

第六章

化学反应与能量

第一节 化学反应与能量变化

第1课时 化学反应与热能



对点上分

1. **A** 【解析】在 H_2 与 Cl_2 的反应中,释放的能量大于吸收的能量,说明总反应释放热量,符合放热反应的定义, **A 正确**; 镁与盐酸反应时溶液温度升高,说明反应释放热量,应为放热反应, **B 错误**; 浓硫酸溶于水放热未发生化学反应, **C 错误**; 铝热反应需高温引发,但反应本身释放大量热量,属于放热反应, **D 错误**。

2. ①③⑤⑦⑧ ②④⑥



攻略上分

通法攻略 13 为你总结吸热反应和放热反应。

【解析】①燃烧是发光、放热的剧烈的氧化还原反应,故物质燃烧是放热反应;②一般分解反应是吸热反应;③酸碱中和反应为放热反应;④二氧化碳与炽热的炭发生化合反应,为吸热反应;⑤食物因氧化而腐败是缓慢的放热反应;⑥ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 的反应是吸热反应;⑦氧化钙与水的反应是化合反应,是放热反应;⑧ SO_3 与水的反应是放热反应。综上所述,属于放热反应的是①③⑤⑦⑧,属于吸热反应的是②④⑥。

易错警示·悟

关于吸热反应、放热反应的常见错误

(1) 化学反应的本质是旧化学键断裂和新化学键形成,任何化学反应都具有热效应。

(2) 不能根据反应条件判断反应是放热还是吸热,需要加热才能进行的反应不一定是吸热反应,不需要加热就能进行的反应也不一定是放热反应。

(3) 有能量变化的过程不一定是发生放热反应或吸热反应,如液态水变成冰放热,但不属于放热反应。物质发生三态变化时,能量的变化:

固态 $\xrightleftharpoons[\text{放热}]{\text{吸热}}$ 液态 $\xrightleftharpoons[\text{放热}]{\text{吸热}}$ 气态。

3. **A** 【解析】 $2\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}$ 是放热反应,所以相同条件下 12 g C 和 16 g O_2 所具有的能量一定高于 28 g CO 所具有的能量, **A 错误**; $2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$ 是放热反应,所以相同条件下 28 g CO 和 16 g O_2 所具有的总能量一定高于 44 g CO_2 所具有的能量, **B 正确**; $\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$ 是放热反应,所以相同条件下 12 g C 和 32 g O_2 所具有的总能量一定高于 44 g CO_2 所具有的能量, **C 正确**; 因物质完全燃烧放出的热量多,所以一定质量的碳燃烧,生成 CO_2 时比生成 CO 放出的热量多, **D 正确**。

4. C



攻略上分

通法攻略 13 助你判断反应吸放热。

【解析】 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体与 NH_4Cl 晶体的反应是吸热反应，生成物能量高于反应物，**A 正确**；能量越低，物质越稳定，石墨的能量低于金刚石，因而更稳定，**B 正确**；由图丙可知， $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 是吸热反应，因此 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 为放热反应，**C 错误**；由图丁可知，A 的能量高于 C，**D 正确**。

易错：注意选项和题图的反应是否完全对应

5. **A** 【解析】自备燃煤锅炉和燃煤热电厂都是使用煤炭作为燃料，均有大量二氧化碳的排放，**A 错误**；开发地热能、氢能等新能源，可减少煤炭等的使用，实现低碳发展，**B 正确**；大力发展风力发电、水力发电、光伏发电、生物质能发电可减少 CO_2 排放，且污染小，能实现绿色转型，**C 正确**；加大对林业、水电、特色生物等产业的扶持力度可减少燃煤的利用，增加绿色经济，**D 正确**。

6. **A** 【解析】液氢燃烧的过程中化学能转化为热能，**A 错误**；光伏发电系统为光电转换装置，是将太阳能直接转化为电能的装置，**B 正确**；“燃豆萁”的过程中化学能转化为热能，**C 正确**；水能、风能、潮汐能均属于自然界中的可再生能源，**D 正确**。

7. **B** 【解析】反应物的质量越大，放热反应放出的热量越多，反应放出热量的多少与反应物的质量和反应物、生成物本身能量有关，**A 错误**；由题意可知 4 mol $\text{HCl}(\text{g})$ 被完全氧化放出 $2 \times 60 \text{ kJ} = 120 \text{ kJ}$ 热量，液态 HCl 转化为气态 HCl 吸收热量，则 4 mol $\text{HCl}(\text{l})$ 被完全氧化，放出热量小于 120 kJ，**B 正确**；形成化学键释放能量，由题图知形成 1 mol $\text{Cl}_2(\text{g})$ 中氯氯键放出 $a \text{ kJ}$ 热量，**C 错误**；已知断裂 1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 中 $\text{O}=\text{O}$ 键需要吸收 498 kJ 热量，形成 1 mol $\text{Cl}_2(\text{g})$ 放出 243 kJ 热量，根据放热反应中新键形成放出的热量 - 旧键断裂吸收的热量等于反应放出的热量，则 $[2 \times 243 \text{ kJ} + 2 \times 2 \times E(\text{H}-\text{O})] - 4 \times E(\text{H}-\text{Cl}) - 498 \text{ kJ} = 120 \text{ kJ}$ ，则 $E(\text{H}-\text{O}) - E(\text{H}-\text{Cl}) = 33 \text{ kJ}$ ，则断开 1 mol $\text{H}-\text{O}$ 键所需能量比断开 1 mol $\text{H}-\text{Cl}$ 键所需能量多 33 kJ，**D 错误**。

8. **A** 【解析】断裂旧键吸收的能量分别为 4 mol CO 中的 $\text{C}=\text{O}$ 键： $4 \times 1071 \text{ kJ} = 4284 \text{ kJ}$ 和 2 mol NO_2 中的 $\text{N}=\text{O}$ 键（每个 NO_2 分子含 2 个 $\text{N}=\text{O}$ 键）： $2 \times 2 \times 466 \text{ kJ} = 1864 \text{ kJ}$ ，总共吸收能量： $4284 \text{ kJ} + 1864 \text{ kJ} = 6148 \text{ kJ}$ 。形成新键释放的能量分别为 1 mol N_2 中的 $\text{N} \equiv \text{N}$ 键： $1 \times 946 \text{ kJ} = 946 \text{ kJ}$ ，4 mol CO_2 中的 $\text{C}=\text{O}$ 键（每个 CO_2 分子含 2 个 $\text{C}=\text{O}$ 键）： $4 \times 2 \times 803 \text{ kJ} = 6424 \text{ kJ}$ ，总共释放能量： $946 \text{ kJ} + 6424 \text{ kJ} = 7370 \text{ kJ}$ 。能量变化 = 吸收的能量 - 释放的能量 = $6148 \text{ kJ} - 7370 \text{ kJ} = -1222 \text{ kJ}$ ，即放出 1222 kJ 热量。故选 A。

9. **D** 【解析】未指明反应物与生成物的量，因此不能比较 H_2 和 F_2 的总能量与 HF 的总能量，**A 错误**；等质量的 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 的能量比 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{l})$ 的能量多，因此由 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 转化为 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{l})$ 时会放出热量，**B 错误**；化学反应中的物质变化总会伴随着能量变化，化学能不是只能转化为热能，也可转化为光能、电能等，**C 错误**；化学

反应中的能量变化取决于反应物的总能量与生成物的总能量的相对大小,若反应物的总能量大于生成物的总能量,则该反应为放热反应,若反应物的总能量小于生成物的总能量,则该反应为吸热反应,**D 正确**。

- 10. B** 【解析】状态Ⅰ→状态Ⅱ的过程中,水吸收太阳能断裂 O—H 键,光能转化为化学能,**A 正确**;状态Ⅱ→状态Ⅲ为形成化学键的过程,为放热过程,则状态Ⅱ的总能量高于状态Ⅲ的总能量,**B 错误**;变化过程涉及氢氧极性键的断裂、氢氢非极性键和氧氧非极性键的形成,**C 正确**;状态Ⅲ→状态Ⅳ过程中过氧化氢在光照条件下分解生成氢气和氧气,**D 正确**。



能力上分

- 1. D** 【解析】仪器 X 的名称为蒸馏烧瓶,**A 不符合题意**;氨气可

提示:圆底烧瓶不带支管

使湿润的红色石蕊试纸变蓝,试纸 Y 应为湿润的红色石蕊试纸,实验过程中会变蓝,**B 不符合题意**;气球膨胀可能是反应产生气体(NH_3)导致,不能证明反应放热,**C 不符合题意**;氨气极易溶于水且会与稀盐酸发生反应,实验结束,无论滴加稀盐酸还是水,气球均变小,**D 符合题意**。

- 2. C** 【解析】该反应过程中旧的化学键断裂吸收热量,新的化学键形成放出热量,因此该过程中既有能量的吸收又有能量的释放,**A 错误**;容器内加入 1 mol C(s)、1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 后充分反应,由于该反应是可逆反应,反应物不能完全转化,因此吸收的热量小于 $(b-a)$ kJ,**B 错误**;该反应为题给反应的逆反应,为放热反应,

