

第六章 化学反应与能量

第一节 化学反应与能量变化

课时1 化学反应与热能

刷基础

1. D 【解析】二氧化碳与碳单质在高温下反应生成CO,属于吸热反应,反应后产物总能量高于反应物总能量,A不符合题意;氯化钠电离需要断裂离子键,吸收能量,电离后离子总能量高于氯化钠能量,B不符合题意;碳酸氢钠与柠檬酸的反应为吸热反应,反应后产物总能量高于反应物总能量,C不符合题意;钠与水反应生成氢氧化钠和氢气,属于放热反应,反应后产物总能量低于反应物总能量,D符合题意。

2. A 【解析】根据图示能量变化曲线,反应物总能量低于生成物总能量,表明该反应为吸热反应。电解水反应需要持续提供电能,是吸热反应,A符合题意;氧化钙与水反应生成氢氧化钙,是放热反应,B不符合题意;氢氧化钠与盐酸发生中和反应,是放热反应,C不符合题意;天然气燃烧是放热反应,D不符合题意。

3. B

教材变式 本题是教材P33实验6-2的变式题,围绕实验现象及其解释,综合考查了氮及其化合物的性质与化学反应的能量变化。

【解析】烧瓶壁变冷是因为 NH_4Cl 和 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 的反应为吸热反应,A错误;湿润的红色石蕊试纸遇碱性气体变蓝,该反应生成的碱性气体为氨气,现象和解释均合理,B正确;滴加浓盐酸后产生白烟,是浓盐酸挥发出的HCl气体和瓶内产生的 NH_3 反应生成 NH_4Cl 固体小颗粒,C错误;该反应开始时生成氨气,体系压强增大,使气球变大,滴加浓盐酸后,氨气与HCl反应会消耗 NH_3 ,体系压强减小,使气球变小,D错误。

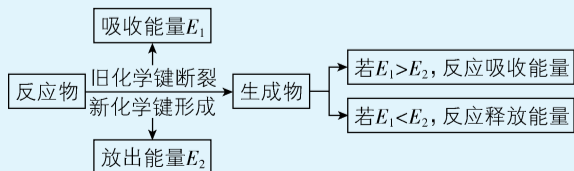
4. D 【解析】化学反应过程中,旧键断裂需要吸收能量,新键形成会释放能量,A错误;需要加热的反应不一定是吸热反应,例如碳的燃烧需要加热但属于放热反应,不需要加热就能发生的反应不一定是放热反应,例如氯化铵与氢氧化钡晶体的反应不需要加热就能发生但属于吸热反应,B错误;伴随

→ **速记:** 反应条件与反应是释放热量还是吸收热量无必然联系

能量变化的物质变化不一定是化学反应,例如液态水吸热形成水蒸气的过程属于物理变化,C错误;若反应物总能量高于生成物总能量,反应为放热反应,若反应物总能量低于生成物总能量,反应为吸热反应,因此化学反应过程是吸热还是放热,与反应物总能量和生成物总能量的相对大小有关,D正确。

归纳总结 化学键与能量变化的关系

化学反应中,反应物化学键断裂,吸收能量,形成新化学键,放出能量,得到生成物。反应物总能量与生成物总能量不相等。



5. C 【解析】该反应为可逆反应,投入的2 mol NO无法完全消耗,实际放热小于666.0 kJ,A错误;2 mol NO完全反应时,断键吸收的总能量($2x \text{ kJ} + 2 \times 436 \text{ kJ}$) - 成键放出的总能量($946 \text{ kJ} + 4 \times 463 \text{ kJ}$) = -666 kJ,解得 $x = 630$, $\text{N} \equiv \text{N}$ 键能($946 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)远高于NO中化学键的键能($630 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$),键能越大越稳定,所以 N_2 更稳定,B错误,C正确; $\text{H}_2\text{O}(l)$ 比 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 能量更低,生成液态水时放热更多,应大于333.0 kJ,D错误。

→ **易错点:** 判断能量大小时,要关注反应物和生成物的状态

6. C 【解析】题图中反应物的总能量小于生成物的总能量,为吸热反应,而锌和稀硫酸的反应为放热反应,与图示不符,A错误;由题图可知,石墨的能量低于金刚石的能量,物质具有的能量越低越稳定,则石墨比金刚石更稳定,B错误;由题图可知,2 mol $\text{SO}_3(g)$ 转化为2 mol $\text{SO}_2(g)$ 和1 mol $\text{O}_2(g)$ 过程中吸收 $a \text{ kJ}$ 能量,放出 $b \text{ kJ}$ 能量,则总反应吸收 $(a-b) \text{ kJ}$ 能量,C正确;由题图可知,白磷的能量高于红磷的能量,因此白磷转化为红磷是放热反应,D错误。

7. A 【解析】根据题中所给图像可知,1 mol B(g)与1 mol A(g)的能量差为 $(E_1 - E_2) \text{ kJ}$,1 mol C(g)与1 mol B(g)的能量差为 $(E_4 - E_3) \text{ kJ}$,故1 mol C(g)与1 mol A(g)的能量差为 $(E_4 - E_1 + E_2 - E_3) \text{ kJ}$,A正确;物质的能量越低越稳定,A(g)的能量高于C(g),故C(g)的稳定性大于A(g),B错误; $\text{B}(g) \rightarrow \text{C}(g)$ 为放热反应,C错误; $\text{A}(g) \rightarrow \text{B}(g)$ 为吸热反应,但不一定需要加热才能发生,D错误。

8. D 【解析】生成物总能量低于反应物总能量,则总反应为放热反应,A正确;根据图示,过程I、II均为O—H断裂,故均需要吸收能量,B正确;过程III既有O—H断裂,又有C=O、O—H形成,C正确;根据题图可知 $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$ 总能量大于 $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$ 总能量,不能判断 $\text{CO}_2(g)$ 和 $\text{CO}(g)$ 的能量大小,无法判断二者稳定性强弱,D错误。

9. (1)放出 45.5 (2)180

【解析】(1)由图甲知,生成物的总能量低于反应物的总能量,因此该反应是放热反应;生成1 mol $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 放出 $(510 - 419) \text{ kJ} = 91 \text{ kJ}$ 能量,则生成16 g即0.5 mol $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 放出45.5 kJ能量。

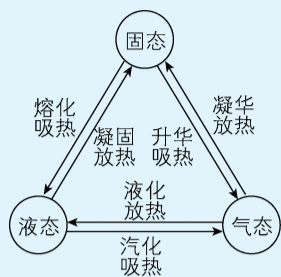
(2)断裂1 mol 氮气中化学键需要吸收946 kJ能量,断裂1 mol 氧气中化学键需要吸收498 kJ能量,形成2 mol 一氧化氮中化学键需放出 $2 \times 632 \text{ kJ} = 1264 \text{ kJ}$ 能量,故生成2 mol NO(g)时吸收的能量为 $946 \text{ kJ} + 498 \text{ kJ} - 1264 \text{ kJ} = 180 \text{ kJ}$ 。

刷易错

★易错点 判断能量变化时忽略物质状态变化

10. C 【解析】 $\text{I}_2(s)$ 转化为 $\text{I}_2(g)$ 是升华过程,仅破坏分子间作用力,共价键未发生断裂,A正确;由图中能量关系可知, $\text{HI}(g)$ 分解生成 $\text{I}_2(g)$ 和 $\text{H}_2(g)$ 时反应吸热,生成 $\text{I}_2(s)$ 和 $\text{H}_2(g)$ 时反应放热,B正确;由题图知,2 mol $\text{HI}(g)$ 的能量低于1 mol $\text{I}_2(g)$ 和1 mol $\text{H}_2(g)$ 的总能量, $\text{HI}(s)$ 的能量低于 $\text{HI}(g)$,则2 mol $\text{HI}(s)$ 的能量低于1 mol $\text{I}_2(g)$ 和1 mol $\text{H}_2(g)$ 的能量之和,C错误;由图可知,1 mol $\text{I}_2(s)$ 与1 mol $\text{H}_2(g)$ 化合生成2 mol $\text{HI}(g)$ 时吸收 $17 \text{ kJ} - 12 \text{ kJ} = 5 \text{ kJ}$ 能量,则生成1 mol $\text{HI}(g)$ 需要吸收2.5 kJ能量,D正确。

易错警示 由于物质所具有的能量与其聚集状态有关,故根据图示计算反应吸收或放出能量的数值时,要注意物质的聚集状态变化。



刷提升

1. C 【解析】图①中温度计的水银柱上升,说明溶液温度升高,此现象可说明盐酸和氢氧化钠的反应是放热反应, **A 不符合题意**;图②中饱和石灰水变浑浊,说明溶液温度升高,此现象可说明镁和稀盐酸的反应是放热反应, **B 不符合题意**;图③中反应开始后,甲处液面低于乙处液面,说明广口瓶内气体受热膨胀,瓶内压强增大,此现象可说明过氧化钠与蒸馏水的反应是放热反应, **D 不符合题意**。

易错点: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的溶解度随着温度的升高而降低

现象可说明镁和稀盐酸的反应是放热反应, **B 不符合题意**;锌与稀硫酸反应生成氢气,则反应开始后针筒活塞向右移动的原因可能是生成氢气使气体体积增大,也可能是反应放热导致装置内气体膨胀,不能充分说明该反应是放热反应, **C 符合题意**;图④中反应开始后,甲处液面低于乙处液面,说明广口瓶内气体受热膨胀,瓶内压强增大,此现象可说明过氧化钠与蒸馏水的反应是放热反应, **D 不符合题意**。

2. A 【解析】反应吸、放热与反应条件无关,该反应虽然为吸热反应,但不一定需要在加热条件下才能进行, **A 错误**;根据图示,反应物的总能量比生成物的总能量低, **B 正确**;根据图示,生成 2 mol AB 气体分子吸收 $(a-b)$ kJ 能量,则该反应每生成 4 mol AB 气体分子吸收 $2(a-b)$ kJ 能量, **C 正确**;根据图示,生成 2 mol AB(g),破坏反应物中化学键所需的能量为 a kJ,形成生成物中化学键,释放 b kJ 能量,破坏反应物中化学键所需的能量高于形成生成物中化学键释放的能量, **D 正确**。

3. D 【解析】由题图可知,1 mol N_4 中含有 6 mol N—N,可生成 2 mol N_2 ,形成 2 mol $\text{N}\equiv\text{N}$,则 1 mol N_4 转化为 N_2 时化学键断裂吸收的能量为 $6 \times 167 \text{ kJ} = 1\,002 \text{ kJ}$,化学键形成放出的能量为 $2 \times 942 \text{ kJ} = 1\,884 \text{ kJ}$,所以反应放出的能量为 $1\,884 \text{ kJ} - 1\,002 \text{ kJ} = 882 \text{ kJ}$,则 N_4 的能量高于 N_2 , N_2 比 N_4 更稳定, **A、B 错误**;由分子结构可知, N_4 中的每个 N 原子形成三个共价键,有一个孤电子对,满足最外层 $8e^-$ 稳定结构, **C 错误**; N_4 与 N_2 中 N 与 N 间均形成非极性共价键, **D 正确**。

4. C 【解析】由题图可知,氯化镁的能量低于镁和氯气的能量之和,则由氯化镁制取镁的过程是吸热过程, **A 错误**;未指明是否为标准状况,反应放出的热量不能确定, **B 错误**;由题图可知,金属镁和卤素单质的能量之和大于生成物的能量,故镁与卤素单质 $\text{X}_2(\text{g})$ 的反应都是放热反应, **C 正确**;物质的键能越大,能量越低,四种卤化镁中 $\text{MgF}_2(\text{s})$ 的能量最低,则 $\text{MgF}_2(\text{s})$ 所含化学键的能量最大, **D 错误**。

5. D 【解析】根据题中所给图像可知,横坐标为 Cl 元素的化合价, a 代表 Cl^- 、b 代表 ClO^- 、c 代表 ClO_2^- 、d 代表 ClO_3^- 、e 代表 ClO_4^- ,纵坐标为含氯离子的能量。e 对应的含氯离子中氯元素为 +7 价,代表 ClO_4^- ,即 $x=4$, **A 正确**;在酸性条件下, Cl^- 、 ClO^- 会发生归中反应产生 Cl_2 , **B 正确**;3 mol ClO^- 转化为

2 mol Cl^- 和 1 mol ClO_3^- ,反应物的总能量为 $3 \text{ mol} \times 60 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 180 \text{ kJ}$,生成物的总能量为 $1 \text{ mol} \times 64 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 64 \text{ kJ}$,反应物总能量大于生成物的总能量,故该反应为放热反应,放出 $180 \text{ kJ} - 64 \text{ kJ} = 116 \text{ kJ}$ 热量, **C 正确**;从能量角度分析,能量越低,含氯离子越稳定,则溶液中最稳定的是能量最低的 Cl^- , **D 错误**。

6. D 【解析】炭黑和氧气的总能量大于活化氧的总能量,故生成活化氧的总反应是放热反应, **A 正确**;反应物氧气中存在氧氧键,炭黑中存在碳碳键,生成物活化氧中存在碳氧键和碳碳键,因此反应过程中存在氧氧键的断裂和碳氧键的生成, **B 正确**;由图像可知,在有水条件下,断裂化学键所需能量更低,反应更容易发生, **C 正确**;反应前氧气中 O 元素的化合价为 0,在活化氧中 O 元素的化合价不为 0,故反应前后氧元素的化合价发生了改变, **D 错误**。

7. (1) 升高 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4\text{Cl} = \text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$

(2) 作为对照实验,排除物质溶解对实验的影响 NaHCO_3

【解析】(1) 装置甲中铁与稀硫酸的反应为放热反应,故温度计中水银的液面升高; $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 反应的化学方程式为 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4\text{Cl} = \text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) Na_2CO_3 、 NaHCO_3 溶于水的过程中也伴随着热量变化,为探究 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 与盐酸反应的热效应,需要做对照实验排除溶解过程热效应的影响;分析实验 a、c 可知, NaHCO_3 与盐酸反应后,混合溶液的温度比 NaHCO_3 在相同量水中溶解后的温度低,说明 NaHCO_3 与盐酸的反应为吸热反应;同理,分析实验 b、d 可知, Na_2CO_3 与盐酸的反应为放热反应,故 NaHCO_3 与盐酸反应时的能量变化符合图丙。

8. (1) 放出 $12b-6a-3c$ (2) 放出 56

【解析】(1) 化学反应过程中,断裂化学键需要吸收能量,形成化学键会释放能量。1 mol O_2 中含有 1 mol $\text{O}=\text{O}$,由图中结构可知,1 mol P_4 中含有 6 mol $\text{P}-\text{P}$,1 mol P_4O_6 中含有 12 mol $\text{P}-\text{O}$,故 1 mol 白磷发生题给反应,断键吸收 $(6a+3c)$ kJ 热量,成键释放 12b kJ 热量,该反应为燃烧反应,反应放热,故反应放出 $(12b-6a-3c)$ kJ 热量。

(2) 由图乙可知, $\text{SiHCl}_3(\text{g})$ 的能量高于 $\text{SiHCl}_3(\text{l})$,得到 1 mol $\text{SiHCl}_3(\text{l})$ 放出 238 kJ-210 kJ = 28 kJ 热量,因此得到 2 mol $\text{SiHCl}_3(\text{l})$ 放出 56 kJ 热量。

刷素养

9. D 【解析】根据题中所给反应机理可知,步骤③中有碳氧键的断裂和形成, **A 正确**;步骤①中钛由 +4 价变为 +3 价,步骤③中钛由 +3 价变为 +4 价,碳元素由 +4 价变为 +2 价,故①③为氧化还原反应,但步骤②中 CO_2 与 Ti^{3+} 结合形成中间体,步骤④中 CO 从催化剂上脱附,无化合价的变化,不属于氧化还原反应, **B 正确**;反应 $2\text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 进行过程中,断裂 2 mol CO_2 中的化学键需要吸收 $(1\,598 \times 2) \text{ kJ} = 3\,196 \text{ kJ}$ 能量,形成 2 mol CO 和 1 mol O_2 中化学键所放出的能量为 $(1\,072 \times 2 + 496) \text{ kJ} = 2\,640 \text{ kJ}$,故分解 1 mol CO_2 需要吸收 $\frac{1}{2} \times (3\,196 - 2\,640) \text{ kJ} = 278 \text{ kJ}$ 能量, **C 正确**;该反应以 TiO_2 为催化剂,在光和热条件下分解 CO_2 生成 CO 和 O_2 ,故该反应中,光能和热能转化为化学能, **D 错误**。

