时, 生成甲酸和乙醇的法拉第效率相等, 而消耗 2 mol CO_2 生成 1 mol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 需转移 12 mol e^- , 消耗 1 mol CO_2 生成 1 mol HCOOH 转移 2 mol e^- , 则结合题给信息可知, 生成乙醇和甲酸的选择性之比为

$$\frac{\frac{Q_{\text{总}} \times \text{FE}\%}{6}}{n(\text{发生反应的 } \text{CO}_2)} : \frac{\frac{Q_{\text{总}} \times \text{FE}\%}{2}}{n(\text{发生反应的 } \text{CO}_2)} = 1:3。$$

6. (1) $\text{CO}_2 + 2\text{NO}_3^- + 18\text{H}^+ + 16\text{e}^- \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 7\text{H}_2\text{O}$

(2) H^+ 与 KHCO_3 反应生成 CO_2 , 使得吸附在电极表面的 CO_2 浓度增大

(3) 向电解装置中通入 CO 并加入 NH_4Cl 溶液, 电解一段时间后, 用尿素酶法测定是否有尿素生成, 若有, 则“途径 2”存在

(4) 0.65

考查点 ▶ 电极反应、反应机理分析、电化学计算

【解析】(1) 根据题图甲中物质的转化关系可得, b 电极为阴极, CO_2 和 NO_3^- 在阴极得电子转化为 CO 、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 NH_4^+ 。生成尿素的转化关系为 $\text{CO}_2 + 2\text{NO}_3^- \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 先分析化合价的变化确定得电子数: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 中, N 为 -3 价, 则 C 为 +4 价, 再利

关键点

用 H^+ 使电荷达到守恒, 最后用 H_2O “平氢氧”, 可得电极反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{NO}_3^- + 18\text{H}^+ + 16\text{e}^- \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) H^+ 与 KHCO_3 反应生成 CO_2 , 使得吸附在电极表面的 CO_2 浓度增大。

(3) “途径 2”的中间产物为 CO 、 NH_4^+ , 要确定该机理是否存在, 可向电解装置中通入 CO 并加入 NH_4Cl 溶液, 电解一段时间后, 用尿素酶法测定是否有尿素生成, 若有, 则“途径 2”存在。

(4) 阴极生成 $n(\text{CO}) = 0.1 \text{ mol}$, $n(\text{NH}_4^+) = 0.1 \text{ mol}$,

$n[\text{CO}(\text{NH}_2)_2] = 0.1 \text{ mol}$, 则转移电子 $n(e^-) = n(\text{CO}) \times 2 + n(\text{NH}_4^+) \times 8 + n[\text{CO}(\text{NH}_2)_2] \times 16 = 0.1 \text{ mol} \times 2 + 0.1 \text{ mol} \times 8 + 0.1 \text{ mol} \times 16 = 2.6 \text{ mol}$, 根据阳极反应式 $2\text{H}_2\text{O} - 4e^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$, 生成 $n(\text{O}_2) = \frac{n(e^-)}{4} = \frac{2.6}{4} \text{ mol} = 0.65 \text{ mol}$ 。

7. (1) KCl (2) $\text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O} - 12e^- = 2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+$ 13%

考查点 ▶ 电极反应、电解原理的理解及判断、电解池有关计算

【解析】 (1) $FE(\text{EO}) = 100\%$, 可以视为没有副反应发生, 总反应

关键点

为 $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{KCl}]{\text{电解}} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 + \text{H}_2$, 则说明其他元素化合价没有改变, 则溶液 b 的溶质为 KCl。

(2) 乙烯在阳极放电生成 CO_2 , 电解液显中性, 而反应生成 CO_2

关键点

(酸性), 则用 H^+ 和 H_2O 来补项配平电极反应式, 故生成 CO_2 的电极反应为 $\text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O} - 12e^- = 2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+$; 设生成 EO 的物质的量为 $a \text{ mol}$, 则转化的乙烯的物质的量为 $\frac{a}{97\%} \text{ mol}$, 生成 EO

转移的电子的物质的量为 $2a \text{ mol}$, 此过程转移的电子的总物质的量为 $\frac{2a}{70\%} \text{ mol}$, 生成 CO_2 消耗的乙烯的物质的量为 $\frac{a}{97\%} \times 3\%$,