点拨:可逆反应不能进行到底,但如果是 1 mol C(s)、1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 参与反应(指实际发生反应)则可以吸收 $(b-a)$ kJ 热量
C 正确;粉碎 C(s) 不会影响 $b-a$ 的值,**D 错误**。

- 3. D** 【解析】根据图中信息,A 的能量低于 B 的能量,B 的能量高于 C 的能量,则 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 为吸热反应, $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 为放热反应,**A 错误**;根据图中 A、C 能量知, $\text{A} \rightarrow \text{C}$ 为放热反应,放出的热量为二者能量之差,即 $(E_2 + E_4) - (E_1 + E_3) = E_2 + E_4 - E_1 - E_3$,**B 错误**; $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 为吸热反应,但吸热反应不一定需要加热才能进行,**C 错误**; $\text{A} \rightarrow \text{C}$ 为放热反应,即断裂反应物 A 中化学键时吸收的能量低于形成 C 中化学键时放出的能量,**D 正确**。

- 4. C** 【解析】由图可知反应物的总能量高于生成物的总能量,所以该反应为放热反应,**A 错误**;断键要吸收能量,所以断裂 1 mol H—H 键和 1 mol Cl—Cl 键吸收 x kJ 的能量,**B 错误**;由图可知,断裂 2 mol H—Cl 键需要吸收 y kJ 的能量,**C 正确**;由图可知,2 mol $\text{HCl}(\text{g})$ 的总能量低于 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{Cl}_2(\text{g})$ 的总能量,**D 错误**。

- 5. (1) 465 (2) ac**

【解析】(1) 由图可知 2 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 与 1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 反应生成 2 mol

$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 放热 490 kJ , 反应过程中断键吸热 $2 \times 436 \text{ kJ} + 1 \times 498 \text{ kJ} = 1370 \text{ kJ}$, 则成键放热 $1370 \text{ kJ} + 490 \text{ kJ} = 1860 \text{ kJ}$, 所以形成 1 mol $\text{H}-\text{O}$ 键放热 $\frac{1860 \text{ kJ}}{4} = 465 \text{ kJ}$ 。

(2) 生石灰溶于水发生放热反应 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$, **a 符合题意**; $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ 是放热反应, **c 符合题意**; $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体与 NH_4Cl 晶体的反应是吸热反应, **d 不符合题意**; NaOH 固体溶于水放热但不是化学反应, **b 不符合题意**。

第2课时 化学反应与电能



对点上分

1. D 【解析】 NaOH 溶液与镁不反应, NaOH 溶液与铝反应生成 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 和 H_2 , 镁、铝在 NaOH 溶液中能构成原电池, 不如镁活泼的铝作原电池的负极, 镁作正极, **A 错误**; 原电池工作时, 正极发生还原反应, **B 错误**; 原电池是将化学能转化为电能的装置, **C 错误**; 氧化还原反应中存在电子的转移, 理论上任何自发进行的氧化还原反应都可以设计成原电池, **D 正确**。

2. A



攻略上分

通法攻略 14 带你理解原电池的工作原理和构成要素。

【解析】根据构成原电池的“两极一液一线一反应”判断, 装置④不能形成闭合回路; 装置⑤不具有两个活动性不同的电极, 只能发生氧化还原反应, 不能形成原电池; 装置⑥中酒精不是电解质溶液。能形成原电池的是①②③⑦, **A 正确**。

关键点拨·透

原电池的组成

(1) 构成原电池的两极材料不一定是金属, 正极材料可以为导电的非金属, 例如石墨, 部分原电池中, 两极材料均为可导电的非金属。两极可能参与反应, 也可能不参与反应。

(2) 两个活动性不同的金属电极用导线连接, 共同插入电解质溶液中不一定构成原电池, 必须有一个能自发进行的氧化还原反应。

3. C



攻略上分

通法攻略 14 带你理解原电池的工作原理和构成要素。

【解析】若电解质溶液为 NaOH 溶液, 铝与 NaOH 溶液反应, 镁不与 NaOH 溶液反应, 则铝电极为负极, **A 错误**; 蔗糖不是电解质,

提示: 不电离, 不能导电 ←

B 错误; 电解质溶液为稀硫酸时, 铝电极作正极, H^+ 在正极得电子生成 H_2 , 正极有气泡生成, **C 正确**; 在强碱溶液中, 负极反应式为 $\text{Al} - 3\text{e}^- + 4\text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, **D 错误**。

易错警示·悟 判断原电池正、负极的注意事项

在判断原电池正、负极时,既要考虑金属活动性的强弱,也要考虑电解质溶液。

(1)如在 Mg-Al-稀盐酸构成的原电池中,负极为 Mg,正极为 Al;但在 Mg-Al-氢氧化钠溶液构成的原电池中,负极为 Al,正极为 Mg。

(2)常温下,Fe、Al 在浓硫酸、浓硝酸中钝化,表面生成致密的氧化物保护膜,不能再失电子,此时若另一个金属电极可以与浓硫酸、浓硝酸反应,则该电极作负极。

4. D 【解析】a 和 b 不连接时,没有形成闭合回路,不能构成原电池,铁直接把铜置换出来, **A 正确**; a 和 b 用导线连接时,构成原电池,铁比铜活泼,作负极,铜作正极, **B 正确**; 无论 a 和 b 是否连接,反应的本质均为 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$, 铁片均会被氧化,溶液中均有 Fe^{2+} 生成, **C 正确**; a 和 b 用导线连接时,构成原电池,铁作负极,铜作正极, Cu^{2+} 向正极移动,且反应速率加快, **D 错误**。

5. D

攻略上分 通法攻略 15 手把手教你分析原电池,书写电极反应。

【解析】装置乙中 Zn 的活泼性比 Fe 强, Zn 作负极, Fe 作正极, 正极上氢离子得电子生成氢气, 装置乙中铁片上有气泡产生, **A 错误**; 装置丙中, 未形成闭合回路, 不能构成原电池, 导线上无电子转移, **B 错误**; 装置甲中 Fe 作负极, 失电子生成 Fe^{2+} , 质量减小, 装置乙中 Fe 作正极, 铁片质量不变, 装置丙中发生氧化还原反应, 铁和稀硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气, 装置甲中由于形成原电池能加快反应速率, 则铁片质量减小的速率: 甲 > 丙 > 乙, **C 错误**; 装置乙中铁片为正极, 正极上氢离子得电子生成氢气, 电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$, **D 正确**。

关键点拨·透 原电池中的内电路和外电路:

内电路: 离子定向移动(阳离子移向正极, 阴离子移向负极)

外电路: 电子定向移动(电子经导线从负极移向正极)

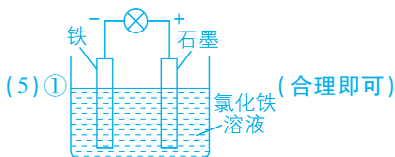
6. C 【解析】图乙中构成原电池, 反应速率更快, 锌棒溶解速率更快, **A 错误**; 图甲和图乙中发生的化学反应相同, 都是锌与稀硫酸反应生成硫酸锌和氢气, **B 错误**; 图甲中 Zn 和稀硫酸反应, 化学能主要转化为热能, 图乙中构成原电池, 化学能大多数转化为电能, 所以图甲温度计示数高于图乙, **C 正确**; 图甲中气泡产生于锌棒表面, 图乙中 Cu 为正极, 气泡产生于铜棒表面, **D 错误**。

7. (1) Ag_2O



(3) 不变

(4) 32.5



② $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ ③ 正



攻略上分

还不会设计原电池？大招攻略 16 带你 n 步搞定。



思路导引

总反应为 $\text{Ag}_2\text{O} + \text{Zn} \rightleftharpoons \text{ZnO} + 2\text{Ag}$, Ag_2O 转化成 Ag , Ag 的化合价从 +1 价变为 0 价, 化合价降低, 被还原, 作正极。

【解析】(1) 由思路导引可知, Ag_2O 为正极。

(2) Ag_2O 得电子发生还原反应 $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$, 结合总反应可知负极反应式为 $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 从总反应 $\text{Ag}_2\text{O} + \text{Zn} \rightleftharpoons \text{ZnO} + 2\text{Ag}$ 来看, KOH 的物质的量不变。

(4) 根据 $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$ 可知, 转移 2 mol 电子时消耗 1 mol Zn , 则电路通过 1 mol 电子消耗 0.5 mol Zn , 消耗的负极材料的质量 $m = 0.5 \text{ mol} \times 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 32.5 \text{ g}$ 。

(5) ①原电池中失电子的物质作负极, 根据离子方程式知, 铁失电子, 发生氧化反应, 铁作负极, 比铁活泼性弱的金属或导电的非金属作正极。正极附近电解质溶液中离子得电子, 发生还原反应, 根据离子方程式知, Fe^{3+} 得电子, 所以电解质是可溶性的铁盐, 可用氯化铁溶液作电解质溶液, 原电池示意图见答案。