刷基础

1. A 【解析】Fe 与 Fe^{3+} 反应生成 Fe^{2+} , 存在 Fe 的氧化 ($0 \rightarrow +2$) 和 Fe^{3+} 的还原 ($+3 \rightarrow +2$), 是氧化还原反应, 可设计成原电池, **A 正确**; NaHCO_3 与 HCl 的反应为复分解反应, 无元素化合价变化, 无电子转移, 无法形成原电池, **B 错误**; CaO 与水反应生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 不是氧化还原反应, 无电子转移, 无法形成原电池, **C 错误**; NaOH 与 H_2SO_4 的中和反应为复分解反应, 无电子转移, 无法形成原电池, **D 错误**。

2. D 【解析】Fe 和 Cu 未用导线连接, 无法形成闭合回路, 不能构成原电池, **A 错误**; 两个盛装稀硫酸的烧杯相互独立, 无法形成闭合回路, 不能构成原电池, **B 错误**; 四氯化碳属于非电解质, 不能电离出自由移动的离子, 且铁和铜均不与四氯化碳反应, 不能构成原电池, **C 错误**; 有活泼性不同的 Fe、Cu 作为电极, 电解质溶液为可导电的 CuCl_2 溶液, 外电路通过导线连接形成闭合回路, 且存在自发的氧化还原反应 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$, 满足原电池构成条件, **D 正确**。

归纳总结 原电池的组成——两极一液一线一反应

- (1) 两极——有两个活泼性不同的电极 (金属与金属或金属与能导电的非金属, 燃料电池除外);
 - (2) 一液——有电解质溶液 (或熔融电解质) 作为反应介质, 参与氧化还原反应;
 - (3) 一线——两极用导线相连 (或直接接触), 形成闭合回路;
 - (4) 一反应——有自发进行的氧化还原反应。
- 四个条件必须同时具备, 缺一不可。

3. B 【解析】该装置为原电池, 锌的金属活动性比铜强, 锌片为负极, 铜片为正极, 柠檬液显酸性, 含 H^+ , 可作电解液, 该装置的能量转化形式主要为化学能 $\rightarrow$ 电能 $\rightarrow$ 光能, **A 正确**; 原电池中电子由负极沿导线流向正极, 不能进入电解液, 即电子的流向为 $\text{Zn} \rightarrow$ 导线 $\rightarrow \text{Cu}$, **B 错误**; 锌片是负极, 电极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$, 其质量不断减小, **C 正确**; 铜片为正极, 电极反应为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$, **D 正确**。

4. D 【解析】该装置为原电池, 将化学能转化为电能, **A 错误**; 根据总反应可知 Zn 失电子生成 Zn^{2+} , 为负极, 负极发生失电子的氧化反应, **B 错误**; 电子只能在外电路中定向移动, 不能经过内电路, **C 错误**; 正极发生得电子的还原反应, 反应 $2\text{NH}_4^+ + 2\text{e}^- = 2\text{NH}_3 + \text{H}_2 \uparrow$ 在正极上发生, **D 正确**。

5. A

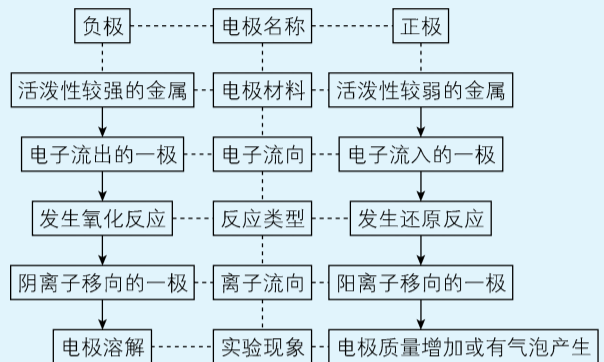
教材变式 本题是教材 P54 复习与提高第 5 题的变式题, 综合考查根据四种金属组成的装置的反应现象判断金属活动性顺序。

【解析】在以非氧化性酸溶液为电解质溶液的原电池装置中, 负极材料的金属活动性强于正极材料。装置一中, 电子从 a 极流向 d 极, 则 a 极作负极, d 极作正极, 金属的活动性顺序: $a > d$; 装置二中, b 极有气泡产生, c 极无变化, 说明金属 b 能与稀硫酸反应, 而金属 c 不能, 则 b 为 H 前金属, c 为 H 后金属。

易错点: b、c 没有用导线连接, 未形成原电池

属, 故金属活动性: $b > c$; 装置三中, a 极质量增加, 说明 Cu^{2+} 在 a 极上得电子转化为 Cu 单质, a 极作正极, b 极质量减小, 说明 b 单质失电子转化为离子进入溶液中, b 极作负极, 则金属的活动性顺序: $b > a$; 装置四中, d 极质量减少, c 极有气泡产生, 则 d 极作负极, c 极作正极, 金属的活动性顺序: $d > c$ 。综上所述可知, 这四种金属的活动性顺序为 $b > a > d > c$, 故选 A。

模型建构 原电池正、负极的判断方法 (正、负极均为金属材料)



注意实验现象通常只作为辅助判断的方法, 部分电池存在特殊情况。

6. A 【解析】锌和硫酸反应, 加入硫酸铜溶液后, 锌会先置换出金属铜, 形成锌-铜-稀硫酸原电池, 加快金属锌和稀硫酸反应的速率, 所以反应速率: $a > b$; 由于稀硫酸过量, 产生氢气的量取决于金属锌的质量, 而 a 中一部分金属锌用于置换金属铜, 导致和稀硫酸反应生成氢气的量减少, 所以生成氢气的体积: $a < b$ 。选 A。

7. C

思路导引 O_2 在 Pt 电极得电子发生还原反应, Pt 电极为正极, 废酸溶液显酸性, 则电极反应为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$; Ag 失去电子与溶液中的 Cl^- 结合, Ag 为负极, 电极反应为 $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$ 。

【解析】由分析可知, Ag 为负极, **A 错误**; 溶液为酸性, 故 Pt 表面发生的电极反应为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$, **B 错误**; 工作一段时间后, Pt 电极附近溶液中 $c(\text{H}^+)$ 减小, pH 变大, **C 正确**; 由分析及得失电子守恒可得关系式: $\text{O}_2 \sim 4\text{Ag} \sim 4\text{Cl}^- \sim 4\text{AgCl}$, 则每消耗标准状况下 22.4 L (1 mol) 的 O_2 , 转移 4 mol 电子, 最多去除 4 mol Cl^- , **D 错误**。

8. B 【解析】普通锌锰干电池工作时, 锌为活泼金属单质, 作负极, 石墨为能导电的非金属单质, 作正极, MnO_2 在石墨电极上得到电子发生还原反应, **A 正确**; 铅酸蓄电池放电时, 负极的电极反应式为 $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4$, 故每通过 2 mol 电子, 负极极板质量增加 96 g, **B 错误**; 图丙装置中锌片作负

易错点: 铅酸蓄电池工作时两极质量均会增大

极, 石墨片作正极, 若用镁片代替石墨片, 由于镁比锌活泼, 则镁片作负极, 锌片作正极, 电流表的指针偏转方向与原来的相反, **C 正确**; 纽扣式银锌电池工作时, 锌为活泼金属单质, 作负极, 放电时锌失去电子发生氧化反应, **D 正确**。

9. D 【解析】a 极通入乙醇,乙醇失电子发生氧化反应,a 是负极;b 极通入氧气,氧气得电子发生还原反应,b 是正极。正极发生反应: $O_2 + 4e^- + 2H_2O \rightleftharpoons 4OH^-$, 负极电极反应式为 $C_2H_5OH - 12e^- + 16OH^- \rightleftharpoons 2CO_3^{2-} + 11H_2O$, 即电池工作时,消耗的 OH^- 多于生成的 OH^- , 电池工作结束后,电解质溶液的 pH 减小, A 正确, D 错误; a 是负极、b 是正极, 电池工作时, 外电路中电流从 b 电极流向 a 电极, B 正确; 当 0.2 mol 电子通过装置时, b 电极上消耗 0.05 mol 氧气, 标准状况下的体积为 1.12 L, C 正确。

模型建构 燃料电池电极反应式的书写与判断

第一步: 写出燃料电池的总反应。

若产物不和电解质溶液反应, 则燃料电池的总反应与燃料的燃烧反应一致; 若产物能和电解质溶液反应, 则总反应为加和后的反应。

如甲烷燃料电池(电解质溶液: NaOH 溶液)涉及



①式+②式得燃料电池的总反应为 $CH_4 + 2O_2 + 2NaOH \rightleftharpoons Na_2CO_3 + 3H_2O$ 。

第二步: 写出燃料电池的正极反应式。

一般在正极上发生还原反应的物质都是 O_2 , 电解质溶液不同, 其电极反应有所不同, 一般有以下四种情况:

(1) 酸性电解质溶液环境下, 电极反应式: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$ 。

(2) 碱性电解质溶液环境下, 电极反应式: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$ 。

(3) 固体电解质(高温下能传导 O^{2-})环境下, 电极反应式: $O_2 + 4e^- \rightleftharpoons 2O^{2-}$ 。

(4) 熔融碳酸盐(如熔融 K_2CO_3)环境下, 电极反应式: $O_2 + 2CO_2 + 4e^- \rightleftharpoons 2CO_3^{2-}$ 。

第三步: 写出燃料电池的负极反应式。

总反应-正极反应式=负极反应式。在将两个反应式相减时, 要消去正极的反应物 O_2 。

注: 在燃料电池中, 通入燃料的电极均为负极, 通入空气或氧气的电极均为正极。

10. (1) B Zn 石墨 d (2) 减小

(3) ② $Zn + Cu^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + Cu$ (4) 12.9

(5) 溶液颜色变浅或褪去 $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$

【解析】(1) 图甲、乙、丙中装置均为原电池, 图甲中电子由 B 极移向 A 极, 则 B 为负极; 图乙中锌比铜活泼, 锌失去电子, 氯化铜中的铜离子得到电子, 则锌是负极; 图丙中石墨 d 上 Fe^{2+} 失去电子变为 Fe^{3+} , 则石墨 d 为负极。

(2) 图甲中, 若 B 电极为 Fe, 溶液 X 为稀硫酸, 则铁失去电子, 氢离子在 A 电极得到电子生成 H_2 , 则溶液中 H^+ 的物质的量浓度减小。

(3) 图乙装置中锌为负极, 铜为正极, 在原电池中阳离子向正极移动, 即盐桥中的 K^+ 向烧杯②移动, 原电池总反应为

速记: 原电池中离子的移动规律为“正正负负”



(4) 图乙装置的总反应为 $Zn + Cu^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + Cu$, 若电路中转移 0.2 mol 电子, 则负极会溶解 0.1 mol 锌, 质量是 6.5 g, 同时正极上析出 0.1 mol 铜, 质量是 6.4 g, 则两电极质量相差 $6.5 g + 6.4 g = 12.9 g$ 。

(5) 酸性条件下, MnO_4^- 氧化性很强, 则图丙装置中左侧 MnO_4^- 得到电子转化为锰离子, 可观察到的现象为溶液颜色变浅或褪去; 对应的电极反应式为 $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$ 。

刷易错

★易错点 原电池正、负极的判断错误

11. C 【解析】由 Al、Cu、稀硫酸组成的原电池, 铝作负极, 其负极反应式为 $Al - 3e^- \rightleftharpoons Al^{3+}$, A 正确; 由 Mg、Al、NaOH 溶液组成的原电池, 铝失电子发生氧化反应, 铝作负极, 其负极反应式为 $Al - 3e^- + 4OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$, B 正确; 由 Fe、Cu、 $FeCl_3$ 溶液组成的原电池, 铁的还原性强于铜, 铁作负极, 其负极反应式为 $Fe - 2e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$, C 错误; 由 Al、Cu、浓硝酸组成的原电池, 铝在浓硝酸中钝化, 铜作负极, 其负极反应式为 $Cu - 2e^- \rightleftharpoons Cu^{2+}$, D 正确。

易错警示 原电池反应的本质是发生氧化还原反应, 还原剂在负极失电子, 氧化剂在正极得电子。对原电池正、负极的判断不能离开对原电池反应本质的分析。以下两种情况要特别注意:

①碱性条件下有 Al 参与的反应, 电池总反应为 $2Al + 2OH^- + 6H_2O \rightleftharpoons 2[Al(OH)_4]^- + 3H_2 \uparrow$, Al 失电子作负极。

②常温下, Fe、Al 在浓硫酸、浓硝酸中钝化(注意在稀硫酸、稀硝酸中不钝化), 表面生成致密的薄膜, 不能再失电子, 而此时若另一个金属电极可与浓硫酸、浓硝酸反应, 则另一个电极作负极, Fe、Al 作正极; 反之则不能构成原电池。

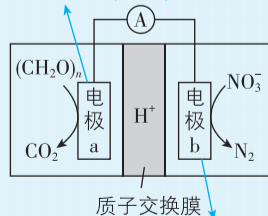
刷提升

1. B 【解析】根据题目信息可知, 电池的总反应为 $Zn + MnO_2 \xrightarrow{\text{电解质}} ZnO + MnO$, 则负极反应式为 $Zn - 2e^- + O^{2-} \rightleftharpoons ZnO$, 正极反应式为 $MnO_2 + 2e^- \rightleftharpoons MnO + O^{2-}$, 电解质膜用于传递 O^{2-} 。含有 Zn 膜的碳纳米管纤维作电池的负极, A 正确; MnO_2 在电池的正极得电子, 发生还原反应, B 错误; 电池工作时, O^{2-} 通过电解质膜进行迁移, C 正确; 原电池是将化学能转化为电能的装置, 因此电池工作时化学能主要转化为电能, D 正确。

2. C

题图剖析

$(CH_2O)_n$ 在电极 a 表面转化为 CO_2 , C 化合价升高, 失去电子, 电极 a 作负极, 电极反应式为 $(CH_2O)_n - 4ne^- + nH_2O \rightleftharpoons nCO_2 \uparrow + 4nH^+$



NO_3^- 在电极 b 表面转化为 N_2 , N 化合价降低, 得到电子, 电极 b 作正极, 电极反应式为 $2NO_3^- + 10e^- + 12H^+ \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 6H_2O$

【解析】由分析可知,电极 a 为负极,发生氧化反应, **A 正确**;在原电池中阳离子向正极移动,故 H^+ 通过质子交换膜从左向右移动, **B 正确**;由于未指明 22.4 L N_2 是否处于标准状况下,故无法计算其物质的量,也无法计算该过程中转移电子数, **C 错误**;电极 b 的电极反应式为 $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$, **D 正确**。

3. B

思路导引 根据电池总反应 $2\text{Al} + 3\text{HO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{OH}^-$ 知,电池工作时,Al 的化合价由 0 价升高到 +3 价,失去电子,发生氧化反应,则 Al 电极为负极,石墨电极为正极, HO_2^- 在石墨电极表面得到电子,发生还原反应。

【解析】原电池中电子由负极沿导线流向正极,即电子的流向为 Al 电极 $\rightarrow$ 导线(外电路) $\rightarrow$ 石墨电极, **A 正确**;石墨电极为正极, HO_2^- 在该电极表面得到电子,电极反应式为 $\text{HO}_2^- + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{OH}^-$, **B 错误**;Al 电极为负极,在原电池中阴离子向负极移动,即溶液中 OH^- 向 Al 电极迁移, **C 正确**;由于双氧水不稳定,受热易分解,故该电池不适合在较高温度下使用, **D 正确**。

突破点 根据电极材料、电解质的性质判断电池使用条件

4. (1) $\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 增加 0.1 N_A

(2) $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ 减弱

【解析】(1)由工作时的总反应知,B 电极上 PbO_2 得到电子生成 PbSO_4 ,电极反应式为 $\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;该电池在工作时,A 电极上 Pb 失去电子变为 PbSO_4 ,电极反应式为 $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$, PbSO_4 附着在电极上,则 A 电极质量增加;由总反应知,反应消耗 2 mol H_2SO_4 时,转移 2 mol 电子,若该电池反应消耗了 0.1 mol H_2SO_4 ,则转移电子的物质的量为 0.1 mol,数目为 0.1 N_A 。

(2)碱性条件下,甲烷氧气燃料电池中,通入 CH_4 的 A 极为负极,电极反应式为 $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$;该电池的总反应为 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$, OH^- 被消耗,在工作一段时间后,溶液的碱性将减弱。

刷素养

5. B 【解析】由电池工作原理示意图可知反应中 Na 被氧化为 Na^+ ,则 a 极为原电池的负极,b 极为原电池的正极, Na^+ 将从 a 极移动到 b 极, **A 正确**;Na 和水会剧烈反应产生氢气,该电池的有机电解液不可以换成更易导电的饱和 NaCl 溶液, **B 错误**;系统工作时,b 极区中二氧化碳溶于水电离出的 H^+ 得电子被还原生成 H_2 ,电极反应式为 $2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^- + \text{H}_2$,碳酸氢根离子与移动过来的钠离子结合成碳酸氢钠,所以 b 极区可能会析出碳酸氢钠固体,离子方程式为 $\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 \downarrow$, **C 正确**;由 b 极的电极反应式知,每生成 1 mol H_2 转移 2 mol 电子, **D 正确**。