生成 CO_2 转移的电子的物质的量为 $\frac{a}{97\%} \text{ mol} \times 3\% \times 12$, 则

$$FE(\text{CO}_2) = \frac{\frac{a}{97\%} \times 3\% \times 12}{\frac{2a}{70\%}} \approx 13\%。$$

突破 4 新型电池的工作原理及应用

刷 难关

1. B 突破点 ▶ O_2 辅助的 Al- CO_2 电池的工作原理分析

【解析】 该装置为原电池, 工作时将化学能转变为电能, A 错误; 根据正极区物质转化关系, 先发生反应 1: $\text{O}_2 + e^- = \text{O}_2^-$, 然后生成的 O_2^- 再与 CO_2 和 Al^{3+} 发生反应 2: $6\text{CO}_2 + 2\text{Al}^{3+} + 6\text{O}_2^- = \text{Al}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \downarrow + 6\text{O}_2$ (O_2^- 被氧化, CO_2 被还原), 则总反应 = 反应

关键点

1×6+反应 2, 即 $6\text{CO}_2 + 6e^- + 2\text{Al}^{3+} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Al}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \downarrow$, B 正确; 放电时, 金属 Al 为负极, 失去电子, 电子经导线、负载流向正极, C 错误; 没有标注气体所处的压强, 所以无法计算消耗 CO_2 的体

关键点

积, D 错误。

2. A 创新点 ▶ 浓差电池

思路分析

由题图可知, 将开关 K 与 a 连接后, 电极 B 为阳极, 电极反应式为 $\text{Cu} - 2e^- = \text{Cu}^{2+}$, 电极 A 为阴极, 电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$, 则右侧溶液中 Cu^{2+} 浓度增大, 而左侧溶液中 Cu^{2+} 浓度减小, 为了保持 Cu^{2+} 的浓度差, 必须保证 Cu^{2+} 不能通过交换膜, 故交换膜应当选择阴离子交换膜; 一段时间后, 开关 K 与 b 连接, 电极 A 为负极, 电极反应式为 $\text{Cu} - 2e^- = \text{Cu}^{2+}$, 电极 B 为正极, 电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$ 。

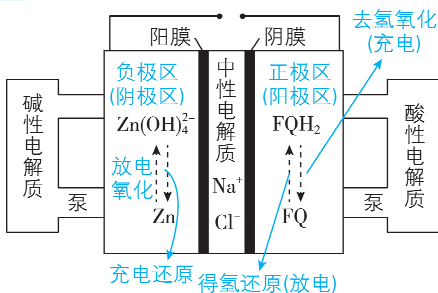
【解析】 由思路分析可知, 交换膜应当选择阴离子交换膜, 从而阻止 Cu^{2+} 通过, 以保证两侧溶液中有 Cu^{2+} 浓度差, A 错误; 开关 K

与 a 连接时,电极 B 为阳极,电极反应式为 $\text{Cu}-2\text{e}^{-}=\text{Cu}^{2+}$,电极 A 为阴极,电极反应式为 $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^{-}=\text{Cu}$,其目的是形成两电极区溶液的浓度差,B 正确;开关 K 与 b 连接时,电极 B 为正极,其电极反应式为 $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^{-}=\text{Cu}$,C 正确;由思路分析可知,交换膜为阴离子交换膜,故开关 K 与 b 连接时,若导线中通过 2 mol 电子,则有 1 mol SO_4^{2-} 通过交换膜,D 正确。

3. D 突破点 ▶ 新型液流电池的工作原理分析

要点图解

在装置图中标出充、放电过程,确定极区。



放电时应用“正正负负”判断离子迁移方向。

【解析】充电时利用“阴阳相吸”判断离子迁移方向,结合膜的性质可知,中性电解质中的 Na^{+} 通过阳膜移向阴极区, Cl^{-} 通过阴膜移向阳极区,所以 NaCl 的浓度减小,A 正确;放电时,负极上锌失去电子转化为 $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$,负极反应式为 $\text{Zn}-2\text{e}^{-}+4\text{OH}^{-}=\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$,B 正确;充电时,阳极反应式为 $\text{FQH}_2-2\text{e}^{-}=\text{FQ}+2\text{H}^{+}$ (去氢氧化,去 2H 失 2e^{-}),则 1 mol FQH_2 转化为 FQ 转移