②正极上铁离子得电子生成亚铁离子, 电极反应式为 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ 。③在原电池中, 阳离子移向正极, 即铁离子移向正极。

8. B



思路导引

根据电池总反应 $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{MnO}(\text{OH})$ 可知, 反应中 Zn 被氧化, 应为电池的负极, 电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$, MnO_2 被还原, 应为电池正极, 电极反应式为 $\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}(\text{OH}) + \text{OH}^-$, 原电池工作时, 电子由负极经外电路移向正极。

【解析】薄层纸片的两面分别附着电池的负、正极材料锌和二氧化锰, 薄层纸片的作用为载体和导体, **A 正确**; 该新型电池工作时, 电子由负极经外电路移向正极, 电子不能通过内电路, **B 错误**; 由思路导引可知, MnO_2 被还原, 应为电池正极, 电极反应式为 $\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}(\text{OH}) + \text{OH}^-$, **C 正确**; 负极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$, 每转移 1 mol 电子, 负极材料质量增加 17 g, **D 正确**。

9. D

【解析】太阳能电池是利用硅材料把光能转化为电能, 不属于化学电池, **A 正确**; 铅酸蓄电池放电时为原电池, 铅作负极失电子, 电极反应为 $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$, **B 正确**; 晴天正午时, 铅酸蓄电池充电: $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{充电}} \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$, 该反应生成硫酸消耗水, 硫酸的浓度升高, **C 正确**; 铅酸蓄电池中的充电和放电过程反应条件不一样, 不属于可逆反应, **D 错误**。

10. D

【解析】图中装置通入氧气的一极(b 电极)为正极, 通入甲

烷的一极(a 电极)为负极,电解质溶液呈碱性,据此作答。阴离子移向负极,即 OH^- 移向 a 电极, **A 错误**;碱性环境下, CH_4 在负极失电子生成碳酸根离子,根据元素守恒和电荷守恒配平电极反应式: $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$, **B 错误**;电池工作过程中主要存在化学能向电能的转化,但电能还转化为其他形式的能量,如灯泡的光能和热能, **C 错误**; O_2 在正极得到电子生成 OH^- ,电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$,电路中每转移 4mol e^- ,负极消耗 0.5mol CH_4 、正极消耗 1mol O_2 ,两极共消耗 1.5mol 气体,标准状况下的体积为 33.6L , **D 正确**。

11. C 【解析】原电池放电时,阳离子向正极移动,所以质子向正极移动, **A 错误**;燃料电池中,通入燃料的电极是负极,通入氧化剂的电极是正极,所以该燃料电池放电时,电子从负极 a(负极)沿导线流向正极 b(正极), **B 错误**;燃料电池中,通入氧化剂的电极是正极, b 极上氧气得电子和质子(氢离子)反应生成水,所以

 **上分**: 有 O_2 参加反应的电极,是正极

电极反应式为 $4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$, **C 正确**;燃料电池中,通入燃料的电极是负极, a 极上燃料失去电子发生氧化反应,所以电极反应式为 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O} - 12\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 12\text{H}^+$, **D 错误**。



能力上分

1. B 【解析】装置 I 中电解质溶液为 NaOH 溶液, Al 和 NaOH 溶液反应生成 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 和 H_2 ,则 Al 为原电池的负极, Mg 为正极, **A 错误**;装置 II 中 Pb 为负极,电极反应式为 $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} -$

 **易错**: Mg 、 Al 作为电极谁正谁负要看电解质溶液

$2\text{e}^- = \text{PbSO}_4$, PbO_2 为正极,电极反应式为 $\text{PbO}_2 + 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,所以装置 II 在工作时正、负极质量均增加, **B 正确**;装置 III 中两极材料都是 Zn ,不能构成原电池, **C 错误**; Zn 为较活泼金属,锌筒作负极,发生氧化反应,电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$,反应中锌溶解,则锌筒会变薄, **D 错误**。

2. D



思路导引

题图为甲烷燃料电池,由电子的转移方向可知左电极为负极, a 为 CH_4 ,电极反应式为 $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 4\text{CO}_3^{2-} = 5\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,右电极为正极, b 为 O_2 和 CO_2 ,电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- = 2\text{CO}_3^{2-}$ 。

【解析】电池工作时,电池内部阴离子向负极移动,故 CO_3^{2-} 向左迁移, **A 错误**;负极反应式为 $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 4\text{CO}_3^{2-} = 5\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, **B 错误**; $\text{CH}_4 \sim 8\text{e}^-$,每消耗 16g CH_4 ,有 $8N_A$ 电子从左电极经外电路转移到右电极,电子不从电解质中通过, **C 错误**;左电极为负极,右电极为正极,故 a 为 CH_4 , b 为 O_2 和 CO_2 , **D 正确**。

3. C



思路导引

电池工作时,电子从负极经外电路移向正极,故电极 I 为负极,电极 II 为正极,负极反应: $\text{H}_2\text{O}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,正极反应: $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】电极Ⅰ为负极，发生氧化反应，**A 正确**；电极Ⅱ为正极，电极反应式为 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ ，**B 正确**；当外电路中转移 2 mol e^- 时，有 2 mol K^+ 通过阳离子交换膜进入正极区，即负极区溶液中 K^+ 减少的质量为 $39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 \text{ mol} = 78 \text{ g}$ ，负极上发生的反应为 $\text{H}_2\text{O}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，产生 32 g 氧气，负极区溶液质量共减少 110 g ，**C 错误**；正、负极反应相加得电池总反应： $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，**D 正确**。

4. **D** 【解析】根据图示可知：放电时， Na 失电子发生氧化反应，所以 A 作负极， B 作正极，负极反应式为 $\text{Na} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}^+$ 、正极反应式为 $x\text{S} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}_x^{2-}$ ，**A 正确**；当 Na^+ 由 A 极向 B 极移动时，说明 A 电极失去电子产生 Na^+ ，则此时能量转换方式为化学能转化为电能，**B 正确**；电极 A 放电时为负极，**C 正确**；钠硫电池工作时，应使 Na 、 S 为熔融状态，故其正常工作温度应较高，小于 100°C 时 S 为固体，所以不能正常工作，**D 错误**。

5. (1) 铜 银(或石墨) AgNO_3 溶液

(2) 有银白色物质生成

(3) 减少 76

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

(5) 1 mol



攻略上分

有关电极反应的计算有问题？通法攻略 15 也略通一二哦。



思路导引

I. 利用反应 $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$ 设计一个化学电池，电池的负极材料为 Cu ，正极材料为活泼性不如铜的金属银或导电的非金属(如石墨)，电解质溶液需要提供 Ag^+ ，故可用 AgNO_3 溶液；

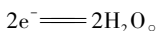
II. 过氧化氢吸收 SO_2 ，两者发生反应： $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$ ， SO_2 在石墨 1 上失电子，发生反应： $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ ，石墨 1 作负极；石墨 2 作正极，正极反应为 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】(1) 在反应 $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$ 中， Cu 失去电子，负极上发生氧化反应： $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$ ；正极上， Ag^+ 得到电子生成银单质，所以该电池的负极材料为 Cu ，发生氧化反应，正极材料可为银或石墨，电解质溶液需要提供 Ag^+ ，故可用 AgNO_3 溶液。

(2) 正极上， Ag^+ 得到电子生成银单质，正极上出现的现象为有银白色物质生成。

(3) 负极反应为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$ ，正极反应为 $2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Ag}$ ，若导线上转移 1 mol 电子，根据负极和正极反应，电解质溶液中进入 0.5 mol Cu^{2+} (质量为 32 g)，析出 1 mol Ag (质量为 108 g)，电解质溶液的质量减少了 $108 \text{ g} - 32 \text{ g} = 76 \text{ g}$ 。

(4) 根据思路导引，石墨 2 作正极，正极反应为 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ +$



(5) 根据思路导引, 石墨 1 作负极, 发生反应 $SO_2 + 2H_2O - 2e^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+$, 由电极反应可知 1 mol SO_2 发生反应时转移 2 mol 电子, 则电路中迁移 2 mol 氢离子, 标准状况下 11.2 L (即 0.5 mol) SO_2 参与反应时, 迁移 1 mol 氢离子。

第一节 节测上分

1. A



思路导引 反应开始后甲处液面高于乙处液面, 说明试管中反应是吸热的, 集气瓶内温度降低, 压强减小, 则甲处液面上升, 乙处液面下降。

【解析】 氢氧化钡晶体与氯化铵的反应为吸热反应, **A 正确**; 过氧化钠与水的反应为放热反应, **B 错误**; 氢氧化钠与稀硫酸的反应为放热反应, **C 错误**; 过氧化氢在二氧化锰催化下发生的分解反应是放热反应, **D 错误**。

2. D 【解析】 合成氨的反应是可逆反应, 1 mol $N_2(g)$ 和 3 mol $H_2(g)$ 不能完全反应, 放出的热量小于 a kJ, **A 错误**; 由图乙可知, 合成氨的反应是放热反应, 反应物断键吸收的能量小于生成物形成新键释放的能量, **B 错误**; $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 晶体与 NH_4Cl 晶体的反应是吸热反应, 图乙是放热反应的能量变化图, **C 错误**; ③→④过程是成键过程, 是放热过程, **D 正确**。