第一节综合训练

刷能力

1. A 【解析】葡萄糖在体内被氧化的过程中,自身储存的化学能转化为热能等能量, **A 错误**;铅酸蓄电池属于二次电池,放电时化学能转化为电能,充电时电能转化为化学能,可实现电能与化学能的循环转化, **B 正确**;晶体硅是良好的半导体

材料,用其制造的太阳能电池可将太阳能直接转化为电能, **C 正确**;化学反应的本质是旧化学键的断裂和新化学键的形成,化学反应中断裂旧化学键需要吸收能量,形成新化学键会释放能量,反应的能量变化主要是由化学键的变化引起的, **D 正确**。

2. A 【解析】反应物①[1 mol $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{mol O}_2(\text{g})$]的总能量高于生成物③[1 mol $\text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{mol H}_2\text{O}(\text{g})$]的总能量,该反应为放热反应, **A 正确**;气态水转化为液态水会释放能量,因此 1 mol $\text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{mol H}_2\text{O}(\text{l})$ 的总能量低于 1 mol $\text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 的总能量,则若标记在图中,应标在③的下方, **B 错误**;① $\rightarrow$ ②过程中断裂 4 mol C—H 和 2 mol $\text{O}=\text{O}$,断键需要吸收能量,则 $4 \text{mol} \times E(\text{C—H}) + 2 \text{mol} \times E(\text{O}=\text{O}) = 2646 \text{ kJ}$,代入 $E(\text{O}=\text{O}) = 498 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则 $E(\text{C—H}) = 412.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 错误**;1 mol 甲烷完全反应时,放出的能量为 $3446 \text{ kJ} - 2646 \text{ kJ} = 800 \text{ kJ}$,此时生成 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$,含 2 mol C=O,若放出(转化)200 kJ 能量,生成 C=O 的物质的量为 $\frac{200}{800} \times 2 \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$, **D 错误**。

3. C 【解析】用碳和水蒸气制备 CO 、 H_2 的反应是典型吸热反应, **A 错误**;气态甲醇转化为液态甲醇会放出能量,因此若生成液态 CH_3OH ,反应放出的总能量更多, **B 错误**;由题图可知,反应物总能量高于生成物总能量,该合成甲醇的反应为放热反应,则断裂化学键吸收的总能量比形成化学键释放的总能量少, **C 正确**;该反应为可逆反应,充入 1 mol $\text{CO}(\text{g})$ 和 2 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 不能完全转化为甲醇,因此最终放出的能量小于 $510 \text{ kJ} - 419 \text{ kJ} = 91 \text{ kJ}$, **D 错误**。

4. D

思路导引 H_2S 燃料电池中,电极 a 上 H_2S 失电子生成 S_2 和 H^+ ,为负极,负极反应式为 $2\text{H}_2\text{S} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}_2 + 4\text{H}^+$;电极 b 为正极,正极上 O_2 得电子和氢离子反应生成 H_2O ,电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】电流由正极流向负极,即电流方向:电极 b $\rightarrow$ 负载 $\rightarrow$ 电极 a $\rightarrow$ 质子固体电解质膜 $\rightarrow$ 电极 b, **A 正确**;由分析可知, **B 正确**;34 g H_2S 物质的量 $n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{34 \text{ g}}{34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$,根据负极反应式知,每 1 mol H_2S 参与反应,有 2 mol H^+ 经质子固体电解质膜进入正极区, **C 正确**;正极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$,电路中通过 2 mol 电子时,在正极消耗 0.5 mol O_2 ,未指明标准状况,无法计算氧气的体积, **D 错误**。

5. C 【解析】由题图可知,在 $t_1 \text{ s}$ 前后,电路中的电流方向是相反的。 $t_1 \text{ s}$ 前,因为铝比铜活泼,原电池的负极是铝片,铝发生氧化反应生成氧化铝,正极为铜; $t_1 \text{ s}$ 后,铝片表面生成的致密的氧化铝薄膜阻止了铝的进一步反应,负极变为铜片。根据上述分析可知, $0 \sim t_1 \text{ s}$,原电池的负极是铝片, **A 错误**;由分析可知, $0 \sim t_1 \text{ s}$,正极为铜,正极上硝酸根离子被还原为二氧化氮,正极的电极反应式为 $2\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, **B 错误**; $t_1 \text{ s}$ 后,外电路中电流方向发生改变,其原因是 Al 在浓硝酸中钝化,形成的氧化膜阻止了 Al 的进一步反应, **C 正确**; $t_1 \text{ s}$ 后, Cu 为负极,电子从铜片流出经过外电路流向铝片, **D 错误**。

6. D

思路导引 装置甲中未形成原电池, 锌与硫酸发生反应:

$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$, 溶液温度升高, 化学能转化为热能; 装置乙中形成原电池, Zn 为负极, Cu 为正极, 总反应为 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$, 体系中有电流产生, 且温度升高, 化学能转化为电能和热能。

【解析】实验目的是探究原电池中的能量转化, 0 min 时温度为反应初始温度, 若不测量, 无法确定反应过程中热量的变化量, **A 错误**; 题中温度不是标准状况下的温度, 因此不能用标准状况下的气体摩尔体积进行计算, **B 错误**; 由分析知, 两装置中发生的总反应相同, 则反应消耗等物质的量 Zn 时, 生成 H_2 的量相同, 反应放出的热量相同, 故实验中反应实际释放的总能量与生成的气体的量成正比, 由表中数据可知, 相同时间内, 实验①中生成的气体没有实验②中生成的气体多, 所以反应释放的总能量: ①<②, C 错误; 对比实验①②,

易错点: 能量转化形式有区别, 不能只看温度变化

当产生的气体体积均为 50 mL 时, 实验②溶液温度低于实验①, 实验②中反应的化学能部分转化为电能, 结合 C 项分析知, 实验②产生的电能近似等于其稀 H_2SO_4 升高 $(26.0 - 23.8)^\circ\text{C} = 2.2^\circ\text{C}$ 所吸收的能量, **D 正确**。

7. (1) ①放热 ②92 (2) ①b ②<

(3) ① $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ ② $0.05N_A$

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

(5) ①阴 ② $2\text{NO}_2 + 8\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O} = \text{N}_2 + 8\text{OH}^-$

【解析】(1) ①工业合成氨的化学方程式为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3(\text{g})$, 生成 2 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 的过程中断键吸收的能量为 $(946 + 3 \times 436) \text{ kJ} = 2254 \text{ kJ}$, 成键放出的能量为 $(6 \times 391) \text{ kJ} = 2346 \text{ kJ}$, 成键放出的能量大于断键吸收的能量, 该反应是放热反应。②若消耗 1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$, 理论上生成 2 mol $\text{NH}_3(\text{g})$, 放出的热量 $Q_1 = 2346 \text{ kJ} - 2254 \text{ kJ} = 92 \text{ kJ}$ 。

(2) ①甲中未形成原电池, 无正、负极, 乙中形成原电池, 活泼金属锌作负极, **a 错误**; 两烧杯中均存在氢离子得电子生成氢气的过程, 溶液中氢离子浓度均减小, pH 均增大, **b 正确**; 甲中气泡在锌电极上产生, 乙中气泡在 Cu 电极上产生, **c 错误**。②两烧杯中本质上都是 Zn 与稀硫酸反应, 但乙中形成原电池, 反应速率比正常的化学反应要快, 故在相同时间内, 两烧杯中产生气泡的速率: 甲<乙。

(3) ①由电池总反应 $2\text{Ag}^+ + \text{Cu} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$ 可知, 该反应中 Cu 失去电子, 作负极, 电极反应式为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ 。②当反应进行一段时间后取出电极材料, 测得某一电极质量增加了 5.4 g, 结合电池总反应知, 该电极为正极, 电极反应式为 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$, 增加的 5.4 g 为析出 Ag 的质量, 其物质的量为 $\frac{5.4 \text{ g}}{108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$, 反应转移的电子数目是 $0.05N_A$ 。

(4) 电子从 a 极流向 b 极, 可知 a 极为燃料电池负极, b 极为燃料电池正极。燃料电池中, 空气中 O_2 作氧化剂, 得电子, 则空气从 B 口通入, 故正极的电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ 。

(5) ①在该原电池中, 电极 A 上 NH_3 转化为 N_2 , N 元素化合价升高, 发生氧化反应, 所以电极 A 为负极; 电极 B 上 NO_2 转化为 N_2 , N 元素化合价降低, 发生还原反应, 所以电极 B 为正极。原电池工作时, 溶液中的阴离子向负极移动, 阳离子向正极移动, 为了保证放电持续进行, 需要维持溶液中 OH^- 浓度, 即负极区中 NH_3 在碱性条件下失电子生成 N_2 , 消耗 OH^- , 正极区中 NO_2 得电子生成 N_2 , 同时生成 OH^- , 则 OH^- 需要从正极区向负极区迁移, 所以应选择阴离子交换膜。②电极 B 为正极, NO_2 得到电子生成 N_2 , 同时生成 OH^- , 电极 B 的电极反应式为 $2\text{NO}_2 + 8\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O} = \text{N}_2 + 8\text{OH}^-$ 。

专题 1 新型电池原理分析

刷难关

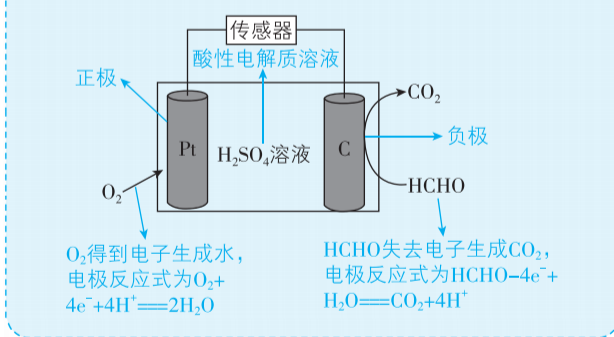
1. C

思路导引 MnOOH 和 ZnMn_2O_4 中 Mn 均为 +3 价, MnO_2 中 Mn 为 +4 价, 则电池放电时, MnO_2 得电子转化为 MnOOH 和 $\text{Mn}_2\text{O}_4^{2-}$, Zn 失电子转化为 Zn^{2+} , 则 Zn 电极为负极, 发生失电子的氧化反应; MnO_2 电极为正极, 发生得电子的还原反应。

【解析】充电时, 电极发生的反应逆向进行, 则负极发生得电子的还原反应, **A 错误**; 电池放电时, 电子不能通过电解质溶液, 只在导线与两极之间移动, **B 错误**; 由电池工作一段时间后 MnO_2 电极上的产物知, 放电时正极上主要发生的电极反应是 $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{MnOOH} + \text{OH}^-$, **C 正确**; 放电时, Zn 电极质量减少 0.65 g, 则消耗 $n(\text{Zn}) = 0.010 \text{ mol}$, 负极电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$, 则电路中转移 0.020 mol 电子, 由得失电子守恒知, 若正极上只有 MnOOH 生成, 则生成 MnOOH 的物质的量为 0.020 mol, 但是正极上还有少量 ZnMn_2O_4 生成, 因此生成 MnOOH 的物质的量小于 0.020 mol, **D 错误**。

2. D

题图剖析



【解析】外电路电流从正极流向负极, 即从 Pt 电极流向 C 电极, **A 正确**; 负极反应式为 $\text{HCHO} + \text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{CO}_2 + 4\text{H}^+$, **B 正确**; 电池工作总反应为 $\text{HCHO} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 随检测的进行, $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 不变, 但生成水, H_2SO_4 溶液浓度逐渐变小, **C 正确**; 由分析可知, 每转移 4 mol e^- 时, 消耗 1 mol HCHO, 则转移 $5.4 \times 10^{-4} \text{ mol e}^-$ 时, 消耗的 HCHO 的物质的量为 $\frac{5.4 \times 10^{-4} \text{ mol}}{4} = 1.35 \times 10^{-4} \text{ mol}$, 则室内甲醛含量为 $\frac{1.35 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1000 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}}{27 \text{ m}^3} = 0.150 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} > 0.080 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 该室内甲醛含量不符合标准, **D 错误**。

3. B

思路导引 燃料电池中,通入燃料的一极为负极,通入氧化剂的一极为正极。该燃料电池中电极 A 通入 CH_4 ,为负极,发生失电子的氧化反应,C 元素的化合价由-4 价升高为+4 价,每个 CH_4 参与反应失去 8 个电子,在熔融碳酸盐电解质中, CO_3^{2-} 提供 O 原子,负极反应为 $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 4\text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons 5\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (D 正确);电极 B 通入 O_2 ,为正极,发生得电子的还原反应(A 正确),每个 O_2 得到 4 个电子后与 CO_2 结合生成 CO_3^{2-} ,正极反应为 $2\text{CO}_2 + \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}$ 。

【解析】 CH_4 是负极(电极 A)的反应物,正极不消耗 CH_4 ,B 错误;原电池中阴离子向负极迁移,A 是负极,因此 CO_3^{2-} 从电极 B(正极)向电极 A(负极)迁移,C 正确。

4. B

思路导引 由图可知,电极 m 上 N 元素的化合价由+5 价降低为 0 价,发生得电子的还原反应,电极 m 为电池正极,电极反应式为 $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$;电极 n 为负极,在微生物作用下 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 在负极失去电子发生氧化反应生成二氧化碳和水,电极反应式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 - 24\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 24\text{H}^+$ 。

【解析】原电池工作时,外电路中电子由负极移向正极,则电子由 n 极转移到 m 极,A 错误;原电池中离子迁移规律为“正正负负”,阳离子向正极移动,则氢离子通过质子交换膜移向 m 极室,B 正确;酸性废水中, OH^- 不能稳定存在,m 极电极反应式为 $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$,C 错误;由负极电极反应式可知,生成 1 mol 二氧化碳时,反应转移电子的物质的量为 4 mol,D 错误。

5. C

思路导引 在 N 极表面 Cr 的化合价由+6 价降低为+3 价, CrO_4^{2-} 发生得电子的还原反应,故 N 极为电池的正极,电极反应式为 $\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$ 。I 区的有机物在 M 极表面转化为二氧化碳,碳元素化合价升高,有机物失去电子发生氧化反应,故 M 极是电池的负极。

【解析】高温会使微生物失去活性,使该电池工作效率降低,A 正确;N 极为原电池的正极,电极反应式为 $\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$,B 正确;电池工作时,I 区的有机物失去电子转化为二氧化碳,结合电荷守恒知,该过程同时生成氢离子,故 I 区电解质溶液 pH 降低,C 错误;电池工作时,I 区产生 H^+ ,Ⅲ区产生 OH^- ,阴离子交换膜只允许阴离子通过,阳离子交换膜只允许阳离子通过,故为平衡两区电荷,Ⅱ区的钠离子和氯离子分别透过交换膜移向Ⅲ区和 I 区,故Ⅱ区溶液中 $n(\text{Na}^+)$ 、 $n(\text{Cl}^-)$ 减小,D 正确。

6. B

思路导引 原电池中电子由负极经外电路流向正极,根据图中所给电子流向可知,a 电极为负极,b 电极为正极。该电池是由于 CuSO_4 溶液浓度不同形成的浓差电池,a 电极上发生氧化反应,电极反应式为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$,b 电极上发生还原反应,电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$ (C 错误)。

【解析】该装置为原电池,能量转换形式为化学能→电能,A 错误;该装置为浓差电池,当两侧硫酸铜浓度相等时停止放电,由于 a 极生成 Cu^{2+} 、b 极消耗 Cu^{2+} , Cu^{2+} 不能逆浓度差移动,因此 SO_4^{2-} 穿过阴离子交换膜向 a 极迁移,B 正确;电池停止放电时,两侧硫酸铜浓度均为 $\frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,迁移的 $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0.1 \text{ L} \times (0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}) = 0.01 \text{ mol}$,每迁移 1 mol SO_4^{2-} 时外电路转移 2 mol 电子,故外电路转移的电子最多为 0.02 mol,D 错误。

7. D

思路导引 电池的总反应为 $\text{Cu} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 + \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,则 Cu 失电子发生氧化反应, PbO_2 得电子发生还原反应,所以 a 为负极,b 为正极。

【解析】a 为负极,b 为正极,A 错误;电流由正极流向负极,故电池工作时,电流由电极 b 流向电极 a,B 错误; PbO_2 得电子发生还原反应,但 Pb^{2+} 会结合溶液中 SO_4^{2-} 生成 PbSO_4 ,电极反应式为 $\text{PbO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,C 错误;由电池的总反应可知,硫酸被消耗,则调节电解质溶液的方法是补充 H_2SO_4 ,D 正确。