关键点

2 mol 电子,C 正确;放电时,正极反应式为 $\text{FQ}+2\text{e}^{-}+2\text{H}^{+}=\text{FQH}_2$,电极反应消耗 H^{+} ,且阴膜不能补充 H^{+} ,则正极区溶液的

关键点

pH 增大,D 错误。

4. D 考查点 ▶ 原电池原理理解,正、负极判断,离子迁移方向,电极反应式书写

思路分析

结合题意,铝电极上铝失去电子形成铝离子,铝离子结合 AlCl_4^{-} 、 Cl^{-} 形成 $\text{Al}_2\text{Cl}_7^{-}$,同时锂离子向左移动,嵌入 $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4$ 形成 LiFePO_4 ,则铝电极为负极,左侧电极为正极。

【解析】该装置为原电池,可以将化学能转化为电能,A 正确;电极 Al 作负极,B 正确; Li^{+} 透过离子交换膜从右向左迁移,C 正确;正极发生还原反应,电极反应为 $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4+x\text{e}^{-}+x\text{Li}^{+}=\text{LiFePO}_4$,D 错误。

5. B 考查点 ▶ 原电池正负极判断,原电池、电解池综合考查

思路分析

根据题给信息可知,甲装置是将化学能转化为电能的原电池,甲装置中 N 极上氧气得电子变成水,是正极,则 M 极是负极;乙装置利用电解原理,将粗铜精炼为精铜,粗铜作阳极,失去电子,精铜作阴极,得到电子,将铜离子还原为铜。

【解析】N 极为正极,电解精炼时,粗铜作阳极,应该与电源正极相连,即与 Y 相连,A 正确;未指明是否处于标准状况,无法计算氧气的物质的量,B 错误;N 极上氧气得电子变成水,电极反应式为 $\text{O}_2+4\text{e}^{-}+4\text{H}^{+}=2\text{H}_2\text{O}$,消耗了氢离子,导致溶液 pH 增大,C

正确;M 极是负极,氯乙烯失去电子,电极反应式为 $\text{CH}_2=\text{CHCl}-10\text{e}^-+4\text{H}_2\text{O}\longrightarrow 2\text{CO}_2\uparrow+11\text{H}^++\text{Cl}^-$,D 正确。

6.D 考查点 ▶ 燃料电池电极反应式书写、离子移动方向判断

思路分析

由题图可知,电极 A 上碳元素、氢元素价态升高,失电子,电极 A 为负极,电极 B 为正极,电极反应式为 $\text{O}_2+4\text{e}^-+2\text{CO}_2\longrightarrow 2\text{CO}_3^{2-}$ 。

【解析】在电池工作过程中,虽然大部分化学能会转化为电能,但仍会有一部分能量以热能的形式损失掉,因此,化学能并不能完全转化为电能,A 错误;原电池工作时,阴离子向负极移动,则 CO_3^{2-} 向电极 A 移动,B 错误;电极 B 为正极,电极反应式为 $\text{O}_2+4\text{e}^-+2\text{CO}_2\longrightarrow 2\text{CO}_3^{2-}$,C 错误; H_2 参与的电极反应为 $\text{H}_2+\text{CO}_3^{2-}-2\text{e}^-\longrightarrow \text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$,D 正确。

7.B 创新点 ▶ 双阴极微生物燃料电池

思路分析

该装置为双阴极微生物燃料电池,中间“厌氧阳极”为原电池的负极,葡萄糖发生失电子的氧化反应生成 CO_2 ;左侧“缺氧阴极”发生 NO_3^- 转化为 NO_2^- 、最终转化为 N_2 的反应,该反应过程中氮元素化合价由+5 降低为+4,最后降低为 0,为得电子过程,是还原反应,该电极为原电池正极;右侧“好氧阴极”发生 O_2 得电子生成 H_2O 的还原反应,该电极也为原电池正极,同时该区域还发生氧气将 NH_4^+ 氧化为 NO_2^- 最终氧化为 NO_3^- 的反应;原电池中电子由负极沿导线移向正极,溶液中的阳离子移向正极,阴离子移向负极。