3. B 【解析】 能量越低, 物质越稳定, HNC 的能量高于 HCN, 则 HCN 比 HNC 更稳定, **A 错误**; HNC 的能量高于 HCN, 则该异构化反应为吸热反应, **B 正确**; 由图可知, 1 mol HCN 吸收 186.5 kJ 能量后, 分子中的 C、N 之间的化学键未断裂, **C 错误**; 1 mol HNC 完全转化为 1 mol HCN, 需要放出 59.3 kJ 的热量, **D 错误**。

4. D 【解析】 锌锰干电池属于一次电池, 铅酸蓄电池属于二次电池, 氢氧燃料电池属于燃料电池, **A 正确**; 甲电池中, 锌作负极失电子, 石墨作正极, 故电子从锌筒经外电路移向石墨电极, **B 正确**; 铅酸蓄电池在放电过程中, 总反应为 $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$, 消耗 H_2SO_4 , 故硫酸溶液浓度减小, **C 正确**; 丙中正极通入氧气, 得电子, 发生还原反应, **D 错误**。

5. D



思路导引 该海洋电池中铝板为负极, Al 失去电子, 发生氧化反应, 铂网为正极, 在正极上 O_2 得到电子, 发生还原反应, 海水为电解质溶液, 电子由负极经导线移向正极, 该海洋电池总反应为 $4Al + 3O_2 + 6H_2O \longrightarrow 4Al(OH)_3$, 根据原电池原理分析解答。

【解析】 海洋电池中负极 Al 会不断失去电子, 发生氧化反应, 故 Al 板为负极, **A 正确**; 由思路导引中的总反应可知, 絮状沉淀 X 是 $Al(OH)_3$, **B 正确**; 铂网为正极, O_2 得到电子, 发生还原反应, 正极反应式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$, **C 正确**; 该电池不能充电, 不属于二次电池, **D 错误**。

6. D 【解析】该装置为原电池,活泼金属钙作负极,则b极为负极,a极为正极,则电子流向:b极→负载→a极,**A 正确**;原电池中,阳离子向正极移动,故 Ca^{2+} 向a极迁移,**B 正确**;32 g O_2 的物质的量为1 mol,由题图可知,氧元素化合价从0价降低为-1价,故1 mol 氧气得2 mol 电子,理论上转移2 mol 电子,**C 正确**;钙是活泼金属,会与水和酸反应,故该电池中电解质不能采用水或酸作溶剂,**D 错误**。

7. A

思路导引 由 Cu_2S 制备 CuSO_4 的工作原理图可知,该装置为原电池,M 电极上 Cu_2S 失去电子生成 CuSO_4 ,电极反应式为 $\text{Cu}_2\text{S}-10\text{e}^-+4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cu}^{2+}+8\text{H}^++\text{SO}_4^{2-}$,则 M 电极为负极,N 电极为正极,电极反应式为 $\text{Fe}^{3+}+\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$,原电池工作时,阳离子移向正极 N,阴离子移向负极 M。

【解析】目的是制备 CuSO_4 ,应使 SO_4^{2-} 由右侧进入左侧,故 X 交换膜为阴离子交换膜,当外电路转移 1 mol e^- 时,交换膜右侧发生电极反应 $\text{Fe}^{3+}+\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$,会有 0.5 mol SO_4^{2-} 移动到左侧,溶液质量减少 $0.5 \text{ mol} \times 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 48 \text{ g}$,**A 错误**;原电池工作时,电子由负极经过导线移向正极,即由 M 极经过导线移向 N 极,**B 正确**;微生物中的酶在高温条件下易变性失活,故工作效率下降,**C 正确**;M 电极反应式为 $\text{Cu}_2\text{S}-10\text{e}^-+4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cu}^{2+}+8\text{H}^++\text{SO}_4^{2-}$,**D 正确**。

8. (1) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 脱水吸热

(2) ①Ⅲ ②一定能

(3) $3\text{H}\cdot + \cdot\ddot{\text{N}}\cdot \longrightarrow \text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$ 391
H

(4) ① ClO_4^- ②放出 117

思路导引 在装置 I (Ⅱ) 中,碳酸氢钠与柠檬酸在小试管中反应后,若放出热量,则具支锥形瓶(具支试管)内气体的温度升高,体积膨胀,U 形管内液面左低右高(烧杯内有气泡产生);若吸收热量,则 U 形管内液面左高右低(烧杯内水倒吸进入导管)。装置Ⅲ中,反应产生的气体直接从长颈漏斗内逸出,不能探究反应是放热反应还是吸热反应。

【解析】(1) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 中的结晶水被 NH_4NO_3 吸收,相当于 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 发生分解反应,会吸收热量,同时 NH_4NO_3 溶于水也会吸热则使用时混合搓揉即可制冷,原因是 NH_4NO_3 溶于水吸热、 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 脱水吸热。

(2) ①由思路导引可知,不适合选用的装置是Ⅲ。

②若观察到装置Ⅱ中烧杯内产生气泡,则表明具支试管中,气体体积膨胀,则一定能说明反应为放热反应。

(3) 用电子式表示 NH_3 中共价键的形成过程: $3\text{H}\cdot + \cdot\ddot{\text{N}}\cdot \longrightarrow \text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$; $6a - (945 + 436 \times 3) = 93$, $a = 391$ 。
H

(4) ①D 中 Cl 元素显+7 价,则 D 是 ClO_4^- 。

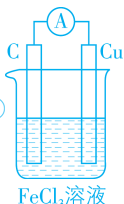
② $\text{B} \longrightarrow \text{A} + \text{C}$ 反应中, $63 \text{ kJ} - 60 \text{ kJ} \times 3 = -117 \text{ kJ}$,则反应中消耗

3 mol ClO^- 放出 117 kJ 能量。

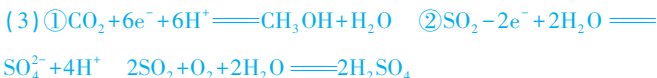


②

(合理即可)



FeCl_3 溶液



【解析】(1) ① Fe^{3+} 和 Cu 反应生成 Cu^{2+} 和 Fe^{2+} , 该反应中 Fe^{3+} 是氧化剂, Cu^{2+} 是氧化产物, 则说明氧化性: Fe^{3+} 强于 Cu^{2+} , 离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$; ② $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$ 中 Fe^{3+} 得到电子, Cu 失去电子, 则负极为 Cu 电极, 正极用石墨电极, 电解质溶液用氯化铁溶液, 装置图见答案。

(2) ① 实验 1 中电流计指针偏向 Al, Al 为正极, Mg 为负极, H^+ 在正极得到电子生成 H_2 , 铝电极的电极反应式: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$; ② 实验 3 中电流计指针偏向 Al, Al 为正极, Cu 为负极, Cu 失去电子生成 Cu^{2+} , 原因为常温下, Al 在浓硝酸中钝化; ③ 实验

点拨: 常温下铁、铝遇到浓硝酸、浓硫酸发生钝化, 生成致密氧化膜, 不能继续反应, 加热时反应才能持续进行

4 中电流计指针偏向 Mg, Mg 为正极, Al 为负极, Al 和 NaOH 溶液发生反应生成 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, 负极反应式为 $\text{Al} + 4\text{OH}^- - 3\text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 。

(3) ① 电池总反应为 $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$, CO_2 在正极得到电子生成 CH_3OH , 根据原子守恒和电荷守恒配平, 正极反应式为 $\text{CO}_2 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$; ② 若 A 为 SO_2 , B 为 O_2 , C 为 H_2SO_4 , 总反应为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{SO}_4$, SO_2 在负极失去电子生成 SO_4^{2-} , 根据原子守恒和电荷守恒配平, 电极反应式为 $\text{SO}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

第二节 化学反应的速率与限度

第 1 课时 化学反应的速率



对点上分

1. C



攻略上分

通法攻略 17 教你化学反应速率的计算和比较。



思路导引

结合已知条件, 根据公式 $v(\text{D}) = \frac{\Delta c(\text{D})}{\Delta t}$ 计

算用 D 表示的反应速率 $v(\text{D})$, 根据反应速率之比等于化学计量数之比可以求算出 $v(\text{B})$ 、 $v(\text{C})$, 但是不能用固体物质的浓度变化表示反应的速率。

【解析】半分钟后，D 的物质的量增加了 0.45 mol，用 D 表示

$$v(D) = \frac{\Delta c(D)}{\Delta t} = \frac{\frac{0.45 \text{ mol}}{10 \text{ L}}}{30 \text{ s}} = 0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1},$$

根据速率之比等于化学计量数之比，即 $v(B) : v(D) = 5 : 6$ ，

$$v(D) = 0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ 则 } v(B) = 0.00125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1},$$

A、D 错误；不能用固体物质的浓度变化表示反应的速率，B 错误；

根据速率之比等于化学计量数之比，即 $v(C) : v(D) = 4 : 6$ ， $v(D) =$

$$0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ 则 } v(C) = 0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ C 正确。}$$