8. D

思路导引 放电时 Li^+ 向正极移动,图中 Li^+ 由 a 极移向 b 极,则 a 为负极,发生失电子的氧化反应: $\text{Li} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}^+$;b 为正极,发生得电子的还原反应。

【解析】锂单质会与水反应,不能用 NaCl 水溶液作电解质溶液,A 错误;放电时,锂离子向正极(b 极)移动,B 错误;a 是负极,负极发生氧化反应,C 错误;电子在外电路由负极流向正极,即 a 极→导线→b 极,D 正确。

9. B 【解析】由题图知,电极 Y 发生 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$,因此电极 Y 为负极,发生氧化反应,A 错误;外电路中,电流由正极即电极 X 经过导线流向负极即电极 Y,B 正确;电池工作时, K^+ 向正极即电极 X 移动,C 错误;正极发生还原反应,则电极反应式为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$,D 错误。

10. D

思路导引 放电时,Zn 电极失去电子转化为 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$,发生氧化反应,作电池的负极,电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 。 NO_3^- 在催化电极表面得到电子转化为 NH_4^+ ,发生还原反应,催化电极作电池的正极,电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 10\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】原电池中阳离子向正极移动,则双极膜中的 H^+ 在电场作用下移向催化电极,A 错误;由分析知, NO_3^- 在催化电极表面产生 0.1 mol NH_4^+ 时,得到 0.8 mol 电子,根据得失电子守恒可知,负极消耗 0.4 mol Zn,同时双极膜中有 0.8 mol OH^- 迁移进入锌电极区,锌电极区溶液增加的质量为 $0.4 \text{ mol} \times 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 0.8 \text{ mol} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 39.6 \text{ g}$,B 错误,D 正确;由分析知,1 mol Zn 发生反应时可消耗 4 mol OH^- ,但双极膜中仅有 2 mol OH^- 迁移至锌电极区,故工作一段时间后锌电极区域溶液中 OH^- 浓度降低,pH 减小,C 错误。

第二节 化学反应的速率与限度

课时 1 化学反应的速率

刷基础

1. B 【解析】化学反应速率通常用单位时间内反应物浓度的减小或生成物浓度的增大来表示(取正值), **A 错误**;用不同物质的浓度变化表示同一段时间内、同一反应的速率时,其数值之比等于化学方程式中对应物质的化学计量数之比, **B 正确**;化学反应速率指的是某时间段内的平均速率, **C 错误**;化学反应速率的单位由时间单位和物质的量浓度单位决定, **D 错误**。

2. A 【解析】初始时 A、B 的物质的量均为 4 mol, 前 10 s 内 A 的平均反应速率为 $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 10 s 内 A 的浓度变化 $\Delta c(\text{A}) = v(\text{A}) \times \Delta t = 0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 10 \text{ s} = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\Delta n(\text{A}) = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 2.4 \text{ mol}$, A、B 的化学计量数之比为 3:1, 则 $\Delta n(\text{B}) = \frac{1}{3} \Delta n(\text{A}) = \frac{1}{3} \times 2.4 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$, 故 10 s 时 B 的物质的量为 $4 \text{ mol} - 0.8 \text{ mol} = 3.2 \text{ mol}$, **A 符合题意**。

关键点拨 计算化学反应速率时, 要注意题中给出的是物质的量的变化值还是浓度的变化值; 对于同一个反应, 同一时间段内, 不同物质表示的化学反应速率之比等于相应物质在化学方程式中的化学计量数之比。

3. C 【解析】由图可知, 两曲线相交后, A 的浓度还在降低, A 的消耗速率大于 A 的生成速率, **A 错误**; 浓度变化量之比等于化学计量数之比, 12 s 内 A、B、C 的浓度变化量分别为 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\frac{1.2 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 化学计量数之比 $b:c=1:2$, **B 错误**; 12 s 内, B 的浓度由 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 变为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 12 s 时 B 的转化率为 $\frac{(0.5-0.3) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 40\%$, **C 正确**; D 是固体, 不能用 D 的浓度变化表示反应速率, **D 错误**。

模型建构 化学反应速率的计算方法

- (1) 确定反应物的起始加入量;
- (2) 确定反应过程中各物质的变化量;
- (3) 依据题干信息建立等式关系;
- (4) 各物质表示的化学反应速率之比 = 浓度变化量之比 = 物质的量变化量之比 = 化学计量数之比。

例如: $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$

$t_0 \text{ s}$ 浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	a	b	0
转化浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	x	$\frac{nx}{m}$	$\frac{px}{m}$
$t_1 \text{ s}$ 浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$a-x$	$b-\frac{nx}{m}$	$\frac{px}{m}$

则 $v(\text{A}) = \frac{x}{t_1 - t_0} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $v(\text{B}) = \frac{nx}{m(t_1 - t_0)} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,
 $v(\text{C}) = \frac{px}{m(t_1 - t_0)} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

4. D 【解析】同一化学反应中, 不同物质的反应速率之比等于对应物质的化学计量数之比。 $v(\text{NH}_3):v(\text{O}_2) = 4:5$, 则

$5v(\text{NH}_3) = 4v(\text{O}_2)$, **A 错误**; $v(\text{O}_2):v(\text{H}_2\text{O}) = 5:6$, 则 $6v(\text{O}_2) =$

易错点: 注意比例关系, 内项之积等于外项之积

$5v(\text{H}_2\text{O})$, **B 错误**; $v(\text{NH}_3):v(\text{H}_2\text{O}) = 2:3$, 则 $3v(\text{NH}_3) = 2v(\text{H}_2\text{O})$, **C 错误**; $v(\text{NH}_3):v(\text{NO}) = 1:1$, 则 $v(\text{NH}_3) = v(\text{NO})$, **D 正确**。

5. A 【解析】B 是固体, 固体浓度视为常数, 不能用固体的浓度变化来表示反应速率, 将其余项的反应速率换算为用 A 表示的反应速率进行比较。A 项, $v(\text{A}) = 0.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; C 项, $v(\text{C}) = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 1.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, $v(\text{A}) = \frac{v(\text{C})}{3} = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; D 项, $v(\text{A}) = \frac{v(\text{D})}{2} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。A 项表示的反应速率最大, 选 **A**。

模型建构

同一化学反应速率用不同物质表示时, 数值可能不同, 比较化学反应速率的快慢可选择下列方法:

- (1) 换算成同一物质、同一单位表示, 再比较数值大小。
- (2) 比较化学反应速率与化学计量数的比值。如反应 $a\text{A}(\text{g}) + b\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons c\text{C}(\text{g})$, 要比较用不同物质表示的化学反应速率[如 $v(\text{A})$ 与 $v(\text{B})$], 可比较 $\frac{v(\text{A})}{a}$ 与 $\frac{v(\text{B})}{b}$ 的相对大小, 若 $\frac{v(\text{A})}{a} > \frac{v(\text{B})}{b}$, 则用 $v(\text{A})$ 表示的反应速率比用 $v(\text{B})$ 表示的反应速率大。

6. D 【解析】A 中硝酸是强氧化性酸, Mg 与硝酸反应生成氮氧化物(如 NO_2), 不产生 H_2 ; B 和 C 中金属活泼性: $\text{Mg} > \text{Fe}$, 且 HCl 的浓度、温度均相同, 反应物本身性质决定反应速率, 则反应速率: $\text{B} > \text{C}$; B 和 D 温度相同、酸的浓度相同、金属均为 Mg, B 中 HCl 是一元强酸, 完全电离后 $c(\text{H}^+) = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 中 H_2SO_4 是二元强酸, 完全电离后 $c(\text{H}^+) = 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} > 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 中氢离子浓度大, 反应速率快, 则反应速率: $\text{D} > \text{B}$, 故选 **D**。

7. B 【解析】 CaCO_3 与稀盐酸反应的实质是碳酸钙与氢离子反应, 加入 NaCl 溶液后, 氢离子浓度减小, 反应速率减慢, **A 错误**; 保持温度和容器容积不变, 增加氮气的量, 则氮气的浓度增加, 能增大反应速率, **B 正确**; 升高温度可能导致反应的催化剂失活, 反应速率反而减小, 如酶催化反应, **C 错误**; 98% 的浓硫酸具有强氧化性, 与 Zn 反应生成的是 SO_2 而不是 H_2 , **D 错误**。

归纳总结 影响化学反应速率的因素

- (1) 内因: 参加反应的物质的结构及性质;
 - (2) 外因: 主要是指浓度、温度、压强和催化剂, 另外还有光、超声波、激光、放射线、电磁波、搅拌、反应物颗粒大小、反应物状态以及是否形成原电池等。
- ① 浓度: 其他条件相同时, 增大反应物浓度, 化学反应速率加快; 减小反应物浓度, 化学反应速率减慢。
 - ② 温度: 其他条件相同时, 升高温度, 化学反应速率加快; 降低温度, 化学反应速率减慢。
 - ③ 压强: 对于有气体参加的反应, 若其他条件不变, 增大体系压强可能加快化学反应速率。
 - ④ 催化剂: 对于某些化学反应, 当其他条件不变时, 使用催化剂能显著加快化学反应速率。

8. C 【解析】题中所给图像表示反应中生成的 CO_2 气体体积随反应时间变化的情况,则曲线斜率为用 CO_2 气体体积表示的反应速率,曲线斜率越大,反应速率越快,故 $0 \sim t_1 \text{ min}$ 的反应速率大于 $t_2 \sim t_3 \text{ min}$ 的反应速率, **A 错误**;由题中所给图像可知, $t_1 \sim t_2 \text{ min}$ 生成的气体体积 $= (V_2 - V_1) \text{ mL} > V_1 \text{ mL} > (V_3 - V_2) \text{ mL}$,即 $t_1 \sim t_2 \text{ min}$ 收集到的 CO_2 最多, **B 错误**;随反应进行,盐酸浓度减小,反应速率减慢,但该反应为放热反应,随反应进行,体系温度升高,使反应速率加快,故 $t_1 \sim t_2 \text{ min}$ 反应速率最快,可能是反应放热使体系温度升高导致的, **C 正确**;由题中所给图像可知, $0 \sim t_3 \text{ min}$ 反应速率先加快后逐渐减慢, **D 错误**。

9. D 【解析】温度越高,反应速率越快,相同时间内反应物消耗量越大, $0 \sim 10 \text{ min}$ 内, T_1 下 $\Delta n(\text{CH}_4) = 0.20 \text{ mol}$, T_2 下 $\Delta n(\text{CH}_4) = 0.15 \text{ mol}$, T_1 下反应速率更快,故实验控制的温度: $T_1 > T_2$, **A 错误**。相同时间段内反应中各物质的物质的量变化量之比等于其化学计量数之比, $0 \sim 20 \text{ min}$ 内, ①中 $\Delta n(\text{CH}_4) = 0.32 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{NO}_2) = 2\Delta n(\text{CH}_4) = 0.64 \text{ mol}$, 故 $v(\text{NO}_2) = \frac{0.64 \text{ mol}}{1 \text{ L} \times 20 \text{ min}} = 0.032 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $0 \sim 20 \text{ min}$ 内, ②中 $\Delta n(\text{CH}_4) = 0.25 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{NO}_2) = 0.5 \text{ mol}$, $v(\text{NO}_2) = \frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ L} \times 20 \text{ min}} = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 降解速率: ① > ②, **B 错误**。温度: T_1 高于 T_2 , T_1 下反应速率更快,在 T_2 下, 40 min 时已达到平衡,则 T_1 下,反应在 40 min 时也已达到平衡,则 T_1 对应空格中的数据为 0.15 , **C 错误**。组别②中, $0 \sim 10 \text{ min}$ 内, $\Delta n(\text{CH}_4) = 0.15 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{NO}_2) = 2\Delta n(\text{CH}_4) = 0.3 \text{ mol}$, $v(\text{NO}_2) = \frac{0.3 \text{ mol}}{1 \text{ L} \times 10 \text{ min}} = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **D 正确**。

10. C 【解析】实验①②中过氧化氢的浓度不同,其他因素相同,研究的是浓度对反应速率的影响, **A 正确**;实验②③中过氧化氢浓度相同,②中加入的催化剂是氯化铁,③中加入的催化剂是硫酸铜,研究的是不同催化剂对反应速率的影响, **B 正确**;实验②③中,两种催化剂的阳离子和阴离子均不同, $t_3 > t_2$ 不能说明 Fe^{3+} 比 Cu^{2+} 对 H_2O_2 分解催化效果好, **C 错误**;过度加热会导致较多的水蒸气混入气体中,影响气体体积的测定, **D 正确**。

11. C 【解析】反应生成的 SO_2 易溶于水,气泡产生快慢不易准确观测,通常该反应通过观测出现浑浊的快慢比较速率, **A 错误**;若 $V = 5.0$, A 组总体积为 15 mL , B 组总体积为 20 mL , 两组实验中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 H_2SO_4 的浓度均不同,变量不唯一,无法探究 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 浓度对反应速率的影响, **B 错误**; B 组反应物浓度均低于 D 组,但反应温度高于 D 组,不考虑温度影响, B 组反应速率应比 D 组更慢,故若 B 组反应速率更快,证明温度升高可加快该反应速率, **C 正确**;硝酸具有强氧化性,会与 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 发生氧化还原反应,无法得到 S 、 SO_2 等预期产物,不能用于代替 H_2SO_4 , **D 错误**。

刷提升

1. B 【解析】葡萄糖转化为乙醇时,酒化酶是催化剂,能够加快化学反应速率, **A 不符合题意**;在糕点、月饼等食品的包装袋内放置除氧剂,可减小食品包装袋内 O_2 的浓度,从而减慢

化学反应速率, **B 符合题意**;煤燃烧时,向炉膛里鼓风可以增大氧气浓度,用煤粉代替煤块可以增大固体与气体的接触面积,均能加快化学反应速率, **C 不符合题意**;向铁屑与稀硫酸反应的溶液中加入几滴 CuSO_4 溶液,铁置换出的铜附着在铁上,形成原电池,从而加快化学反应速率, **D 不符合题意**。

2. C 【解析】①将铁粉换为铁块会导致反应物接触面积减小,反应速率会减慢,不符合题意;②加入 NaNO_3 固体引入了 NO_3^- , NO_3^- 在酸性条件下会被 Fe 还原生成氮氧化物,得不到 H_2 ,不符合题意;③铁与浓硫酸反应不生成 H_2 ,且常温下铁遇浓硫酸发生钝化,不符合题意;④加入 NaCl 溶液, H^+ 浓度变小,反应速率减慢,不符合题意;⑤适当升高温度会加快反应速率,不改变生成氢气的量,符合题意;⑥改用 100 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀盐酸,氢离子的浓度增大,反应速率增大,铁少量且质量不变,生成氢气的量不变,符合题意。 **故选 C**。

3. D 【解析】反应 20 min 时,过氧化氢的浓度变为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,说明分解的过氧化氢的物质的量 $n(\text{H}_2\text{O}_2) = (0.80 - 0.40) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$,过氧化氢分解生成的氧气的物质的量 $n(\text{O}_2) = 0.01 \text{ mol}$,未告知 O_2 是否处于标准状况,无法计算体积, **A 错误**; $20 \sim 40 \text{ min}$,消耗过氧化氢的浓度为 $(0.40 - 0.20) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则这段时间内的平均反应速率 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{20 \text{ min}} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **B 错误**;随着反应不断进行,过氧化氢的浓度不断减小,化学反应速率减小,故第 30 min 时的瞬时速率大于第 50 min 时的瞬时速率, **C 错误**;只改变体积,未改变浓度,对化学反应速率无影响, **D 正确**。

4. C 【解析】反应中各物质的物质的量变化量之比等于化学计量数之比, $0 \sim 5 \text{ min}$, $\Delta n(\text{X}) = 0.3 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{Y}) = 0.1 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{Z}) = 0.2 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{W}) = 0.5 \text{ mol}$,则 X 、 Y 、 Z 、 W 化学计量数之比为 $3:1:2:5$,该反应中 Y 过量,而 X 未消耗完,该反应为可逆反应,反应为 $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z} + 5\text{W}$, **A 错误**;前 5 min , $v(\text{W}) = \frac{\Delta n(\text{W})}{V \cdot \Delta t} = \frac{0.5 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **B 错误**; $0 \sim 5 \text{ min}$,消耗 Y 的物质的量 $\Delta n(\text{Y}) = 0.1 \text{ mol}$,消耗掉的 Y 的物质的量分数为 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.4 \text{ mol}} \times 100\% = 25\%$, **C 正确**; a 点表示 $n(\text{X}) = n(\text{W})$,同一时刻不同物质表示的反应速率之比等于化学计量数之比,因此 $v(\text{X}) : v(\text{W}) = 3:5$,二者速率不相等, **D 错误**。