【解析】原电池电解质溶液中的阳离子移向正极,该装置中有两个正极,则 H^+ 的迁移方向为由中间电极区既向左迁移也向右迁移,A 错误;电池工作时,“缺氧阴极”上,氮元素得电子,电极反应式为 $\text{NO}_3^-+2\text{H}^++\text{e}^-\longrightarrow \text{NO}_2^-+\text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{NO}_2^-+8\text{H}^++8\text{e}^-\longrightarrow \text{N}_2+4\text{H}_2\text{O}$,电极附近溶液的 H^+ 被消耗,可通过质子交换膜补充 H^+ ,但反应生成 H_2O ,故溶液的 pH 增大,B 正确;“好氧阴极”上, O_2 得电子,电极反应式为 $\text{O}_2+4\text{H}^++4\text{e}^-\longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$,同时发生氧气将 NH_4^+ 氧化为 NO_2^- 最终氧化为 NO_3^- 的反应,离子方程式为 $2\text{NH}_4^++3\text{O}_2\longrightarrow 2\text{NO}_2^-+2\text{H}_2\text{O}+4\text{H}^+$ 、 $2\text{NO}_2^-+\text{O}_2\longrightarrow 2\text{NO}_3^-$,未发生反应: $\text{NH}_4^+-6\text{e}^-+8\text{OH}^-\longrightarrow \text{NO}_2^-+6\text{H}_2\text{O}$,C 错误;“厌氧阳极”区的葡萄糖失电子生成 CO_2 ,电极反应式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6+6\text{H}_2\text{O}-24\text{e}^-\longrightarrow 6\text{CO}_2\uparrow+24\text{H}^+$,1 mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 反应时,生成 6 mol CO_2 ,使该电极区质量减小,转移 24 mol 电子,有 24 mol H^+ 移向正极,也使该电极区质量减小,该电极区质量共减小 $6\text{ mol}\times 44\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}+24\text{ mol}\times 1\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}=288\text{ g}$,则质量减小 28.8 g 时,参加反应的 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 的物质的量为 0.1 mol,该电极输出电子的物质的量为 2.4 mol,D 错误。

8.C 考查点 ▶ 原电池电极反应式书写、原电池正负极判断、原电池原理解

思路分析

原电池工作时,Al 为负极,发生氧化反应生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, PbO_2 为正极,发生还原反应,M 区的电解质溶液为 KOH 溶液,R 区为 K_2SO_4 溶液,N 区为稀 H_2SO_4 ;原电池工作时,负极的电极反应为 $\text{Al}-3\text{e}^-+4\text{OH}^-\rightleftharpoons[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$,消耗 OH^- ,钾离子向正极(由 M 区向 R 区)移动,X 为阳离子交换膜;正极的电极反应为 $\text{PbO}_2+2\text{e}^-+4\text{H}^++\text{SO}_4^{2-}\rightleftharpoons\text{PbSO}_4+2\text{H}_2\text{O}$,正极消耗氢离子,硫酸根离子向负极(由 N 区向 R 区)移动,则 Y 是阴离子交换膜。

【解析】钾离子向正极(由 M 区向 R 区)移动,硫酸根离子向负极(由 N 区向 R 区)移动,R 区域的电解质溶液浓度逐渐增大,A、B 错误;放电时,负极上发生氧化反应,Al 电极上电极反应式为 $\text{Al}-3\text{e}^-+4\text{OH}^-\rightleftharpoons[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$,C 正确;正极的电极反应式为 $\text{PbO}_2+2\text{e}^-+4\text{H}^++\text{SO}_4^{2-}\rightleftharpoons\text{PbSO}_4+2\text{H}_2\text{O}$,不产生气体,D 错误。

9. C 考查点 原电池、电解池综合考查,涉及电解池总反应方程式的书写、离子移动方向、电化学计算

思路分析

该装置晚间通过 $\text{S}_{\text{x}+1}^{2-}\rightarrow\text{S}_{\text{x}}^{2-}$ 的转化储存电力,则晚间对应电解原理,将电能转化为化学能,B 为阴极,与电源的负极相连,A 为阳极,与电源的正极相连;白天制氢为原电池,将化学能转化为电能,A 为正极,B 为负极。