2. B 【解析】物质 A 为固体，不能用固体反应物浓度表示反应速率，A 错误；同一反应、同一时段内不同物质的反应速率之比等于化学计量数之比，所以分别用 B、C、D 表示反应的速率，比值是 3:2:1，B 正确；该反应速率表示的是一段时间内的平均速率，不是某一时刻的瞬时速率，C 错误；在同一反应中，选用不同的物质表示反应速率，反应速率数值之比等于化学方程式中化学计量数之比，数值可能相同，也可能不同，但意义相同，则用 B 和 C 表示的反应速率的意义相同，D 错误。

3. A 【解析】① $v(A) = 0.45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} =$

$$0.0075 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{② } v(B) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ 则 } v(A) =$$

$$\frac{1}{3}v(B) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{③ } v(C) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ 则}$$

$$v(A) = \frac{1}{2}v(C) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{④ } v(D) = 0.45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1},$$

$$\text{则 } v(A) = \frac{1}{2}v(D) = 0.225 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{综上所述, 四种情况下的}$$

的化学反应速率的大小关系为④>③=②>①。

易错警示·悟 速率计算易错点

①与化学反应速率相关的计算中，固体和纯液体不能用 $\frac{\Delta c}{\Delta t}$ 的

形式表示反应速率，如果一定要表示固体或者纯液体的反应

速率可以用如 $\frac{\Delta n}{\Delta t}$ 等形式表示。

②比较不同情况下的反应速率时，注意换算成相同单位后进行比较，如果表示反应速率的物质不同，还要使化学计量数归一化。

4. C

🔗 攻略上分 通法攻略 17 教你化学反应速率的计算和比较。

【解析】要比较用不同物质表示的化学反应速率，可比较反应速

率与化学计量数的比值。 $\frac{v(\text{NH}_3)}{v(\text{O}_2)} = \frac{4}{3}$ ，变形后得到 $3v(\text{NH}_3) =$

$$4v(\text{O}_2), \text{ A 错误}; \frac{v(\text{O}_2)}{v(\text{N}_2)} = \frac{3}{2}, \text{ 变形后得到 } 2v(\text{O}_2) = 3v(\text{N}_2),$$

👉 提示：注意公式变形，切勿比反

$$\text{B 错误}; \frac{v(\text{N}_2)}{v(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}, \text{ 变形后得到 } 3v(\text{N}_2) = v(\text{H}_2\text{O}), \text{ C 正}$$

确： $\frac{v(\text{O}_2)}{v(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$ ，变形后得到 $2v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2\text{O})$ ，D 错误。

5. A 【解析】在食盐中添加碘酸钾是为了补充碘元素，预防碘缺乏病，与调控反应速率无关，A 正确；煤块碾成煤粉增大了其与氧气的接触面积，加快燃烧速率，B 错误；食品抽真空包装是通过减少氧气含量，减缓食品氧化和腐败速率，C 错误；发面时加入的酵母可以加快发酵速率，D 错误。

6. D 【解析】缩小容器容积增大压强，导致单位体积内活化分子数增大，反应速率加快，①正确；容器容积不变，充入 N_2 使压强增大，反应物的浓度增大，反应速率增大，②正确；容器容积不变，充入 He 使压强增大，但参加反应的物质的浓度不变，反应速率不变，③错误；升高温度，活化分子百分数增大，反应加快，④正确。综上所述，D 正确。

易错警示·悟 向反应体系充入气体对反应速率的影响

反应速率是否改变取决于反应物的浓度是否改变，而反应物浓度的变化主要取决于反应容器的容积和反应物的物质的量变化。

(1) 恒温、恒容条件充入反应物(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。

7. D 【解析】反应速率受浓度、温度和催化剂影响。 H_2O_2 浓度越高(15%>5%)、温度越高(50℃>20℃)、催化剂(FeCl_3)存在时，反应速率越大。选项 D 同时满足更高浓度(15%)、更高温度(50℃)和催化剂(FeCl_3)，因此开始阶段的反应速率最大，D 正确。

8. C 【解析】曲线①表示的反应速率更快，对应的盐酸浓度大于 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，A 正确；根据题中加入等质量的锌粉，两溶液均恰好完全反应，可知 HCl 的物质的量相同，而盐酸的浓度不同，则盐酸的体积不同，B 正确；若加水稀释题述 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸，氢离子浓度变小，但氢离子物质的量不变，则最终生成 H_2 的体积不变，C 错误；根据关系式 $\text{Zn} \sim \text{H}_2$ ，生成 $\frac{2.240 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$ 氢气，所用锌粉的质量为 6.5 g，D 正确。

9. C 【解析】装置①生成的氢气可以由长颈漏斗逸出，应用分液漏斗，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相同、体积相同，用不同浓度、相同体积的草酸溶液来做实验，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能实现目的，C 正确；装置④中浓度、温度都不同，无法判断温度对

速率的影响,D 错误。

10. C



攻略上分

通法攻略 18 手把手教你控制变量探究各因素对速率的影响。

【解析】若 $V_1 = 10.0$, 除了温度不同外, 其他条件都相同, 可用实验 1 和 2 探究温度对该反应速率的影响, **A 正确**; 进行实验 2 时, 若先将 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液、稀硫酸混合再置于热水浴中加热, 可能还没有加热到所需温度就看到溶液变浑浊导致实验失败, 故先分别将 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液、 H_2SO_4 溶液置于热水浴中加热到所需温度, 再混合发生反应, **B 正确**; 若用实验 1 和 3 探究稀硫酸浓度对该反应速率的影响, 则须保证溶液中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 浓度相同, 即最终溶液体积相同, 所以 $V_2 = 6.0$, **C 错误**; Na_2SO_4 对该反应无影响, 所以将水更换为 Na_2SO_4 溶液, 对实验结果无影响, **D 正确**。

方法攻略·快

利用变量控制法的实验

此类试题在解答时需要明确影响化学反应速率的因素有多种, 在探究相关规律时, 需要控制其他条件不变, 只改变某一个条件, 从而探究这一条件的改变对反应速率的影响。

11. C 【解析】由图可知, 反应达到平衡时 A 物质增加了 1.2 mol 、D 物质增加了 0.4 mol 、B 物质减少了 $1.0 \text{ mol} - 0.4 \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$ 、C 物质减少了 $1.0 \text{ mol} - 0.2 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$, 所以 A、D 为生成物, B、C 为反应物, A、B、C、D 四种物质的化学计量数之比等于其物质的量变化量之比 $= 1.2 \text{ mol} : 0.6 \text{ mol} : 0.8 \text{ mol} : 0.4 \text{ mol} = 6 : 3 : 4 : 2$, 又因 6 s 后各物质的物质的量不变且均不为 0, 可知该反应是可逆反应, 所以反应方程式为 $3\text{B} + 4\text{C} \rightleftharpoons 6\text{A} + 2\text{D}$, **A 错误**; 该反应中各物质的化学计量数不同, 所以各物质的反应速率不可能相等, **B 错误**; 由图可知, $0 \sim 6 \text{ s}$ 内, $v(\text{B}) = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{1.0 \text{ mol} - 0.4 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 6 \text{ s}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, **C 正确**; 由反应方程式可知, A 和 C 的化学计量数不相等, 所以 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内不可能出现 $v(\text{A}) = v(\text{C})$, **D 错误**。

12. B 【解析】根据图像可知, EF 段的平均反应速率最快, **A 错误**; 盐酸与 CaCO_3 反应的化学方程式为 $2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 则 EF 段消耗的 $n(\text{HCl}) = 2n(\text{CO}_2) = 2 \times \frac{(0.672 - 0.224) \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.04 \text{ mol}$, $v(\text{HCl}) = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0.04 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **B 正确**; 纵坐标的差值越大, 收集的 CO_2 越多, 根据图像可知, EF 段收集到的 CO_2 最多, **C 错误**; 加入氯化钠固体不影响溶液中 H^+ 的浓度且 NaCl 不参与该化学反应, 所以加入氯化钠固体不影响该反应的速率, **D 错误**。



能力上分

1. D 【解析】该反应的正反应是气体颜色变浅的反应, 所以测定

单位时间内体系颜色深浅的变化能表示反应的化学反应速率，**A 正确**；恒容、绝热体系中反应放出或吸收的热量会使体系压强增大或减小，所以测定单位时间内体系压强的变化能表示反应的化学反应速率，**B 正确**；体系对光的吸收能力会随反应进行发生改变，所以测定单位时间内体系对光的吸收能力的改变能表示反应的化学反应速率，**C 正确**；该反应涉及的物质全部为气体，由质量守恒定律可知，恒容体系的密度一直不变，**D 错误**。

2. B 【解析】升高温度，反应速率加快，出现浑浊所需时间缩短，**A 正确**；容积不变的密闭容器中发生反应 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3(\text{g})$ ，向其中通入氩气，反应物浓度不变，反应速率不变，**B 错误**；工业制硫酸过程中，在 SO_3 的吸收阶段，喷洒浓硫酸吸收 SO_3 ，反应物的接触面积增大，反应速率加快，**C 正确**；用催化剂，反应速率加快，故 B 试管中产生气泡速度更快，**D 正确**。