5. B 【解析】由题给方程式可知,反应中, H_2O_2 中 O 元素的化合价从 -1 价升高至 0 价,发生氧化反应,故 H_2O_2 作还原剂, **A 正确**;“ 20 s 时”的反应速率为瞬时速率,仅由题图数据无法求出, **B 错误**;若无其他因素影响,随着反应进行,反应物浓度减小,反应速率逐渐减慢,但 $b \rightarrow c$ 段反应速率大于 $a \rightarrow b$ 段,可能是生成物对该反应有催化作用,也可能是反应放热使体系温度升高, **C 正确**;随着反应进行,反应物 KMnO_4 和 H_2O_2 的浓度逐渐降低,反应物浓度减小会使反应速率变慢, **D 正确**。

6. A 【解析】适当升高温度,有利于加快降解反应速率,但过氧化氢受热易分解, 373 K 时, $p\text{-CP}$ 被氧化的速率可能会减慢, **A 错误**;根据曲线①③可知,温度相同,有机污染物 $p\text{-CP}$

的降解速率在 pH=3 时比 pH=10 时快,说明 pH 越小,反应速率越快, **B 正确**;实验③(pH=10)中, *p*-CP 浓度随时间变化极小,反应几乎不进行,因此可采取调节 pH 的方法使反应迅速停止, **C 正确**;由曲线①可得,298 K、pH=3 时降解反应在 50~150 s 内的平均反应速率 $v(p\text{-CP}) = \frac{(1.2-0.4) \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(150-50) \text{ s}} = 8.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, **D 正确**。

7. (1) 平衡气压使液体顺利滴下

(2) NaHCO₃ 上下移动量气管,使左右两边液面相平

(3) 1.0 反应温度 (4) 0.025

(5) 在一定范围内,硫酸的浓度越大,化学反应速率越快

思路导引 I. 酸性 KMnO₄ 溶液具有强氧化性,能够与具有强还原性的 H₂C₂O₄ 发生氧化还原反应: $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 \uparrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$, 用量气管测定一定时间内反应产生的 CO₂ 气体体积计算反应速率。

II. 由题表中数据知,该探究实验根据 KMnO₄ 溶液褪色时间判断化学反应速率的快慢。

【解析】(1) 橡皮管 a 连通分液漏斗和蒸馏烧瓶,由分液漏斗向蒸馏烧瓶滴加液体时,会有等体积气体通过橡皮管 a 进入分液漏斗,从而可以避免液体滴加引起气体体积测量误差,同时平衡气压使液体顺利滴下。

(2) 二氧化碳难溶于饱和 NaHCO₃ 溶液,可通过排饱和 NaHCO₃ 溶液的方法收集 CO₂,则试剂 X 为饱和 NaHCO₃ 溶液;反应前后,装置内的气体应处于同温同压下,则实验结束后,先恢复到室温,再上下移动量气管使左右两边液面相平,然后视线与凹液面的最低处相平,读取数据。

(3) 实验 1、2 探究草酸溶液的浓度对化学反应速率的影响,根据实验 1 可知溶液的总体积 $V = 5.0 \text{ mL} + 5.0 \text{ mL} = 10.0 \text{ mL}$,则 $V_1 = 10.0 - 5.0 - 4.0 = 1.0$, $V_2 = 10.0 - 5.0 = 5.0$;实验 1、3 中除了反应温度不同,其余条件均相同,则探究的是反应温度对反应速率的影响。

(4) 溶液褪至无色时, KMnO₄ 已完全反应,用时 30 s, KMnO₄ 溶液的初始浓度 $c(\text{KMnO}_4) = \frac{0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 5.0 \text{ mL}}{10.0 \text{ mL}} = 0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则用 KMnO₄ 溶液的浓度变化表示的化学反应速率 $v(\text{KMnO}_4) = \frac{0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.5 \text{ min}} = 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,

用 H₂C₂O₄ 表示的化学反应速率 $v(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{5}{2}v(\text{KMnO}_4) = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

(5) 由图乙可知,在一定范围内,硫酸的浓度越大,达到相同透光率所需的时间越短,表明反应速率越快。

素养

8. D **【解析】** I⁻ 为催化剂,将 i + ii × 2 消去 I⁻、I₂,可得反应的化学方程式: $3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{I}^-} \text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$, **A 正确**; II 是 I 的对比实验,所用 *c*(KI) 应该相等,否则无法得出正确结论,故 $\alpha = 0.4$, **B 正确**;比较 I、II、III 可得出结论: I⁻ 是 SO₂ 歧化反应的催化剂, H⁺ 单独存在时不具有催化作用,但有 I⁻ 存在

时 H⁺ 可以加快 SO₂ 歧化反应的速率, **C 正确**;实验表明, SO₂ 的歧化反应速率: IV > I, 结合 I、II 反应速率不同的原因(氢离子使反应速率加快),可知 IV 中由反应 ii 产生的氢离子使反应速率加快,反应 ii 比 i 快, **D 错误**。

课时 2 化学反应的限度

刷基础

1. C **【解析】** N₂ 和 H₂ 合成氨的反应在高温、高压、催化剂的条件下,正、逆反应可同时进行,属于可逆反应, **A 不符合题意**; C 与 H₂O 反应生成 CO 和 H₂ 的水煤气反应,在高温条件下,正、逆反应可同时进行,属于可逆反应, **B 不符合题意**;水电解生成 H₂ 和 O₂ 与 H₂ 在 O₂ 中燃烧生成水的反应条件不同,故不属于可逆反应, **C 符合题意**;密封容器内 NO₂ 和 N₂O₄ 可相互转化,属于可逆反应, **D 不符合题意**。

2. C **【解析】** 高炉炼铁的尾气中 CO 比例不变说明反应 $\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ 是可逆反应, **A 不符合题意**; Cl₂ 溶于水存在可逆反应: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$, 溶液中既存在 Cl⁻ 也存在 Cl₂, **B 不符合题意**;铜与浓硫酸在加热时反应生成 SO₂ 等产物,常温下不反应,与可逆反应无关, **C 符合题意**; SO₂ 与 O₂ 反应生成 SO₃ 是典型的可逆反应: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$, **D 不符合题意**。

3. D

教材变式 本题是教材 P49 练习与应用第 4 题的变式题,综合考查了可逆反应的特点、正反应速率与逆反应速率的大小比较、化学平衡状态的判断。

【解析】 由图可知, *t*₁ 时刻正反应速率大于逆反应速率,反应正向进行, **A 错误**;反应物、生成物的浓度大小与初始投料有关,根据 *v*-*t* 图像, *t*₂ 时刻 *v*_正 > *v*_逆, 反应正向进行,但无法确定反应物和生成物浓度的相对大小, **B 错误**;反应达到限度即平衡状态的标志是正、逆反应速率相等, *t*₃ 时刻正反应速率仍大于逆反应速率,未达到平衡状态, **C 错误**; *t*₄ 时刻正、逆反应速率相等,反应达到平衡状态,体系中各组分的浓度保持不变, **D 正确**。

4. D **【解析】** 由题给数据及反应的离子方程式知,实验加入的 KI 过量,则无论反应是否可逆,反应后溶液中均有 I⁻ 剩余,滴加 AgNO₃ 溶液都会产生 AgI 沉淀,故有 AgI 黄色沉淀生成无法证明反应为可逆反应, **A 错误**;由于该反应为可逆反应,反应物不可能完全转化为生成物,故 Fe³⁺ 不可能全部转化为 Fe²⁺, **B 错误**;由于 Fe³⁺ 与 I⁻ 发生反应一定会生成 I₂,故加入 CCl₄ 振荡后下层呈紫红色只能证明反应发生,无法证明该反应为可逆反应, **C 错误**;随着反应进行,生成物浓度逐渐增大,逆反应速率逐渐增大,当达到反应限度(平衡状态)时,正、逆反应速率相等且不再变化,此时逆反应速率达到最大, **D 正确**。

5. B **【解析】** 充入 ¹⁸O₂、SO₂ 反应一段时间后,正反应只会生成含 ¹⁸O 的 SO₃,只有逆反应发生,含 ¹⁸O 的 SO₃ 分解才会生成含 ¹⁸O 的 SO₂,因此 SO₂ 中检测到 ¹⁸O 可以证明逆反应能够发

生, **A 正确**; t_2 时, $n(\text{SO}_3)$ 未知, 不能判断反应是否存在限度, 无法证明相同条件下, 可逆反应同时向正、逆两个方向进行, **B 错误**; t_1 后 $n(\text{SO}_3)$ 继续增大, 说明 t_1 时反应还在正向进行, 故正反应速率大于逆反应速率, **C 正确**; 题目发生的反应为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{一定条件}} 2\text{SO}_3$, 若反应进行完全, 1 mol SO_2 与 0.5 mol O_2 反应会生成 1 mol SO_3 , 而 t_2 时 $n(\text{SO}_3) < 1 \text{ mol}$, 说明在一定条件下, 可逆反应存在限度, **D 正确**。

6. B 【解析】化学平衡是一个动态平衡, 可逆反应在平衡状态时仍然继续进行反应, 只不过正、逆反应速率相等, **A 错误**, **B 正确**; 平衡状态是一种表面静止的状态, 正、逆反应速率相等, 各组分的浓度保持不变, 但反应物和生成物的浓度不一定相等, **C 错误**; 化学反应的限度可以通过改变条件而改变, **D 错误**。

7. C 【解析】反应前后全是气体, 气体总质量是恒量, 气体总质量保持不变, 反应不一定平衡, **A 不符合题意**; X、Y、Z 的浓度都相等, 不能判断浓度是否还发生改变, 反应不一定平衡, **B 不符合题意**; 该反应为反应前后气体分子数发生变化的反应, 气体总物质的量是变量, 恒容体系中压强是变量, 容器内压强不再发生变化时, 反应一定达到平衡状态, **C 符合题意**; X、Y、Z 的分子数之比为 $1:3:2$, 不能判断各物质浓度是否还发生改变, 反应不一定平衡, **D 不符合题意**。

8. B 【解析】当反应向正反应方向完全进行时, $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 X 和 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Y 完全转化为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Z, 此时 Z 的浓度为 $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。当反应向逆反应方向完全进行时, $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Z 完全转化为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 X 和 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Y, 此时 X 的浓度为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Y 的浓度为 $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。由于该反应为可逆反应, 无论反应向哪个方向进行, 都不能进行到底, 则当反应达到一定限度时, 应满足: $0 < c(\text{X}) < 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $0 < c(\text{Y}) < 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $0 < c(\text{Z}) < 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; D 项, 当 Z 为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $\Delta c(\text{Z}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据化学计量数, 可得 $\Delta c(\text{Y}) = \frac{3}{2} \Delta c(\text{Z}) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{Y}) = (0.6 + 0.3) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \neq 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。故选 B。

9. D 【解析】由题可知, 平衡时 X、Y 的浓度之比为 $1:3$, 根据反应计量数关系, 建立平衡过程中, $\Delta c(\text{X}) : \Delta c(\text{Y}) = 1:3$, 则 $c_1 : c_2 = 1:3$, **A 错误**; 用不同物质表示的反应速率之比等于其化学计量数之比, Y 的生成速率为 $v_{\text{逆}}(\text{Y})$, Z 的生成速率为 $v_{\text{正}}(\text{Z})$, 平衡时 $v_{\text{逆}} = v_{\text{正}}$, 则 $v_{\text{逆}}(\text{Y}) : v_{\text{正}}(\text{Z}) = v_{\text{正}}(\text{Y}) : v_{\text{正}}(\text{Z}) = 3:2$, **B 错误**; 转化率 $\alpha = \frac{\text{转化浓度}}{\text{起始浓度}} \times 100\%$, $\alpha(\text{X}) = \frac{\Delta c(\text{X})}{c_1} \times 100\%$, $\alpha(\text{Y}) = \frac{\Delta c(\text{Y})}{c_2} \times 100\%$, $c_1 : c_2 = 1:3$, $\Delta c(\text{X}) : \Delta c(\text{Y}) = 1:3$, 因此 $\alpha(\text{X}) : \alpha(\text{Y}) = 1:1$, **C 错误**; 若平衡时 Z 完全由 X、Y 反应得到 (即 $c_3 = 0$), 则生成 $0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Z 需要消耗 $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ X, 因此若平衡正向建立, $c_1(\text{最大值}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + 0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 若平衡逆向建立, c_1 取最小值, 为 0, 题目说明起始浓度均不为 0, 且该反应为可逆反应, 物质不可能完全转化, 则 $0 < c_1 < 0.14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **D 正确**。

10. D 【解析】平衡时, 不同物质表示的正、逆反应速率比等于化学计量数比, 根据反应式, $3v_{\text{正}}(\text{A}) = 4v_{\text{逆}}(\text{C})$ 不满足 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$, 反应未达到平衡, **A 错误**; 2 min 末 B 的物质的量为 2 mol, 则消耗 1 mol B、生成 3 mol C, C 的浓度为 $\frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **B 错误**; B 为固体, 反应前后气体总物质的量不变, 压强始终不变, 不能作为平衡标志, **C 错误**; 混合气体的平均摩尔质量 $\bar{M} = \frac{m}{n}$, 反应前后气体总物质的量不变, 但是气体的质量随反应进行而改变, 所以 $\bar{M}$ 会发生改变, 当 $\bar{M}$ 不变时, 反应达到平衡, **D 正确**。

11. B 【解析】该反应为可逆反应, 反应物的转化率 $< 100\%$, 故 SO_2 和 O_2 不可能全部转化为 SO_3 , **A 正确**; 反应达到平衡后, 正、逆反应速率相等, 化学平衡是一种动态平衡, 反应速率不可能为 0, **B 错误**; 该反应从开始到平衡的过程中, 反应物浓度不断减小, 生成物浓度不断增大, 故正反应速率呈减小趋势, 逆反应速率呈增大趋势, 某一时刻, 正、逆反应速率相等, 达到平衡状态, **C 正确**; 工业上生产 SO_3 时, 要考虑转化率及反应时间, 即同时考虑反应所能达到的限度和化学反应速率两方面的问题, **D 正确**。

12. D 【解析】催化剂能加快反应速率, 但不能改变反应限度, **A 错误**; 恒压下, 充入 He, 容器容积增大, 反应物浓度降低, 化学反应速率减小, **B 错误**; 恒容下, 充入 He, 反应物浓度不变, 化学反应速率不变, **C 错误**; 平衡时, 正、逆反应速率之比等于化学计量数之比, 则达到化学平衡时, $4v_{\text{正}}(\text{O}_2) = 5v_{\text{逆}}(\text{NO})$, **D 正确**。

刷易错

★易错点 平衡状态的标志及使用条件

13. A 【解析】①单位时间内生成 $n \text{ mol O}_2$ 描述的是正反应方向, 生成 $2n \text{ mol NO}_2$ 描述的是逆反应方向, 可说明正、逆反应速率相等, 即反应已达到平衡状态; ②生成 O_2 和生成 NO 都是正反应方向, 不能判断正、逆反应速率是否相等, 不能说明反应达到平衡状态; ③无论反应是否达到平衡, 用各物质表示的化学反应速率之比都等于化学计量数之比, 不能说明反应达到平衡状态; ④ NO_2 为红棕色气体, 其余为无色气体, 混合气体的颜色不变, 则表示 NO_2 的浓度不再变化, 说明反应已达到平衡状态; ⑤容器容积固定、反应前后气体质量守恒, 气体密度始终不变, 混合气体的密度不再改变不能说明反应达到平衡状态; ⑥反应后气体的物质的量增大, 压强是变量, 压强不变, 说明各物质的含量不再变化, 反应已达到平衡状态; ⑦气体的总质量不变, 反应后气体分子数增多, 平均相对分子质量减小, 气体的平均相对分子质量不变, 说明气体中各物质的物质的量不变, 反应已达到平衡状态。①④⑥⑦达到平衡状态, 选 A。

易错警示 反应达到化学平衡状态的标志

(1) 直接标志: 正反应速率等于逆反应速率。注意反应速率的方向必须包括正向和逆向, 同时要注意用不同物质表示的反应速率之比等于化学方程式中相应物质的化学计量数之比。

(2)间接标志:体系中各组分的含量即物质的量浓度、物质的量分数、气体体积分数、质量分数等不变。

一些标志使用时有条件限制,如:

- ①恒温恒容条件下,对于反应前后气体体积改变的反应,压强不变是平衡的标志;
- ②恒温恒容条件下,对于反应前后气体体积不改变的反应,压强不变不能作平衡的标志;
- ③恒温恒压条件下,对于各物质均为气体、反应前后气体体积改变的反应,气体密度不变是平衡的标志;
- ④恒温恒容条件下,对于有非气体物质参加的反应,气体密度不变是平衡的标志。