【解析】由思路分析可知,晚间储电时对应电解原理,A 为阳极,与电源的正极相连,A 错误;白天制氢时是原电池,A 为正极,B 为负极,溶液中 Na^+ 从右室向左室移动,B 错误;储电时,阳极发生反应 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,阴极发生反应 $\text{S}_{\text{x}+1}^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}_{\text{x}}^{2-} + \text{S}^{2-}$,则总反应为 $2\text{S}_{\text{x}+1}^{2-} + 4\text{OH}^- \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{S}_{\text{x}}^{2-} + 2\text{S}^{2-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,C 正确; $\text{H}_2 \sim 2\text{e}^-$,每生成 1 mol H_2 ,转移的电子为 2 mol,由 $\text{S}_{\text{x}+1}^{2-} \sim \text{S}_{\text{x}}^{2-} \sim \text{S}^{2-} \sim 2\text{e}^-$ 知,溶液中减少的 $n(\text{S}^{2-}) = 1 \text{ mol}$,对应的 $m(\text{S}^{2-}) = 32 \text{ g}$,D 错误。

10. C 考查点 原电池正负极判断、电解原理的理解、原电池有关计算

思路分析

由题图可知,外电路连接用电器时该装置为原电池,即放电过程,M 极 Sn^{2+} 失去电子发生氧化反应生成 Sn^{4+} ,M 为负极,N 极溴单质得到电子发生还原反应生成溴离子,N 为正极,Ⅲ室中溴离子进入Ⅱ室,并继续向Ⅰ室迁移,电池总反应为 $\text{SnBr}_2 + \text{Br}_2 \rightleftharpoons \text{SnBr}_4$;充电时,M 极接电源负极作阴极,即 M 为阴极,N 为阳极。

【解析】M 极为电池负极,A 错误;放电时,Ⅲ室溴单质得到电子发生还原反应生成溴离子,Ⅲ室中溴离子进入Ⅱ室,并继续向Ⅰ室迁移,最终移动到Ⅰ室中,保证Ⅰ室中溶液呈电中性,充电过程相反,故充电过程中,Ⅱ室中的 NaBr 溶液浓度不变,B 错误;根据 B 项分析,X 膜、Y 膜均为阴离子交换膜,C 正确;起始时Ⅰ室(含储液罐)溶液中只含 $a \text{ mol SnBr}_2$,放电后,Ⅰ室中 $c(\text{Sn}^{4+}) : c(\text{Sn}^{2+}) = 4 : 1$ 时,有 $\frac{4}{5}a \text{ mol Sn}^{2+}$ 转化为 Sn^{4+} ,转移电子 $\frac{8}{5}a \text{ mol}$,即 $1.6a \text{ mol}$,D 错误。

11. C 突破点 ▶ 新型电池工作原理分析及相关计算

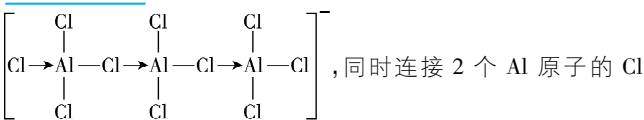
【解析】由电子移动方向可知, a 电极为原电池的负极, 锂失去电子发生氧化反应生成锂离子, 电极反应式为 $\text{Li} - \text{e}^- = \text{Li}^+$, b 电极为正极, 氮气在光电正极催化剂表面得到电子发生还原反应生成氮化锂, 电极反应式为 $\text{N}_2 + 6\text{e}^- + 6\text{Li}^+ = 2\text{Li}_3\text{N}$, A 错误; a 电极为原电池的负极, b 电极为正极, 则放电时, 电流由 b 电极沿导线流向 a 电极, B 错误; b 电极电极反应式为 $\text{N}_2 + 6\text{e}^-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

12. B 突破点 ▶ 利用题干及题图信息分析电池工作原理、 $\text{Al}_n\text{Cl}_{3n+1}^-$ 结构分析

【解析】电解质中添加氯化钠和氯化钾的主要作用是与氯化铝形成 AlCl_4^- 从而提供导电能力, 熔融态 AlCl_3 中不存

易错点

在 Al^{3+} 和 Cl^- , A 错误; $\text{Al}_3\text{Cl}_{10}^-$ 中存在配位键, 其结构为



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

易错警示

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

13. B 突破点 ▶ 结合电极处的连续氧化或还原反应推测电极反应、电化学相关计算

思路分析

依据题意, 该电池放电时, Zn 极失去电子生成 Zn^{2+} , 作为负极; 则 Se@C (硒@多孔石墨) 为正极, Se 得到电子并与 Cu^{2+} 结合先形成 CuSe, 然后继续得电子经过多步转化: $\text{CuSe} \longrightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2 \longrightarrow \text{Cu}_{2-x}\text{Se} \longrightarrow \text{Cu}_2\text{Se}$, 最后生成 Cu_2Se ; 充电时, 阴极上 Zn^{2+} 得到电子生成 Zn, 阳极上 Cu_2Se 失去电子发生连续氧化反应最终得到 Se, 且释放 Cu^{2+} 。