3. C 【解析】根据化学反应速率的数学表达式，20 min 内用 X_2 表示的反应速率 $v(\text{X}_2) = \frac{0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{20 \text{ min}} = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，**A 正确**；根据 $2\text{X}_2\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{X}_2(\text{g}) + \text{Y}_2(\text{g})$ ，填表得：

t/min		0	20	40	60	80	100
物质的 量浓度/ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	X_2Y	0.100	0.080	0.060	0.040	0.020	0
	X_2	0	0.020	0.040	0.060		
	Y_2	0	0.010	0.020	0.030		

由表格可知，相同时间内， X_2Y 浓度变化值相等，说明温度一定时，反应速率与 X_2Y 浓度无关，因此 $n=0$ ，**B 正确**； $n=0$ ， $v=k$ ，即速率与反应物浓度无关，**C 错误**；原温度下，反应 60 min 时，未进行彻底，升高温度，反应速率加快，反应 60 min 时， $c(\text{Y}_2)$ 大于 $0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，**D 正确**。

4. (1) $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

(2) ①1 ②298 ③ $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

(3) BC (4) 0.05

(5) 产物中 Mn^{2+} 是反应的催化剂；该反应是放热反应，放出的热量使体系温度升高

思路导引 研究某种因素对反应速率的影响时，需要保证其他条件相同，即应采用控制变量法进行探究，分析表格中数据可知，实验 A、B 中草酸溶液的体积不同，则 A、B 探究浓度对反应速率的影响，故 A、B 应控制温度相同， $T_B = 298$ ；为使 KMnO_4 溶液浓度在几组实验中相同，应控制混合溶液的总容积相同，由 A 可知三组实验中混合溶液的总容积均为 6 mL，则 $V_B = 1$ ， $V_C = 3$ ，实验 B、C 中反应物浓度相同，温度不同，可探究温度对反应速率的影响。

【解析】(1) 酸性 KMnO_4 溶液与 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液反应，根据元素守

恒、得失电子守恒及电荷守恒, 写出离子方程式: $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) ①根据分析可知, $V_B = 1$; ②根据分析可知, $T_B = 298$; ③根据 B

组实验计算: $v(\text{KMnO}_4) = \frac{0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{2 \text{ mL}}{6 \text{ mL}}}{10 \text{ s}} = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(3) 实验 B、C 中反应物浓度相同, 温度不同, 可探究温度对反应速率的影响。

(4) 为使 KMnO_4 溶液颜色完全消失, 草酸溶液应适量或过量, 根

据关系式: $2\text{MnO}_4^- \sim 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 可得 $\frac{2}{5} \geq \frac{2 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{3 \times 10^{-3} \text{ L} \times c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$,

解得 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \geq 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(5) 可能导致溶液中反应速率增大的原因: 反应物浓度增加、加入催化剂、温度升高和形成原电池等。该反应开始后, 反应物浓度逐渐减小, 也未有物质析出形成原电池, 故导致反应速率增大的原因可能是产生了催化剂 (Mn^{2+}) 或因反应放热导致的容器内温度升高。

第 2 课时 化学反应的限度



对点上分

1. C 【解析】可逆反应的特点是无法完全转化, 反应物和生成物始终共存, 因此 CO_2 不可能完全转化为 CO , **A 错误**; 化学平衡是动态平衡, 达到平衡后反应仍在进行 (正、逆反应速率相等), 没有停止, **B 错误**; 增加反应物 CO_2 的浓度会提高反应速率, **C 正确**; 平衡时各物质浓度保持恒定, 但不一定相等, **D 错误**。

2. C 【解析】①反应条件不一样, 不互为可逆反应; ②浓度不同, 第一个反应中反应物是浓硫酸, 第二个反应中生成物是稀硫酸, 不互为可逆反应; ③④中, 反应条件相同, 能够同时向正、逆两个方向进行, 互为可逆反应, **故 C 正确**。

3. C 【解析】该反应是可逆反应, 故反应物与生成物共存, 反应过程中, SO_2 、 O_2 和 SO_3 始终共存, **A 正确**; 反应正向进行时, ^{18}O 进入 SO_3 , 其在分解时 ^{18}O 会进入 SO_2 和 O_2 , 故达到化学平衡状态时, SO_2 、 O_2 和 SO_3 中均存在 ^{18}O , **B 正确**; 若起始投入 SO_2 和 O_2 的物质的量之比为 2 : 1, 二者反应的物质的量之比为 2 : 1, 则 SO_2 和 O_2 的物质的量之比一直为 2 : 1, 无法判断是否达到平衡, **C 错误**; 反应达到平衡后, 改变反应条件, 可能改变平衡状态, **D 正确**。

方法攻略·快 化学计量数分别为 a 、 b 的两种反应物 A、B,

二者某一时刻的物质的量之比可以写作 $\frac{n(\text{A})}{n(\text{B})}$, 如果可以通过

反应物的物质的量之比判断是否达到平衡, 那么 $\frac{n(\text{A})}{n(\text{B})}$ 是随时

间变化的, 如果 $\frac{n(\text{A})}{n(\text{B})}$ 不随时间改变, 那么一定有 $\frac{n(\text{A})}{n(\text{B})} = \frac{a}{b}$,

可以记住这个结论以快速判断选项。

4. D 【解析】化学平衡是一个动态平衡，一个可逆反应达到平衡状态后，这个反应在该条件下仍然继续进行，正、逆反应速率相等但不为 0，**A、B 错误**；化学平衡是一种动态平衡，达到平衡时反应物和生成物的浓度不再发生改变，但浓度不一定相等，**C 错误**；可以通过改变某些条件，破坏化学平衡，然后达到新的平衡，故化学反应的限度可以通过改变条件而改变，**D 正确**。

5. A



思路导引 将 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KI 溶液和 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液等体积混合后， I^- 过量，若不是可逆反应， Fe^{3+} 全部转化为 Fe^{2+} ，则溶液中无 Fe^{3+} ，故只需要证明溶液中含 Fe^{3+} ，即能证明此反应为可逆反应。

提示：可逆反应不能进行彻底，验证较少的反应物仍存在可以证明反应可逆

【解析】向溶液中滴入 KSCN 溶液，溶液变红，则说明溶液中有 Fe^{3+} ，即能说明题给反应为可逆反应，①正确；溶液中 I^- 过量，无论反应是否可逆，都会有黄色沉淀生成，所以不能说明题给反应为可逆反应，②错误；无论题给反应是否为可逆反应，溶液中均存在 Fe^{2+} ，滴入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液均有蓝色沉淀生成，③错误；无论题给反应是否为可逆反应，溶液中均有 I_2 ，滴入淀粉溶液后溶液均变为蓝色，④错误。

6. D 【解析】由于反应 $\text{X}_2(\text{g}) + 3\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$ 是一个可逆反应，故各物质均不可能完全转化，假设反应往正方向进行完全，

提示：采用极值法，一边倒

则有：

	$\text{X}_2(\text{g}) + 3\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$		
起始浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.1	0.4	0.2
转化浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.1	0.3	0.2
终止浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0	0.1	0.4

假设反应往逆方向进行完全，则有：

	$\text{X}_2(\text{g}) + 3\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$		
起始浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.1	0.4	0.2
转化浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.1	0.3	0.2
终止浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.2	0.7	0

综合得出平衡时 $0 < c(\text{X}_2) < 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < c(\text{Y}_2) < 0.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $0 < c(\text{Z}) < 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，**A、B 不正确**；当 $c(\text{X}_2) = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，说明反应了 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Z}$ ， $c(\text{Z}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，**C 不正确**；当 $c(\text{X}_2) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，说明反应了 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ X}_2$ ，生成 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Z}$ ，故 $c(\text{Z}) = (0.2 + 0.1) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，**D 正确**。

7. C 【解析】 $v(\text{NH}_3) = 2v(\text{CO}_2)$ 未标明反应正、逆，不能说明反应

达到化学平衡状态, **A 不符合题意**; 由题干反应可知, 混合气体中 NH_3 和 CO_2 的物质的量之比一直为 2 : 1, 即混合气体的平均相对分子质量一直保持不变, 不能说明反应达到化学平衡状态,

关键: 反应物为固体, 气体产物平均相对分子质量一直不变

B 不符合题意; 由题干信息可知, 反应过程中容器容积不变, 混合气体的质量发生改变, 即混合气体的密度一直在改变, 故当混合气体密度保持不变时, 反应达到化学平衡状态, **C 符合题意**; 由题干反应可知, 混合气体中 NH_3 和 CO_2 的物质的量之比一直为 2 : 1, 即 CO_2 的体积分数一直为 $\frac{1}{3}$, 故 CO_2 的体积分数保持不变不能说明反应达到化学平衡状态, **D 不符合题意**。