刷提升

1. D 【解析】①无论反应是否达到平衡状态,消耗 1 mol N_2 的同时都会消耗 3 mol H_2 ,即 1 个 $N \equiv N$ 断裂的同时,有 3 个 $H-H$ 断裂,不能说明反应已达到平衡状态,错误;②1 个 $N \equiv N$ 断裂的同时,有 6 个 $N-H$ 断裂,即消耗 1 mol N_2 的同时消耗 2 mol NH_3 ,正、逆反应速率相等,说明反应已达到平衡状态,正确;③ NH_3 、 N_2 、 H_2 的物质的量百分含量都不再改变,说明各组分的物质的量保持不变,反应已达到平衡状态,正确;④该反应的反应物和生成物全部为气体,依据质量守恒定律,气体的总质量一直不变,恒容容器中,气体总体积不变,则气体密度一直不变,气体密度保持不变不能说明反应已达到平衡状态,错误;⑤依据质量守恒定律,气体的总质量一直不变,该反应为气体分子数变化的反应,反应达到平衡时,气体分子数不再改变,气体总物质的量不再改变,则混合气体平均相对分子质量不再改变,说明反应已达到平衡状态,正确;⑥该反应为气体分子数变化的反应,恒温恒容条件下,压强与气体分子数成正比,反应达到平衡时,气体分子数不再改变,则体系压强不再改变说明反应已达到平衡状态,正确;⑦同一反应,相同时间内不同物质的化学反应速率之比等于相应的化学计量数之比,正反应速率 $v(N_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,即正反应速率 $v(NH_3) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,故若逆反应速率 $v(NH_3) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,则正、逆反应速率相等,反应已达到平衡状态,正确。选 D。

2. C 【解析】根据图像可知,X、Y 的物质的量减少,为反应物,Z 的物质的量增加,为生成物,0~2 min 内 $\Delta n(X) = 0.3 \text{ mol}$ 、 $\Delta n(Y) = 0.1 \text{ mol}$ 、 $\Delta n(Z) = 0.2 \text{ mol}$,化学反应中各物质化学计量数之比等于物质的量变化量之比,因此反应方程式为 $3X + Y \rightleftharpoons 2Z$,A 错误;恒容密闭容器中充入 Ne,容器容积不变,X、Y、Z 的浓度均不改变,因此化学反应速率不变,B 错误;该反应为气体分子数减小的反应,恒容条件下气体压强与总物质的量成正比,当压强不随时间变化时,说明气体总物质的量不再变化,反应达到平衡状态,C 正确;由图像可知,2 min 后 X、Y 的物质的量仍在减小,Z 的物质的量仍在增大,说明 2 min 时反应未达到平衡,Z 的正反应速率大于逆反应速率,D 错误。

3. (1) ① $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$ ② 0.06 ③ ab
(2) 不是 b 点和 c 点均未达到平衡状态,温度越高,反应速率越快,c 点温度高, CH_4 的转化率高

【解析】(1)①根据题意,反应物为 CH_4 和 H_2O ,生成物为 CO 和 H_2 ,且物质的量之比为 1:3,根据原子守恒可写出化学方程式: $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$ 。②0~5 s 内, $\Delta n(CH_4) = 1 \text{ mol} - 0.70 \text{ mol} = 0.30 \text{ mol}$,容器容积为 1 L,则平均反应速率 $v(CH_4) = \frac{0.30 \text{ mol}}{1 \text{ L} \times 5 \text{ s}} = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。③ CH_4

浓度不再变化,说明正、逆反应速率相等,反应达到平衡状态,a 正确;正、逆反应速率相等是化学平衡的本质特征,说明反应达到平衡状态,b 正确;生成 0.1 mol CO_2 和消耗 0.2 mol H_2O 均表示正反应方向,不能说明正、逆反应速率相等,不能说明反应已达到平衡状态,c 错误;该反应中反应物和生成物均为气体,根据质量守恒定律,容器中气体的总质量始终不变,不能作为判断反应达到平衡状态的标志,d 错误。

(2)催化剂只能改变反应速率,不能改变平衡转化率,由图可知,在相同温度下,a 点所在曲线的转化率低于催化剂 I 作用下的转化率,说明 a 点未达到化学平衡状态;b、c 两点均未达到平衡状态,由于 c 点温度高于 b 点,温度升高,反应速率加快,相同时间内反应进行的程度更大,因此, CH_4 的转化率: c 点大于 b 点。

刷素养

4. A 【解析】当正反应速率不变时,达到化学平衡状态,由题图可知,c 点正反应速率开始减小,所以 c 点未达平衡,①错误;a 点时反应向正反应方向进行,随着反应的进行,反应物浓度逐渐减小,所以 SO_2 浓度:a 点大于 c 点,②错误;随反应进行反应物浓度不断减小,但从 a 点到 c 点正反应速率不断增大,说明反应刚开始时温度升高,且温度升高对正反应速率的影响大于浓度减小对正反应速率的影响,即该反应为放热反应,反应物的总能量高于生成物的总能量,③正确; $v\Delta t = \Delta c$, $\Delta t_1 = \Delta t_2$ 时,因为 ab 段平均反应速率小于 bc 段平均反应速率,则 ab 段反应物浓度变化 Δc 小于 bc 段,即 ab 段 NO_2 的消耗量小于 bc 段 NO_2 的消耗量,④正确;混合物颜色不再变化,说明二氧化氮浓度不再变化,可以说明反应达到平衡,⑤正确;该时间段内,在达到平衡之前,生成物浓度一直在变大,逆反应速率应该一直变大,⑥错误;该反应前后气体分子数相等,混合气体的总物质的量不变,恒容容器内混合气体的总质量不变,则混合气体的平均相对分子质量不变,不能说明反应达到平衡,⑦错误。③④⑤正确,选 A。

归纳总结 绝热体系与恒温体系

绝热体系:与环境既没有物质交换也没有能量交换。反应伴随着能量变化,故随着反应的进行,体系温度发生变化。根据 $pV = nRT$,恒容时,温度和气体总物质的量变化均会导致反应体系压强变化,故反应过程中,无论反应前后气体分子数是否变化,反应体系的压强都是变量。

恒温体系:与环境没有物质交换但有能量交换。随反应进行,体系温度为定值,也就导致反应过程中,体系压强取决于气体总物质的量与容器容积。

第二节综合训练

刷能力

1. B 【解析】随反应进行 A 的物质的量逐渐减小, B、C 的物质的量逐渐增大, 则 A 为反应物, B、C 为生成物, 反应开始到 5 min, $\Delta n(\text{A}) = 0.6 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{B}) = 0.4 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{C}) = 0.2 \text{ mol}$, 同一反应中, 各物质的物质的量变化量之比等于其化学计量数之比, 故反应的化学方程式为 $3\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$, **B 正确**; 用不同物质表示正反应速率(单位一致)时, 速率之比等于化学计量数之比, 由反应的化学方程式可知, a 点时, 分别用 A 和 B 表示的正反应速率不相等, **A 错误**; 结合上述分析可知, 0~5 min 内, $v(\text{C}) = \frac{\Delta c(\text{C})}{\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{C})}{V \cdot \Delta t} = \frac{0.2 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **C 错误**; 该反应在恒容容器中进行, 温度不变, 充入 He, 反应体系中各物质的浓度不变, 因此正、逆反应速率都不变, **D 错误**。

归纳总结 反应体系中充入气体对反应速率的影响, 主要取决于对反应物的浓度的影响, 而对反应物浓度的影响主要取决于容器容积和反应物的物质的量的变化。

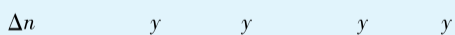
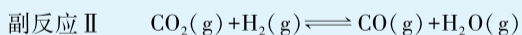
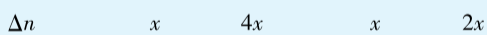
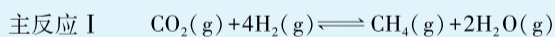
(1) 恒温、恒容条件下充入反应物(气体), 反应容器容积不变, 反应物的物质的量增大, 则反应物浓度增大, 反应速率增大。

(2) 恒温、恒容条件下充入与反应无关的气体, 反应容器容积不变, 反应物的物质的量不变, 则反应物浓度不变, 反应速率不变。

(3) 恒温、恒压条件下充入与反应无关的气体, 反应容器容积增大, 反应物的物质的量不变, 则反应物浓度减小, 反应速率减小。

2. B

思路导引 初始 $n(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2) = 4 \text{ mol}$, 达到平衡时, 容器中的 CO_2 转化率为 90%, H_2 转化率为 82.5%, 转化量 $n_{\text{转}}(\text{CO}_2) = 0.9 \text{ mol}$, $n_{\text{转}}(\text{H}_2) = 3.3 \text{ mol}$, 设主反应 I 消耗 CO_2 的物质的量为 $x \text{ mol}$, 副反应 II 消耗 CO_2 的物质的量为 $y \text{ mol}$, 则可列关系式如下:



故 $x+y=0.9$, $4x+y=3.3$, 解得 $x=0.8$, $y=0.1$ 。平衡时容器中 $n(\text{CO}_2) = 0.1 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2) = (4-3.3) \text{ mol} = 0.7 \text{ mol}$, $n(\text{CH}_4) = 0.8 \text{ mol}$, $n(\text{CO}) = 0.1 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2\text{O}) = (1.6+0.1) \text{ mol} = 1.7 \text{ mol}$ 。

【解析】平衡时 CO_2 为 0.1 mol, CO 为 0.1 mol, 两者物质的量之比为 1:1, **A 正确**; 两个反应中氧化剂都为 CO_2 , 还原剂只有 H_2 , 且 H 化合价均由 0 价升为 +1 价, 有 3.3 mol H_2 参加反应, 则转移 $2 \times 3.3 \text{ mol} = 6.6 \text{ mol}$ 电子, **B 错误**; 平衡时气体总物质的量为 3.4 mol, $n(\text{H}_2\text{O}) = 1.7 \text{ mol}$, 体积分数为 50%, **C 正确**; 1 mol CO_2 和 4 mol H_2 的总质量为 52 g, 反应前后气体总质量不变, 容器容积固定为 1 L, 密度保持 $52 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 不变, **D 正确**。

3. D 【解析】原料气中的杂质会造成催化剂中毒失活, “干燥净化”可除去杂质避免催化剂中毒失活, **A 正确**; 该反应的反应物均为气体, 加压可增大反应物浓度, 加快合成甲醇的反应速率, **B 正确**; “冷却装置”将甲醇液化后, 可以让 CO 和 H_2 继续参与反应, 尽量转化为 CH_3OH , 提高原料利用率, **C 正确**; 该反应控制在 433~543 K 进行, 可能与催化剂的活性温度有关, 选择更高的温度可能导致催化剂失活, 从而导致产量降低, 且该反应为放热反应, 高温不利于反应正向进行, **D 错误**。

4. C 【解析】当 $a=3$ 时, 实验①②总溶液体积均为 20 mL, 比较实验①②的数据, 只有 KHSO_3 的浓度不同, 褪色时间: ②<①, 故可以得出增大反应物 KHSO_3 的浓度, 化学反应速率增大的结论, **A 正确**; 当 $b=5$ 时, 实验①③总溶液体积均为 20 mL, 比较实验①③中数据, 只有 H_2SO_4 浓度不同, 褪色时间: ③<①, 故可以得出增大反应物硫酸的浓度该化学反应速率增大的结论, **B 正确**; 比较实验②④的数据, 实验④中加入了 MnSO_4 , Mn^{2+} 和 SO_4^{2-} 浓度均为变量, 故不能说明 Mn^{2+} 对反应速率产生了影响, **C 错误**; 当 KMnO_4 变为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 结合离子方程式分析可知, KMnO_4 过量, 溶液不会完全褪色, 故不能得出相同结论, **D 正确**。

5. (1) H_2 $\frac{4}{3t_1}$ **(2)** BD **(3)** 缩小容器容积(或增大压强)
(4) 0.75 1.25 0.3

【解析】(1) 曲线 a、b 对应物质减少, 代表反应物, 曲线 c 代表生成物, 根据初始浓度与投料关系可知, 起始时 $c(\text{H}_2) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{CO}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 曲线 a、b 分别对应 H_2 、CO; 0~

$$t_1 \text{ min}, v(\text{H}_2) = \frac{\Delta c(\text{H}_2)}{\Delta t} = \frac{\left(2 - \frac{2}{3}\right) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{t_1 \text{ min}} = \frac{4}{3t_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

(2) CO 与 H_2 起始物质的量比为 1:2, 反应消耗比也为 1:2, 二者转化率始终相等, 且二者转化率是否相等与反应是否达到化学平衡状态无关, **A 错误**; 反应前后气体分子数变小, 恒温恒容下, 压强随反应进行而变化, 压强不变说明反应已达到平衡状态, **B 正确**; 单位时间内, 断裂 4 mol H—H(正向)的同时形成 5 mol C—H(正向), 只有正向, 没有逆向, 不能说明反应已达到平衡状态, **C 错误**; 混合气体总质量不变, 总物质的量变化, 平均相对分子质量随反应变化, 其不变时说明反应达到平衡状态, **D 正确**。

(3) $t_2 \text{ min}$ 时所有物质浓度均瞬间等比例增大(曲线 a、b、c 均变大), 而之后平衡正向移动, 结合反应气体分子数减少, 可知改变的条件为缩小容器容积(或增大压强)。

(4) 根据方程式, 已知 2 mol CO 和 6 mol H_2 发生反应, 一段时间后测得反应体系中含 3 mol H_2 , 可列三段式:



起始量/mol	2	6	0	0
变化量/mol	1.5	3	0.75	0.75
一段时间	0.5	3	0.75	0.75
后量/mol				

此时 $n(\text{H}_2\text{O}) = 0.75 \text{ mol}$, 气体总物质的量变为 $(0.5+3+0.75+0.75) \text{ mol} = 5 \text{ mol}$, 起始气体总物质的量为 $(2+6) \text{ mol} =$

8 mol, 已知 $V_{\text{始}}$ 为 2 L, 在恒温恒压条件下, 气体体积与物质的量成正比, 即 $\frac{V_{\text{始}}}{n_{\text{始}}} = \frac{V_{\text{终}}}{n_{\text{终}}}$, 代入数据: $\frac{2 \text{ L}}{8 \text{ mol}} = \frac{V_{\text{终}}}{5 \text{ mol}}$, 解得 $V_{\text{终}} = 1.25 \text{ L}$; 乙醇的物质的量分数 $= \frac{n_{\text{乙醇}}}{n_{\text{总}}} = \frac{0.75}{5} = 0.15$, 总压为 2 MPa, 则乙醇分压为 $0.15 \times 2 \text{ MPa} = 0.3 \text{ MPa}$ 。

6. (1) 紫红(或紫) KSCN 不能 (2) 还原 K^+
(3) FeCl_2 $\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$ (4) AD

【解析】(1) 由得失电子守恒知, Fe^{3+} 与 I^- 反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$, 5 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液中 $n(\text{I}^-) = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$, 10 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液中 $n(\text{Fe}^{3+}) = 10^{-2} \text{ mol}$, Fe^{3+} 过量, 充分反应后加入 5 mL CCl_4 , 振荡静置, $\rho_{\text{CCl}_4} > \rho_{\text{水}}$, 则 CCl_4 层在下层, I_2 在 CCl_4 中的溶解度大于在水中的溶解度, 则下层为紫红色。反应后取上层清液于试管中, 加入 3 滴 KSCN 溶液, 溶液变为红色, 证明有 Fe^{3+} 存在, 但因为 Fe^{3+} 本来就过量, 不能证明 Fe^{3+} 与 I^- 发生可逆反应。

(2) 图甲左侧电极发生还原反应: $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}$, 为正极, 右侧为负极, 发生氧化反应: $2\text{I}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{I}_2$, 盐桥通过离子迁移来平衡电荷, 故盐桥中 K^+ 移向左侧, Cl^- 移向右侧。

(3) 开始时原电池总反应为 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$, 由题图知, 随着反应进行, 电流计读数逐渐趋向零, 最后读数变为零, 反应达到平衡; 当指针读数变为零后, 向 U 形管左侧加入约 1 滴管 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 试剂 Y, 电流方向逆转, 则原电池反应变为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^-$, 即试剂 Y 为 FeCl_2 溶液, 电流逆转后左侧电极(负极)发生氧化反应: $2\text{Fe}^{2+} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+}$, 右侧电极(正极)发生还原反应: $\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$ 。

(4) 电流为 0, 说明反应达到平衡, $c(\text{Fe}^{3+})$ 保持不变, 但反应并未停止, 是动态平衡, $\frac{v_{\text{正}}(\text{Fe}^{3+})}{v_{\text{逆}}(\text{I}_2)} = \frac{2}{1}$, 则 $v_{\text{正}}(\text{Fe}^{3+}) = 2v_{\text{逆}}(\text{I}_2)$, $\frac{v_{\text{逆}}(\text{Fe}^{2+})}{v_{\text{正}}(\text{I}^-)} = \frac{2}{2}$, 则 $v_{\text{正}}(\text{I}^-) = v_{\text{逆}}(\text{Fe}^{2+})$, 故选 AD。