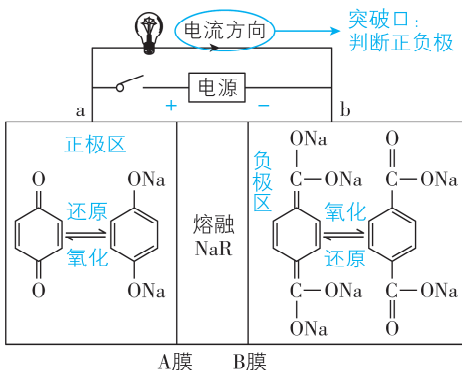
【解析】放电时阴离子向负极移动, 据分析, 放电过程中 SO_4^{2-} 移向右侧, A 错误; 据分析, 充电时 Se@C 电极总反应为 $\text{Cu}_2\text{Se} - 4\text{e}^- = \text{Se} + 2\text{Cu}^{2+}$, B 正确; 放电时正极总反应为 $\text{Se} + 2\text{Cu}^{2+} + 4\text{e}^- = \text{Cu}_2\text{Se}$, $\text{CuSe} \longrightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2 \longrightarrow \text{Cu}_{2-x}\text{Se} \longrightarrow \text{Cu}_2\text{Se}$ 过程中铜元素的化合价在降低, $\text{CuSe} \longrightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2$ 是其中的某一步反应, 则放电时 $\text{CuSe} \longrightarrow \text{Cu}_3\text{Se}_2$ 的电极反应式为 $2\text{CuSe} + \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}_3\text{Se}_2$, C 错误; 若中间物质 Cu_{2-x}Se 中 $x=0.2$, 则其化学式为 $\text{Cu}_{1.8}\text{Se}$, 改写化学式为 $a\text{CuSe} \cdot b\text{Cu}_2\text{Se}$, 则 $\frac{a+2b}{a+b} = \frac{1.8}{1}$, 得 $\frac{a}{b} =$

$\frac{1}{4}$, 即 Cu^{2+} 与 Cu^{+} 的个数之比为 $1:(4 \times 2) = 1:8$, D 错误。

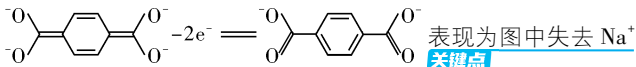
14. C 突破点 ▶ 新型有机电化学装置分析

要点图解

根据电流方向在装置原理图中标出相关的信息。有机物的转化过程中,“加钠”等同于加氢,由此确定氧化还原的方向。



【解析】放电时, a 极区为正极区, 则充电时, a 极区为阳极区, 发生氧化反应, A 错误; 放电时, a 极区需要补充 Na^+ , Na^+ 通过 A 膜移至 a 极区, 充电时, b 极区需要补充 Na^+ , Na^+ 通过 B 膜移至 b 极区, 则 A 膜、B 膜均为阳离子交换膜, B 错误; 放电时, b 电极为负极, 失去电子发生氧化反应, 电极反应式:



表现为图中失去 Na^+

的过程, C 正确; 放电前两极室质量相等, 根据电子转移关系可知 Na^+ 迁移情况为 $e^- \sim \text{Na}^+$, 则放电过程中转移 1 mol 电子时, 有 1 mol Na^+ 由 b 极区迁移至 a 极区, b 极区减少 1 mol Na^+ 、a 极区增加 1 mol Na^+ , 则两极室质量差为 $23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1 \text{ mol} \times 2 = 46 \text{ g}$, D 错误。

全章真题训练

刷真题

刷本源

1. C 命题点 ▶ 常见化学电源及其工作原理

信息梳理

定位: 原电池

电极	电极反应式
负极	$\text{Zn} - 2e^- + 2\text{OH}^- = \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$
正极	$\text{MnO}_2 + e^- + \text{H}_2\text{O} = \text{MnOOH} + \text{OH}^-$

【解析】电池工作时, Zn 作负极, MnO_2 作正极, Mn 元素的化合价由 +4 价降为 +3 价, 发生还原反应, A 错误; 原电池中阴离子移向负极, 故 OH^- 通过隔膜向负极移动, B 错误; 由正极反应式知, 反应中每生成 1 mol MnOOH , 转移电子数为 6.02×10^{23} , D 错误。