8. (1) 723.2

(2) ①c b 0.006 ②AC

攻略上分 大招攻略 19 教你宏观微观双管齐下判平衡。

【解析】(1) 由甲醇的热值计算, 1 mol 液态甲醇燃烧生成 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 和 $\text{CO}_2(g)$ 放出的热量为 $22.6 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1 \text{ mol} = 723.2 \text{ kJ}$ 。

(2) ①根据表中信息, 0 min 时 $n(\text{CO}) = 0.020 \text{ mol}$, 容器容积为 2 L, 可知 0 min 时 $c(\text{CO}) = 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则表示 CO 的浓度随时间变化的曲线是 c, 达到平衡时 $|\Delta n(\text{CO})| = 0.013 \text{ mol}$, 则 $|\Delta c(\text{CO})| = \Delta c(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.0065 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 表示 CH_3OH 的浓度随时间变化的曲线是 b。0~2 min 内, 列三段式得:

	$\text{CO}(g) + 2\text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$		
起始量/mol	0.020	0.040	0
转化量/mol	0.012	0.024	0.012
2 min 量/mol	0.008	0.016	0.012

用 H_2 表示 0~2 min 内该反应的平均速率 $v(\text{H}_2) = \frac{0.024 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 2 \text{ min}} = 0.006 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

②该反应体系中反应前后质量守恒, 气体物质的量减少, 所以混合气体的平均相对分子质量保持不变可说明反应达到平衡状态, **A 正确**; 该反应按照化学计量数之比投料, 无论是否达到平衡状态, CO 和 H_2 的转化率始终相等, **B 错误**; 相同条件下, 气体的体积之比等于物质的量之比, CO 和 H_2 的体积分数保持不变可说明反应达到平衡状态, **C 正确**; 该反应体系为恒容体系, 反应前后质量守恒, 则混合气体的密度始终保持不变, 不能说明反应达到平衡状态, **D 错误**; 生成 1 mol CO 和有 1 mol O—H 键断裂均表示逆反应, 不能说明反应达到平衡状态, **E 错误**。

9. C **【解析】**①中 0~20 min 内, NO_2 的降解速率为 $\frac{0.5 \text{ mol} - 0.25 \text{ mol}}{20 \text{ min}} \times 2 = 0.0125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **A 错误**; 温度越高反应速率越快, 由实验数据可知 0~20 min 内, 组别①中 CH_4 物质的量的变化量为

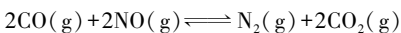
0.25 mol, 组别②中 CH_4 物质的量的变化量为 0.32 mol, 则组别②温度高, 即 $T_1 < T_2$, **B 错误**; T_1 、40 min 时, 反应达到平衡, 因 T_2 较大, 达到平衡时用时较短, 则 40 min 时表格中 T_2 对应反应已经达到平衡状态, **C 正确**; 由 50 min 时数据可知, 组别①达到平衡时 NO_2 的降解率更高, **D 错误**。

10. (1) BDE

(2) ① $2.5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ② 60%

【解析】(1) 当 $2v_{\text{正}}(\text{NO}) = v_{\text{逆}}(\text{CO}_2)$ 时, 正、逆反应速率不相等, 不能说明反应达到平衡, **A 不符合题意**; 混合气体中 N_2 的体积分数保持不变时, 说明消耗的氮气和生成的氮气速率相等, 反应达到平衡状态, **B 符合题意**; 断裂 1 个 $\text{N} \equiv \text{N}$ 的同时生成 2 个 $\text{C} = \text{O}$ 时, 说明反应达到平衡, **C 不符合题意**; 反应有固体参加, 恒温、恒容条件下, 混合气体的密度保持不变时, 混合气体的质量不再变化, 说明反应达到平衡, **D 符合题意**; 反应前后气体的总物质的量不变, 当混合气体的平均摩尔质量保持不变时, 说明气体的总质量不再变化, 反应达到了平衡, **E 符合题意**。

(2) ① 起始时充入 0.4 mol CO 、0.2 mol NO , 发生反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$, 设实验 b 中转化的 CO 为 n mol, 则



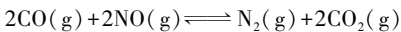
起始量/mol	0.4	0.2	0	0
转化量/mol	n	n	$\frac{n}{2}$	n
平衡量/mol	$0.4-n$	$0.2-n$	$\frac{n}{2}$	n

恒温恒容条件下, 物质的量之比等于压强之比, 即 $\frac{0.2+0.4}{0.4-n+0.2-n+\frac{n}{2}+n} =$

$\frac{180}{165}$, 解得 $n = 0.1$, 所以实验 b 从开始至平衡时的反应速率

$$v(\text{CO}) = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.1 \text{ mol}}{10 \text{ L} \times 40 \text{ min}} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

② 设实验 a 中转化的 NO 为 x mol, 则



起始量/mol	0.4	0.2	0	0
转化量/mol	x	x	$\frac{x}{2}$	x
平衡量/mol	$0.4-x$	$0.2-x$	$\frac{x}{2}$	x

恒温恒容条件下, 物质的量之比等于压强之比, 即 $\frac{0.2+0.4}{0.4-x+0.2-x+\frac{x}{2}+x} =$

$\frac{190}{171}$, 解得 $x = 0.12$, 实验 a 中 NO 的平衡转化率为 $\frac{0.12 \text{ mol}}{0.2 \text{ mol}} \times$

$100\% = 60\%。$



能力上分

1. C 【解析】容器中 $n(\text{N}_2) : n(\text{H}_2) : n(\text{NH}_3) = 1 : 3 : 2$, 不能判断各

物质的物质的量是否还发生改变,反应不一定平衡,**A 错误**;反应前后气体总质量不变、容器容积不变,混合气体的密度一定,混合气体的密度不再变化,反应不一定平衡,**B 错误**;反应前后气体总质量不变、气体的总物质的量是变量,混合气体的平均摩尔质量是变量,混合气体的平均摩尔质量不再变化,反应一定达到平衡状态,**C 正确**;断裂 3 mol H—H 键与形成 6 mol N—H 键均指正反应,不能判断正、逆反应速率是否相等,反应不一定平衡,**D 错误**。

2. D



思路导引

若反应正向进行完全,X 完全转化,此时体系中 X、Y、Z 的浓度分别为 0、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;若反应逆向进行完全,Z 完全转化,此时体系中 X、Y、Z 的浓度分别为 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、0;由于该反应为可逆反应,正、逆向均不能完全转化,故 $0 < c(\text{X}) < 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < c(\text{Y}) < 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0 < c(\text{Z}) < 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

【解析】X 的浓度可能为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,**A 不符合题意**;X 的浓度为 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,反应较初始时逆向进行,Z 的浓度减少量为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,此时 Z 的浓度为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,**B 不符合题意**;Y 的浓度可能为 $0.45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,**C 不符合题意**;Y 的浓度为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,反应较初始时正向进行,Y 的浓度减少 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,Z 的浓度增大 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,故此时 Z 的浓度为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,**D 符合题意**。

3. D 【解析】由图可知,反应后各物质均存在,则反应为可逆反应,A、B、C、D 的物质的量变化量之比为 $0.8 \text{ mol} : 1.0 \text{ mol} : 1.2 \text{ mol} : 0.8 \text{ mol} = 4 : 5 : 6 : 4$,则该反应的化学方程式为 $4\text{A}(\text{g}) + 5\text{B}(\text{s}) \rightleftharpoons 6\text{C}(\text{g}) + 4\text{D}(\text{g})$,**A 正确**;反应前后气体的总物质的量之比为 $2.5 \text{ mol} : 3.7 \text{ mol}$,则反应达到平衡状态时混合气体的压强与起始时的压强之比为 $37 : 25$,**B 正确**;由图可知,2~3 min 内反应的速率加快,若反应条件没有改变,则在 2~3 min 发生该变化的原因可能为生成物充当了反应的催化剂,加快了反应速率,**C 正确**;结合 A 中化学方程式可知, $2v_{\text{正}}(\text{A}) = 3v_{\text{逆}}(\text{C})$ 时,正、逆反应速率不相等,反应没有达到平衡状态,**D 错误**。

4. (1) ① $3\text{H}_2 + \text{CO}_2 \xrightleftharpoons{180^\circ\text{C}} \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ **②**=
(2) ①bd **②** $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 64%

【解析】(1)①起始时充入 1 mol 二氧化碳,3 min 时还剩 0.9 mol,消耗 0.1 mol,10 min 时甲醇为 0.1 mol,二者所含碳原子共 1 mol,则按碳元素守恒可知,3 min 时反应已处于化学平衡状态,其中二氧化碳为 0.9 mol,甲醇为 0.1 mol,该过程中消耗氢气 0.3 mol,根据元素守恒可知,物质 X 为水,且参与反应的二氧化碳、氢气和甲醇的物质的量之比等于化学计量数之比,为 $0.1 : 0.3 : 0.1 = 1 : 3 : 1$,该反应的化学方程式为 $3\text{H}_2 + \text{CO}_2 \xrightleftharpoons{180^\circ\text{C}} \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ 。②3 min 时处于化学平衡状态,正反应速率=逆反应速率。