专题 2 化学反应速率的图像数据分析

刷难关

1. D 【解析】实验过程中先发生氧化铝与稀硫酸的非氧化还原反应, 再发生铝与稀硫酸的氧化还原反应, A 错误; $c \text{ min}$ 时反应生成 H_2 的速率最大, 但 $c \sim d \text{ min}$ 仍继续反应生成氢气, 则 $c \text{ min}$ 时收集到的 H_2 体积不是最大, B 错误; $c \sim d \text{ min}$ 反应仍在进行, 体系内温度仍在升高, 因此 $t > c \text{ min}$ 时, 产生氢气速率降低的主要原因是硫酸浓度下降, C 错误; 若将稀硫酸更换为同体积同浓度的烧碱溶液, 氧化铝和氢氧化钠反应生成四羟基合铝酸钠(无气体生成), 铝和氢氧化钠反应生成四羟基合铝酸钠和氢气(反应放热, 速率升高), 随着反应物被消耗, 速率降低至反应停止, $v-t$ 图像与题图相似, D 正确。

2. C 【解析】反应初始时生成物 CO 浓度为 0, 因此 $v_{\text{逆}}(\text{CO})$ 初始值为 0, 随反应进行 CO 浓度升高, $v_{\text{逆}}(\text{CO})$ 逐渐增大, 平衡后保持不变, 对应曲线 I, A 正确; 平衡时满足速率关系

$2v_{\text{正}}(\text{CH}_4) = v_{\text{逆}}(\text{CO})$, t_1 时刻 $v_{\text{逆}}(\text{CO}) = v_{\text{正}}(\text{CH}_4)$, 说明 $v(\text{正}) > v(\text{逆})$, 反应正向进行, B、D 正确; 平衡时 $c(\text{CH}_4) : c(\text{CO})$ 与反应物转化率和初始投料有关, 不一定为 2:1, C 错误。

3. C 【解析】根据图像, 0~4 min 内氯离子浓度增加 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 ClO_3^- 的浓度减小 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 该反应在 0~4 min 的化学反应速率 $v(\text{ClO}_3^-) = \frac{0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{4 \text{ min}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,

A 正确; 用不同物质表示的反应速率比等于化学计量数之比, 5 min 时反应中 $3v(\text{Cl}^-) = v(\text{HSO}_3^-)$, B 正确; 根据图像, 在反应过程中, 该反应的反应速率先增大后减小, C 错误; 一段

时间后反应速率明显增大, 可能是生成的氯离子或硫酸根离子可催化该反应使反应速率加快, 也可能是反应放热, 温度升高使反应速率加快, D 正确。

4. C 【解析】由图可知, 甲容器中更早达到平衡状态, 所以甲容器中的温度比乙容器中的温度高, A 错误; 反应开始直至平衡, 正反应速率逐渐减小, A 点没有达到平衡状态, B 点处于平衡状态, 所以 A 点正反应速率 > B 点正反应速率 = B 点逆反应速率, B 错误; 乙容器中 C 点时生成 1.2 mol CO, 则反应同时消耗 1.2 mol H_2O , 生成 1.2 mol H_2 , 所以平衡时容器中 H_2O 、CO、 H_2 的物质的量分别为 1.6 mol、1.2 mol、1.2 mol, CO 的物质的量分数为 $\frac{1.2 \text{ mol}}{1.6 \text{ mol} + 1.2 \text{ mol} + 1.2 \text{ mol}} \times 100\% = 30\%$, C 正确; 达平衡时甲容器中消耗水蒸气的物质的量 = 生成 CO 的物质的量 = 1.5 mol, 平衡时 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的转化率为 $\frac{1.5 \text{ mol}}{2.8 \text{ mol}} \times 100\% \approx 53.6\%$, D 错误。

5. D 【解析】实验①的曲线斜率随时间增加几乎不变, 该图像中斜率代表反应速率, 说明 20 °C 下, 0~3 h 内反应速率几乎不变, A 错误; 2.5 h 后 60 °C 下 H_2O_2 产量下降, 是因为温度较高 H_2O_2 不稳定, 分解速率大于生成速率, 不能说明反应为可逆反应, 也不能说明 H_2O 与 O_2 停止反应, B、C 错误; 反应初期相同时间内, H_2O_2 产量: 60 °C > 40 °C > 20 °C, 说明升高温度有利于该催化反应的进行, D 正确。

6. C 【解析】 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为气体分子数减小的反应, 但容器甲中随反应进行, 压强先增大后减小, 说明甲容器中为绝热过程, 反应放热使容器内温度升高, 使得开始阶段压强增大, 该反应为放热反应, 反应物总能量大于生成物总能量, A、B 正确; b 点温度高于 a 点, 且 a 、 b 的压强相同, 则 b 中气体的物质的量小于 a 中气体的物质的量, a 、 b 两点体系中气体质量相等, 则 b 点气体平均相对分子质量比 a 点大, C 错误; 设乙容器反应 10 min 时, 转化的 HCl 为 $4x \text{ mol}$, 根据题中信息列三段式:

$$4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$$

起始量/mol	4	1	0	0
转化量/mol	4x	x	2x	2x
10 min 时量/mol	4-4x	1-x	2x	2x

起始压强为 50 kPa, 10 min 时压强为 44 kPa, 恒温恒容下, 气体压强之比等于物质的量之比, 则 10 min 时气体总物质的量为 $5 \text{ mol} \times \frac{44 \text{ kPa}}{50 \text{ kPa}} = 4.4 \text{ mol}$, 即 $(4-4x) + (1-x) + 2x + 2x = 4.4$, 解得 $x = 0.6$, 消耗的 HCl 为 2.4 mol, $v(\text{HCl}) = \frac{2.4 \text{ mol}}{1 \text{ L} \times 10 \text{ min}} = 0.24 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **D 正确**。

7. A

思路导引 本题探究浓度对反应速率的影响, 实验中需保证溶液总体积不变(变量控制法), 实验①溶液总体积 = 0.50 mL + 1.50 mL + 1.00 mL = 3.00 mL, 则所有实验总体积均为 3.00 mL; 相同时间内, 生成 S 沉淀越多, 透光率越低, 反应速率越快, 透光率下降越快, 曲线越靠下。

【解析】根据总体积为 3.00 mL 知, $V_1 = 1.50$, $V_2 = 0.50$, **B 错误**; 对比实验②[$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1.00 \text{ mL}$, $V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.50 \text{ mL}$] 和实验④[$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1.50 \text{ mL}$, $V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.00 \text{ mL}$], 两组实验中反应物浓度互换, 但反应速率不同, 说明 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和

突破点: 五条曲线对应五组实验, 各曲线均无重合

H_2SO_4 浓度对反应速率的影响程度不同, **A 正确**; 由分析知, 实验③中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 H_2SO_4 浓度均为最大, 反应速率最快, 对应透光率下降最快的曲线 I5, **C 错误**; 实验②总体积为 3 mL = $3 \times 10^{-3} \text{ L}$, 初始 $c(\text{H}^+) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $t = 40 \text{ s}$ 时 $c(\text{H}^+) = 0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\Delta c(\text{H}^+) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据反应关系 $\Delta c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \Delta c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \Delta c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

$v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ s}} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, **D 错误**。

第六章素养检测

刷速度

1. B 【解析】炼铁高炉中空气从下端进风口进入后向上流动, 与下落的燃料逆流接触, 增大了接触面积, 有利于燃料充分利用, **A 正确**; 催化剂只能改变化学反应速率, 不改变化学平衡状态, 不影响物质的平衡转化率, SO_2 转化为 SO_3 的反应为可逆反应, 使用催化剂不能使 SO_2 的转化率达到 100%, **B 错误**; 面粉厂空气中悬浮可燃性粉尘、加油站空气中扩散有可燃性汽油蒸气, 遇明火易发生爆炸, 因此要严禁烟火防止火灾、爆炸事故, **C 正确**; 工业合成氨是气体分子数减小的反应, 增大压强有利于提升反应速率和氨的产率, 但压强过高会大幅提升设备成本和能耗, 因此, 从生产实际考虑不应盲目增大压强, **D 正确**。

2. D 【解析】根据题意, $\text{H}_2(\text{g})$ 与 $\text{I}_2(\text{g})$ 反应生成 $\text{HI}(\text{g})$ 放热, 所以反应物的总能量比生成物的总能量高, **A 错误**; 因为该反应为放热反应, 所以断开 1 mol $\text{H}-\text{H}$ 和 1 mol $\text{I}-\text{I}$ 所需

要的能量小于断开 2 mol $\text{H}-\text{I}$ 所需要的能量, **B 错误**; $\text{I}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{I}_2(\text{g})$ 吸收能量, 则 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{I}_2(\text{s})$ 的能量低于 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{I}_2(\text{g})$ 的能量, 故 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{I}_2(\text{s})$ 反应生成 2 mol $\text{HI}(\text{g})$ 放出的能量小于 a kJ, **C 错误**; 设断开 2 mol $\text{H}-\text{I}$ 所需能量为 x kJ, 则 $x - (b+c) = a$, 解得 $x = c+b+a$, **D 正确**。

突破点: 同一物质断开化学键吸收的能量 = 形成化学键放出的能量

3. C 【解析】装置①中长颈漏斗下端未形成液封, 生成的氢气会由长颈漏斗逸出, 应用分液漏斗或将长颈漏斗插入液面以下, 形成液封, **A 错误**; 装置②依据褪色快慢比较浓度对反应速率的影响, 应保证高锰酸钾溶液的浓度和体积相同, 用不

突破点: 保证混合液中有色离子的浓度相同

同浓度、相同体积的草酸来做实验, **B 错误**; Na 和水反应放热, 广口瓶内气体受热膨胀, U 形管左侧液面下降, 右侧液面上升, 装置③能达到目的, **C 正确**; 装置④中浓度、温度都不同, 无法判断温度对反应速率的影响, **D 错误**。

4. B

思路导引 初始时加入 $n(\text{A}) = n(\text{B}) = 0.1 \text{ mol}$, 平衡时 $c(\text{D}) = 0.004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 容器容积为 5 L, 则 $n(\text{D}) = 0.004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 5 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 。由此可列出三段式:

	$3\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons x\text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$			
起始量/mol	0.1	0.1	0	0
转化量/mol	0.06	0.02	0.02x	0.02
平衡量/mol	0.04	0.08	0.02x	0.02
反应开始时, B 的物质的量分数为 $\frac{0.1}{0.1+0.1} = 0.5$; 由于从反应开始到达到化学平衡状态这段时间, B(g) 的物质的量分数保持不变, 则 $\frac{0.08}{0.14+0.02x} = 0.5$, 解得 $x = 1$ 。				

【解析】由分析知, 该反应是气体总物质的量减小的反应, 恒温恒容下, 压强与气体总物质的量成正比, 故容器内气体的总压强: 反应开始 > 达到平衡状态, **A 错误**; 平衡时 $n(\text{C}) = 0.02 \text{ mol} \times 1 = 0.02 \text{ mol}$, 容器容积为 5 L, 故 $c(\text{C}) = \frac{0.02 \text{ mol}}{5 \text{ L}} =$

$0.004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **B 正确**; 平衡时 A 的转化率为 $\frac{0.06 \text{ mol}}{0.1 \text{ mol}} \times 100\% = 60\%$, **C 错误**; 平衡时 $n(\text{A}) = 0.04 \text{ mol}$, $n(\text{B}) = 0.08 \text{ mol}$, 故 $2n(\text{A}) = n(\text{B})$, **D 错误**。

5. C

思路导引 定位: 燃料电池, 根据溶液中 OH^- 移向左侧可判断左侧 A 极为负极, 再根据总反应可知 A 极通入的是 N_2H_4 , N_2H_4 中 N 元素从 -2 价升高到 0 价, 1 mol N_2H_4 失去 4 mol 电子, A 极电极反应式为 $\text{N}_2\text{H}_4 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$; B 极为正极, 通入 H_2O_2 , H_2O_2 中 O 元素从 -1 价降低到 -2 价, 电极反应式为 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^-$ 。

【解析】B 极为正极, 正极得电子发生还原反应, **A 错误**; 原电池中电子由负极流出, 经外电路流向正极, 故电子流向为 A 极 → 用电器 → B 极, **B 错误**; 由分析知, **C 正确**; 68 g H_2O_2 的

物质的量为 $\frac{68 \text{ g}}{34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$, 根据 B 极电极反应式知 $1 \text{ mol H}_2\text{O}_2$ 参加反应转移 2 mol 电子, 故每消耗 68 g (2 mol) H_2O_2 , 理论上电路中转移 4 mol 电子, **D 错误**。

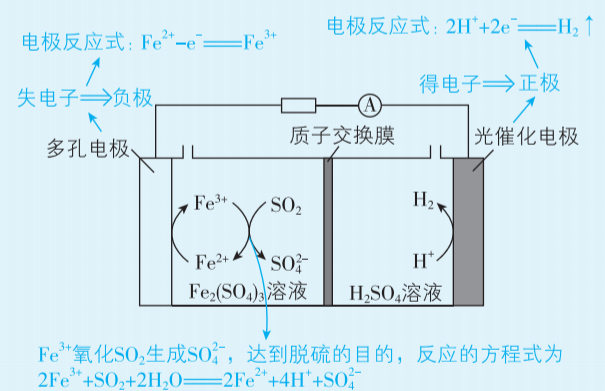
6. D

思路导引 根据题中所给图像可知, A 的起始浓度为 $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、平衡浓度为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B 的起始浓度为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、平衡浓度为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 12 s 时, 反应达到平衡状态, $0 \sim 12 \text{ s}$ 中 $\Delta c(\text{A}) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\Delta c(\text{B}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由于各物质的物质的量浓度变化量之比等于其化学计量数之比, 故 $3:b = 0.6:0.2$, 解得 $b = 1$; 12 s 时, 生成 C 的物质的量为 0.8 mol , 结合容器容积为 2 L , 知 $0 \sim 12 \text{ s}$, $\Delta n(\text{A}) = 1.2 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{B}) = 0.4 \text{ mol}$, 故 $\Delta n(\text{A}) : \Delta n(\text{B}) : \Delta n(\text{C}) = 1.2:0.4:0.8 = 3:1:2$, 则 $c = 2$ 。

【解析】前 12 s 内, A 的平均反应速率 $v(\text{A}) = \frac{0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{12 \text{ s}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, **A 错误**; 由于容器容积固定, 反应生成固体 C, 容器中气体总质量随反应进行不断减小, 气体密度逐渐减小, 故当密度不再变化时反应达到平衡, **B 错误**; 由分析知, $b = 1$, $c = 2$, 故 $b:c = 1:2$, **C 错误**; 反应开始时, 容器内气体总物质的量 $n_{\text{始}} = (0.8 + 0.5) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 2.6 \text{ mol}$, 平衡时气体总物质的量 $n_{\text{平}} = (0.2 + 0.3) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 1.0 \text{ mol}$, 恒温恒容下, 压强之比等于气体总物质的量之比, 故 $\frac{p_{\text{始}}}{p_{\text{平}}} = \frac{2.6 \text{ mol}}{1.0 \text{ mol}} = \frac{13}{5}$, **D 正确**。

7. C

题图剖析



【解析】由分析可知, 多孔电极上发生的反应为 $\text{Fe}^{2+} - \text{e}^- = \text{Fe}^{3+}$, **A 错误**; 负极室产生的 H^+ 经质子交换膜移向正极室, 根据电荷守恒可知, 正极室 (右室) 每消耗 2 mol H^+ , 则有 2 mol H^+ 从左室经质子交换膜进入右室, 故右室中 H_2SO_4 溶液的浓度保持不变, pH 不变, **B 错误**; 由分析可以得到关系式: $\text{H}_2 \sim 2\text{e}^- \sim 2\text{Fe}^{3+} \sim \text{SO}_2$, 当电路中转移 2 mol e^- 时, 正极生成 1 mol H_2 , 负极消耗 1 mol SO_2 , 故理论上相同条件下吸收 SO_2 的体积和产生 H_2 的体积相同, **C 正确**; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 氧化 SO_2 生成 FeSO_4 , FeSO_4 又在电极上转化成 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 所以不需要补充 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液, **D 错误**。

8. C

思路导引 由实验 I 现象可知甲烧杯溶液在反应后生成 Fe^{3+} , 电子由石墨电极流向银电极, 则石墨电极为负极, 银电极为正极, 负极发生反应: $\text{Fe}^{2+} - \text{e}^- = \text{Fe}^{3+}$; 由实验 II 现象可知, 银电极为负极, 石墨电极为正极, 负极发生反应: $\text{Ag} - \text{e}^- = \text{Ag}^+$ 。