知识归纳

原电池中离子移动方向: 正(阳离子)向正; 负(阴离子)向负。

2. B 命题点 ▶ 电化学的相关知识

【解析】由题中装置图可知, 电解时阴极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, 阳极反应式为 $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- - e^- =$

$\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$, 总反应为 $2\text{Ni}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NiOOH} + \text{H}_2 \uparrow$, 电解后 KOH 的物质的量浓度不变, A 项错误, B 项正确, C 项错误; 未说明反应的温度和压强, 无法使用气体摩尔体积计算氧气体积, D 项错误。

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

信息梳理

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

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

【解析】 电极 a 上生成 H^+ , 电极 b 上消耗 H^+ , H^+ 通过质子交换膜从左室移向右室, B 错误; 在探究溶液浓度变化时, 不仅要关注溶

关键点

质的变化, 也要关注溶剂的变化, 在光解过程中, 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。

4. (1) H_2 (2) $10\text{HCO}_3^- + 8\text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_4 \uparrow + 9\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ (3) 每生成 1 mol C_2H_4 需得到 12 mol 电子, 每生成 1 mol HCOO^- 需得到 2 mol 电子, 当电解电压为 U_3 V 时生成 C_2H_4 和 HCOO^- 的法拉第效率分别为 24% 和 8%, 所以电解生成 C_2H_4 和 HCOO^- 的物质的量之比为 $\frac{24\%}{12} : \frac{8\%}{2} = 1:2$

命题点 ▶ 电解原理的应用、化学计算

【解析】 (1) 由于电解电压为 U_1 V 时, 电解过程中含碳还原产物的法拉第效率为 0, 即没有含碳还原产物生成, 则阴极电解产物为 H_2O 得到电子后生成的 H_2 。

(2) 由于阴极发生的是得到电子的还原反应, 所以 HCO_3^- 在阴极得到电子生成 CH_4 : $10\text{HCO}_3^- + 8\text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_4 \uparrow + 9\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

5. (1) $\text{CuCl}_2 + 2\text{Cl}^- - \text{e}^- \longrightarrow \text{CuCl}_4^{2-}$ (2) Cu 、 O

命题点 ▶ 电解原理的应用、化学反应历程分析。

【解析】 (1) 阳极发生的是失去电子、化合价升高的氧化反应, 即 CuCl_2 失去电子生成 CuCl_4^{2-} 的氧化反应: $\text{CuCl}_2 + 2\text{Cl}^- - \text{e}^- \longrightarrow \text{CuCl}_4^{2-}$ 。

(2) 电解液中含有 CuCl_4^{2-} , 热水解时产生 HCl , 热分解时生成 CuCl 和 O_2 , 所以热水解和热分解过程中发生化合价变化的元素有 Cu 和 O 。

刷借鉴

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

思路分析

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

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

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

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

信息梳理

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

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

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

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

思路分析

该电池为二次电池,放电时为原电池,活泼金属 Li 失电子发生氧化反应,作负极, O_2 在多孔功能电极上得电子发生还原反应,多孔功能电极作正极;充电时为电解池,锂电极作阴极,多孔功能电极作阳极。

定位	电极	电极反应式
放电 (原电池)	锂电极(负极)	$Li - e^- \rightleftharpoons Li^+$
	多孔功能电极(正极)	$O_2 + 2e^- \rightleftharpoons O_2^{2-}$ 或 $O_2 + 4e^- \rightleftharpoons 2O^{2-}$
充电 (电解池)	锂电极(阴极)	$Li^+ + e^- \rightleftharpoons Li$
	多孔功能电极(阳极)	$O_2^{2-} - 2e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow$ 或 $2O^{2-} - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow$
总反应: $2Li + O_2 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} Li_2O_2$ 或 $4Li + O_2 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2Li_2O$		

【解析】由电极反应式可知,充放电时有 Li^+ 参与或生成,因此熔融盐中 $LiNO_3$ 的物质的量分数影响充放电速率, Li^+ 优先于 K^+ 通过固态电解质膜,A、B 正确;放电时,1 mol O_2 得 2 mol e^- 转化为 O_2^{2-} ,1 mol O_2 得 4 mol e^- 转化为 O^{2-} ,随温度升高 Q 增大,因此随温度升高正极区 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。