【解析】仅由 I 中现象只能推知 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , 无法判断正极是 Ag^+ 还是 $\text{NO}_3^-(\text{H}^+)$ 得电子, 故不能说明 Ag^+ 的氧化性强于 Fe^{3+} , **A 错误**; Fe^{2+} 不能氧化 Ag , 实验 II 中是空气中的氧气氧化银电极, **B 错误**; II 中若将银电极换成石墨电极, 则可能左池 Fe^{2+} 失电子, 右池 $\text{NO}_3^-(\text{H}^+)$ 得电子, 电流表指针不再向左偏转, **C 正确**; 若 I 中是 NO_3^- 氧化了 Fe^{2+} , 那么 II 中 Fe^{2+} 也会被 NO_3^- 氧化, **D 错误**。

9. (1) 1.0 0 (2) 溶液褪色所需要的时间

(3) i 和 iii (4) ①>②>③

(5) 硫酸锰 (或 MnSO_4) 加入 Mn^{2+} 后, 在更短的时间内溶液透光率达到最大

【解析】(1) 该实验应用变量控制法探究反应物浓度和溶液酸碱性对反应速率的影响, 应使溶液总体积相等, 故表中 $a = 1.0$, $b = 0$ 。

(2) 由表格数据和反应方程式可知, 实验中高锰酸钾完全反应, 溶液紫红色褪去, 故为定量比较反应速率的快慢, 本实验中应测量溶液褪色所需要的时间。

(3) 实验 i 和 iii 的变量为硫酸的浓度, 由化学方程式知, H_2SO_4 在该反应中主要提供 H^+ , 故可探究溶液酸碱性对反应速率的影响。

(4) 由图可知, 从开始到溶液透光率达到最大所用时间: ③>②>①, 所用时间越短, 说明 KMnO_4 消耗越快, 反应速率越快, 对应草酸的浓度越大, 故实验①~③所用草酸的浓度由大到小的顺序为①>②>③。

(5) 要验证 Mn^{2+} 是该反应的催化剂, 则变量为 Mn^{2+} , 故应在实验①基础上引入 Mn^{2+} , 如加入硫酸锰, 然后再次测量该条件下溶液透光率的变化情况, 若在更短的时间内溶液透光率达到最大, 则说明 Mn^{2+} 能作该反应的催化剂。

10. (1) 放热反应 2 052 (2) ce (3) ①26% ②20%

(4) ① $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ② $0.2 N_A$ ③阴离子交换膜

【解析】(1) 由图甲知, 反应 II 中反应物总能量高于生成物总能量, 反应 II 为放热反应。生成 $1 \text{ mol CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 时反应放出 128.8 kJ 能量, 已知断开 $1 \text{ mol CO}(\text{g})$ 和 $2 \text{ mol H}_2(\text{g})$ 中的化学键需要吸收的能量为 1923.2 kJ , 则形成 $1 \text{ mol CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 中的化学键需要放出 $1923.2 \text{ kJ} + 128.8 \text{ kJ} = 2052 \text{ kJ}$ 能量, 即断开 $1 \text{ mol CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 中的化学键需要吸收 2052 kJ 的能量。

(2) 混合气体中 $c(\text{CO}_2) : c(\text{H}_2) : c(\text{CH}_3\text{OH}) = 1:3:1$, 不能说明浓度不再变化, 不能说明正、逆反应速率相等, 不能说明反应达到平衡, a 不符合题意; 1 mol CO_2 和 1 mol H_2 充入

恒温刚性密闭容器,只发生反应 $\text{I } \text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 设反应消耗二氧化碳 $a \text{ mol}$, 则 $\Delta n(\text{H}_2) = 3a \text{ mol}$, $\Delta n(\text{CH}_3\text{OH}) = \Delta n(\text{H}_2\text{O}) = a \text{ mol}$, 则反应一段时间后某时刻气体总物质的量为 $(2-2a) \text{ mol}$, 二氧化碳的体积分数为 $\frac{1-a}{2-2a} \times 100\% = 50\%$, 为定值, CO_2 的体积分数不再变化不能说明反应达到平衡, b 不符合题意; $n(\text{H}_2) + n(\text{H}_2\text{O})$ 随反应进行不断变化, H_2 与 H_2O 的总物质的量不再变化, 说明反应达到平衡, c 符合题意; CO_2 的浓度等于 H_2O 的浓度, 不能说明正、逆反应速率相等, 不能说明反应达到平衡, d 不符合题意; 混合气体的平均摩尔质量 $\bar{M} = \frac{m}{n}$, 气体质量不变, 但是气体的总物质的量随反应进行不断改变, 所以平均摩尔质量会发生改变, 当平均摩尔质量不再变化, 反应达到平衡, e 符合题意。

(3) ① 240°C 时, 反应消耗 $n(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol} \times 30\% = 0.3 \text{ mol}$, 生成 $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.3 \text{ mol} \times 80\% = 0.24 \text{ mol}$, 据此列式:

反应 I	$\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
变化量/mol	0.24 0.72 0.24 0.24
反应 III	$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
变化量/mol	0.06 0.06 0.06 0.06

则 H_2 平衡转化率为 $\frac{0.72+0.06}{3.0} \times 100\% = 26\%$ 。②一定条件下, 若达到平衡时容器中 $n(\text{CH}_3\text{OH})$ 为 0.14 mol , $n(\text{CO})$ 为 0.06 mol , 结合碳原子守恒知, 消耗 $n(\text{CO}_2) = 0.2 \text{ mol}$, CO_2 的平衡转化率为 $\frac{0.2}{1.0} \times 100\% = 20\%$ 。

(4) ①水系锰基锌电池中 Zn 发生氧化反应, 为负极, MnO_2 发生还原反应, 为正极, 正极的电极反应式为 $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 负极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 。②该装置工作一段时间后, K_2SO_4 溶液的浓度增大, 则 SO_4^{2-} 通过 a 膜移向中间室, K^+ 通过 b 膜移向中间室, 则 a 膜为阴离子交换膜, b 膜为阳离子交换膜, 负极区溶液减少的质量是溶解锌的质量和移走 K^+ 质量的差值, 设 Zn 反应 $x \text{ mol}$, 则同时移走 $\text{K}^+ 2x \text{ mol}$, 由题意知 $39 \times 2x - 65x = 1.3$, 解得 $x = 0.1$, 则电路中转移电子的数目为 $0.2N_A$ 。③根据②中分析知, a 膜为阴离子交换膜。

第六章高考强化

刷真题

1. B

思路导引 该装置为原电池, 分析可知活泼金属 Li 作负极, Ag_2CrO_4 作正极。

电极名称	负极	正极
电极反应	$\text{Li} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}^+$	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{2-} + 2\text{Ag}$ (B 错误)
总反应	$2\text{Li} + \text{Ag}_2\text{CrO}_4 \rightleftharpoons \text{Li}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Ag}$	

【解析】 Ag_2CrO_4 导电性较弱, 加入导电性强的石墨可以增强其导电性, A 正确; 原电池放电时, 阳离子向正极移动, 故 Li^+ 从负极向正极移动, C 正确; 2.1 g Li 的物质的量是 $\frac{2.1 \text{ g}}{7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.3 \text{ mol}$, 根据电极反应式可知此时理论上外电路中通过了 0.3 mol e^- , D 正确。

2. D **【解析】** 酸性锌锰干电池中锌筒为负极, 发生氧化反应, 电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$, 石墨电极为正极, MnO_2 在正极发生还原反应, A、C 错误, D 正确; 原电池工作时, 阳离子向正极 (即石墨电极) 方向移动, B 错误。

3. A

思路导引 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	$2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ (A 正确)
电极 b	还原反应	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$

【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. C **【解析】** 由题图可知, 实验①中, $0 \sim 2$ 小时内 SeO_4^{2-} 的浓度由 $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 减小到 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以平均反应速率 $v(\text{SeO}_4^{2-}) = \frac{5.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2 \text{ h}} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, A 错误; 实验③水样初始 pH 为 8 , 呈碱性, 反应的离子方程式中, 反应物不应有 H^+ , B 错误; 对比实验①和实验②可知, 当其他条件相同时, 适当增加纳米铁质量可加快反应速率, C 正确; pH 过低、酸性太强会消耗纳米铁, 从而减弱 SeO_4^{2-} 的去除效果, D 错误。

5. D

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

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

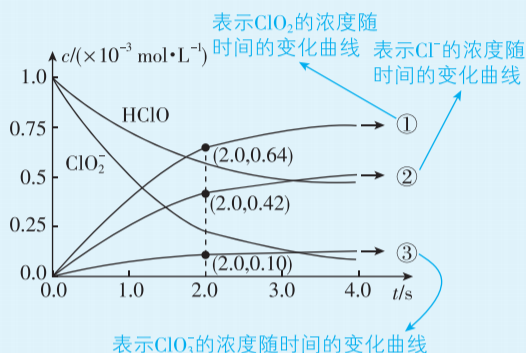
【解析】 放电时阳离子 (Na^+) 向正极 (b 极) 迁移, A 正确; 该电池负极消耗 Cl^- 、正极消耗 Na^+ , 所以可用于海水脱盐, B 正确; 由原电池电极反应可知还原性: $\text{Cu}_2\text{O} > \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$, 而将 b 极换为 Ag/AgCl 电极后 b 极仍增重, 则此时 b 极电极反

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

6. B

题图剖析

反应 I 和 II 中 HClO 和 Cl^{-} 的化学计量数均相等, 则 HClO 的减少量与 Cl^{-} 的增加量相等, 故曲线②表示的微粒为 Cl^{-} (**A 错误**); ClO_3^{-} 仅由反应 II 生成, 且反应 II 中 ClO_3^{-} 与 Cl^{-} 的化学计量数相等, 则 ClO_3^{-} 的生成量比 Cl^{-} 少, 故曲线③表示的微粒为 ClO_3^{-} , 曲线①表示的微粒为 ClO_2 。



【解析】根据化学计量数之比等于微粒浓度变化量之比可得, $0\sim 2.0\text{ s}$, 反应 I 消耗 $\Delta c_1(\text{H}^{+})=\frac{1}{2}\Delta c(\text{ClO}_2)=0.32\times 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 反应 II 生成 $\Delta c_2(\text{H}^{+})=\Delta c(\text{ClO}_3^{-})=0.10\times 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\Delta c_1(\text{H}^{+})>\Delta c_2(\text{H}^{+})$, H^{+} 消耗多、生成少, 则 H^{+} 浓度逐渐减小, **B 正确**; 由分析可知, $0\sim 2.0\text{ s}$ 内, HClO 浓度变化量 $\Delta c(\text{HClO})=\Delta c(\text{Cl}^{-})=0.42\times 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $v(\text{HClO})=\frac{\Delta c(\text{HClO})}{\Delta t}=\frac{0.42\times 10^{-3}}{2}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}=2.1\times 10^{-4}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, **C 错误**; HClO 同时参与反应 I 和 II, 则反应 I 和 II 同时达到平衡, 仅由反应 I 的化学计量数推导的 $v_{\text{正}}(\text{HClO}):v_{\text{逆}}(\text{ClO}_2)=1:2$ 不能作为反应 I 达到平衡状态的判据, **D 错误**。

7. (1) 右侧 $\text{H}^{+}+\text{OH}^{-}=\text{H}_2\text{O}$

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

【解析】(1) 用 H_2 进行实验, 装置左侧通入 H_2 , 产物为 H_2O , 即左侧 Pt 电极上发生了氧化反应: $\text{H}_2-2\text{e}^{-}+2\text{OH}^{-}=2\text{H}_2\text{O}$, 该极为负极, 右侧 Pt 电极上发生还原反应: $2\text{H}^{+}+2\text{e}^{-}=\text{H}_2\uparrow$, 该极为正极, 故电池的总反应为 $\text{H}^{+}+\text{OH}^{-}=\text{H}_2\text{O}$; 在原电池中, 阳离子向正极移动, 所以盐桥中 K^{+} 移向正极, 即右侧。

(2) 在装置中的一侧通入 O_2 , 电池的总反应仍保持不变, 在通入 O_2 的一侧, O_2 发生还原反应, 而生成 O_2 的一侧, 则发生氧化反应, 参与反应的 H^{+} 和 OH^{-} 仅作为反应物出现在电极反应式中, 即正极反应: $\text{O}_2+4\text{H}^{+}+4\text{e}^{-}=2\text{H}_2\text{O}$, 负极反应: $4\text{OH}^{-}-4\text{e}^{-}=2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2\uparrow$, 因此, O_2 应通入装置右侧的酸性溶液, 而不是左侧的碱性溶液。

刷原创

1. **D** 【解析】该装置为原电池装置, 可将化学能转化为电能, **A 正确**; 由图可知, 该电池的反应原理为 $\text{Fe}^{2+}+\text{Ag}^{+}=\text{Fe}^{3+}+\text{Ag}$, 故石墨电极作负极, 电极反应式为 $\text{Fe}^{2+}-\text{e}^{-}=\text{Fe}^{3+}$, 银电极作正极, 电极反应式为 $\text{Ag}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Ag}$, 故石墨电极的电势小于 Ag 电极, **C 正确, D 错误**; 若盐桥中添加的溶质为 KCl , 会与右侧烧杯中的硝酸银溶液发生反应生成 AgCl 沉淀, 银电极反应不能正常进行, 形成断路, **B 正确**。

2. (1) 还原 $\text{Fe}^{3+}+\text{e}^{-}=\text{Fe}^{2+}$

(2) $\text{Zn}+2\text{Fe}^{3+}=2\text{Fe}^{2+}+\text{Zn}^{2+}$

(3) 锌片 外电路 石墨片 (4) 热

(5) 0.325 g (6) $\text{Fe}^{2+}+\text{Zn}=\text{Fe}+\text{Zn}^{2+}$

【解析】(1) 石墨片作正极, 锌片作负极, Fe^{3+} 在正极上得电子, 发生还原反应生成 Fe^{2+} 。

(2) 电池总反应为 $\text{Zn}+2\text{Fe}^{3+}=2\text{Fe}^{2+}+\text{Zn}^{2+}$ 。

(3) 锌失去电子生成 Zn^{2+} , 电子经过导线流向汽车小马达, 再经导线流向石墨片, 石墨片上 Fe^{3+} 得电子生成 Fe^{2+} , 故电子由锌片经外电路流向石墨片。

(4) 电池有发热情况, 说明有部分化学能转化为热能。

(5) Fe^{3+} 的物质的量减少 0.01 mol , 根据电池总反应 $\text{Zn}+2\text{Fe}^{3+}=2\text{Fe}^{2+}+\text{Zn}^{2+}$, 有 0.005 mol Zn 发生反应, 即负极减少的质量为 $0.005\text{ mol}\times 65\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}=0.325\text{ g}$ 。

(6) 正极 Fe^{3+} 得电子生成的 Fe^{2+} 可能移动到负极, 与锌片接触, 发生置换反应生成铁单质, 反应方程式为 $\text{Fe}^{2+}+\text{Zn}=\text{Fe}+\text{Zn}^{2+}$ 。

第七章 有机化合物

第一节 认识有机化合物

刷基础

1. **D** 【解析】除了可以从动植物等有机体中获得有机化合物外, 还有很多有机化合物是人工合成的, 如聚乙烯等, **A 错误**; 含碳元素的化合物中, CO 、 CO_2 、碳酸及碳酸盐等均不属于有机化合物, **B 错误**; 有机化合物和无机化合物之间可以相互转化, 绿色植物的光合作用将 CO_2 和 H_2O 转化为有机化合物和 O_2 , 动植物的呼吸作用将自身体内的有机化合物转化为 CO_2 和水等无机化合物, **C 错误**; 有机化合物都含有碳

元素, 多数含有氢元素, 还可能含有氧元素、硫元素、氮元素、卤族元素等, **D 正确**。

2. **A** 【解析】C 除了能与 C、H 形成共价键外, 也可以与 Cl、O 等原子形成共价键, **A 错误**; 根据碳原子成键特点可知, 碳与碳原子之间可以形成直链、支链和环状结构, **B 正确**; 碳原子最外层有 4 个电子, 要形成 8 电子稳定结构, 1 个碳原子通常形成 4 个共价键, **C 正确**; 部分有机化合物如 CCl_4 等, 结构中不存在 C—H, **D 正确**。

3. **C** 【解析】根据碳原子成键特征, 每个碳原子形成四个共价键, 碳与碳之间可以形成单键、双键、三键, 可以形成链状或环状结构, C 项中第一个碳原子形成了 5 个共价键, 第三个碳原子形成了 3 个共价键, **C 错误**。