(2)①由图乙中反应物的总能量高于生成物的总能量可知该反应为放热反应, **a 错误**; 反应物断键吸收能量, 生成物成键放出能量, 则化学变化不仅有新物质生成, 同时也一定有能量变化, **b 正确**; 反应速率之比等于化学计量数之比, 故 H_2 的生成速率与 CH_3OH 的消耗速率之比为 2 : 1, **c 错误**; 该反应为放热反应, 则反应物断键吸收的能量小于生成物成键放出的能量, **d 正确**。

② $\Delta c(O_2) = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} - 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1} = 0.8 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, 则 4 min 内平均

反应速率 $v(O_2) = \frac{\Delta c(O_2)}{\Delta t} = \frac{0.8 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{4 \text{ min}} = 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, $v(H_2) = 4 \times v(O_2) = 0.8 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。消耗甲醇的物质的量为氧气的 2 倍, 即 $0.8 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 2 \text{ L} \times 2 = 3.2 \text{ mol}$, CH_3OH

的转化率为 $\frac{3.2 \text{ mol}}{5 \text{ mol}} \times 100\% = 64\%$ 。

第二节 节测上分

1. **B** 【解析】反应达到平衡时, C 的浓度为 $0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, 生成 C 的物质的量为 $0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 2 \text{ L} = 0.4 \text{ mol}$, 根据方程式可知, $x : 2 = 0.4 \text{ mol} : 0.8 \text{ mol}$, 所以 $x = 1$, **A 正确**; 根据三段式计算:



初始浓度/ $(\text{mol} \cdot L^{-1})$	1.5	0.5	0	0
转化浓度/ $(\text{mol} \cdot L^{-1})$	0.6	0.2	0.2	0.4
平衡浓度/ $(\text{mol} \cdot L^{-1})$	0.9	0.3	0.2	0.4

据以上分析可知, B 的转化率 $= \frac{0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}} \times 100\% = 40\%$, **B 错误**;

2 min 内 A 的平均反应速率 $= \frac{0.6 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{2 \text{ min}} = 0.3 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **C 正确**;

因反应前后各物质均为气态, 则反应前后气体的总质量不变化, 而气体总物质的量是变化的, 则混合气体的平均相对分子质量在反应过程中是变化的, 若平均相对分子质量在反应过程中不变, 则表明该反应达到平衡状态, **D 正确**。

2. **B** 【解析】由图可知, 生成物的总能量高于反应物的总能量, 正反应为吸热反应, 即反应物断键吸收的热量大于生成物成键放出的热量, 反应时热能转化为化学能, **A 正确**; Ni 基海绵状氧化铝催化剂通过参加反应降低反应活化能, 加快反应速率, **B 错误**; 化学反应达到平衡后, 同一组分正、逆反应速率相等, 则相同时间内每种化学键断裂的数目与形成的数目相等, **C 正确**; 该反

总结: “有正有逆, 符合比例”

应的正反应为吸热反应, 且气体分子数增加, 通过调控反应条件, 如升高温度、减小压强等使其平衡正向移动, 可以提高反应的限度, **D 正确**。

3. **B**



思路导引

根据得失电子守恒、元素守恒和电荷守恒, 可得该反应的离子方程式为 $ClO_3^- + 3HSO_3^- \rightleftharpoons Cl^- + 3SO_4^{2-} + 3H^+$, **D 正确**。

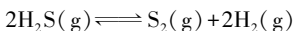
【解析】由题图中数据可知, 该反应在 0~4 min 内的平均反应

$$\text{速率 } v(\text{ClO}_3^-) = v(\text{Cl}^-) = \frac{0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{4 \text{ min}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{A 正确};$$

$$\frac{v(\text{Cl}^-)}{v(\text{HSO}_3^-)} = \frac{1}{3}, 3v(\text{Cl}^-) = v(\text{HSO}_3^-), \text{B 错误};$$

起初反应速率很小,一段时间后反应速率明显增大,可能是因为反应放热使体系温度升高,C 正确。

4. B 【解析】反应的限度是可逆反应在一定条件下所能达到的或完成的最大程度,外界条件发生改变,反应的限度可能会发生改变,A 错误;设反应中转化了 $x \text{ mol S}_2$,根据数据列三段式:



起始量/mol	1	0	0
转化量/mol	$2x$	x	$2x$
平衡量/mol	$1-2x$	x	$2x$

平衡时 H_2 的体积分数为 50%,即 $\frac{2x}{1+x} \times 100\% = 50\%$,解得 $x = \frac{1}{3}$,

故 H_2S 的转化率为 $\frac{\frac{1}{3} \text{ mol} \times 2}{1 \text{ mol}} \times 100\% \approx 66.7\%$,B 正确;该反应为

吸热反应,故 $2 \text{ mol H}_2\text{S}(\text{g})$ 的能量低于 $1 \text{ mol S}_2(\text{g})$ 和 $2 \text{ mol H}_2(\text{g})$ 的总能量,C 错误;由 B 项数据可知,0~2 min 内,该反应的速率

$$v(\text{S}_2) = \frac{\frac{1}{3} \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 2 \text{ min}} \approx 0.083 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{D 错误}。$$

5. B 【解析】从图中可知,实验①反应物 X 初始浓度大于实验②,实验①的曲线相较于实验②更陡,说明实验①反应速率大于实验②,可以说明其他条件相同时,增大反应物浓度化学反应速率加快,A 正确;实验②③温度和浓度均相同,实验③速率大于实验②,则实验③可能使用了催化剂,催化剂能同时增大正逆反应速率,B 错误;对比实验③④可知,实验④温度高,曲线更陡,则其反应速率更快,C 正确;由图可知,实验④中,0~20 min 内,用 $\text{N}(\text{g})$ 表示的速率 $v(\text{N}) = 3v(\text{X}) = 3 \times \frac{1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{20 \text{ min} \times 60 \text{ s} \cdot \text{min}^{-1}} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,D 正确。

6. B



思路导引

该反应为反应前后气体总物质的量减小的反应,该体系的容积不变,若是恒温过程,随着反应的进行,气体的分子数不断减小,压强不断减小至不变;而若是绝热过程,随反应进行,若温度降低,则压强减小,若温度升高,压强既可能升高也可能降低。由题图可知,容器甲内的压强随反应进行先增大后减小,可知该反应为放热反应,且容器甲内为绝热过程,容器乙内为恒温过程。

【解析】根据思路导引可知,甲容器为绝热过程,且反应为放热反应,即容器内温度升高,A 正确;a、b 两点压强相同,容器体积相

等,依据阿伏加德罗定律,此时气体的物质的量与温度成反比,容器甲内为绝热体系,温度更高,说明甲容器内气体总的物质的量小于乙容器内,正向进行的程度更大, Cl_2 的浓度较大,所以 b 点气体颜色深于 a 点, **B 错误**; c 点时反应达到平衡状态,逆反应生成 O_2 ,正反应生成 Cl_2 ,此时正、逆反应速率相等,即单位时间内生成 0.1 mol O_2 的同时生成 0.2 mol Cl_2 , **C 正确**;曲线乙表示恒温恒容时的压强变化,乙容器反应到 10 min 时,压强为 44 kPa ,压强之比等于气体的物质的量之比,此时混合气体的物质的量为 $\frac{44 \text{ kPa}}{50 \text{ kPa}} \times 5 \text{ mol} = 4.4 \text{ mol}$,设 $0 \sim 10 \text{ min}$, O_2 的转化量为 $x \text{ mol}$,列三段式:

	$4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
起始量/mol	4	1	0	0
转化量/mol	$4x$	x	$2x$	$2x$
a 点量/mol	$4-4x$	$1-x$	$2x$	$2x$

可知 $4-4x+1-x+2x+2x=4.4$, $x=0.6$,则乙容器中 $0 \sim 10 \text{ min}$

$$\text{内化学反应速率 } v(\text{HCl}) = \frac{\frac{2.4 \text{ mol}}{1 \text{ L}}}{10 \text{ min}} = 0.24 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1},$$

D 正确。

7. (1) $0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 随着反应进行,反应物浓度逐渐下降

(2) 未达到 >

(3) 升温、加压(使用催化剂、增大反应物浓度等)

(4) AC

【解析】(1) 由表可知, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内消耗的 $n(\text{NO}) = 0.02 \text{ mol} - 0.008 \text{ mol} = 0.012 \text{ mol}$,参与反应的反应物的物质的量之比等于化学计量数之比,消耗的 $n(\text{O}_2) = \frac{1}{2}n(\text{NO}) = 0.006 \text{ mol}$,则 $0 \sim$

$$2 \text{ s} \text{ 内用 } \text{O}_2 \text{ 表示的化学反应速率 } v(\text{O}_2) = \frac{\frac{0.006 \text{ mol}}{2 \text{ L}}}{2 \text{ s}} =$$

$0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; 化学反应进行过程中,反应物被不断消耗,从表中可以看出,该反应的化学反应速率逐渐减慢,原因为随着反应进行,反应物浓度逐渐下降。

(2) 图中 A 点之后, NO 、 NO_2 的浓度继续改变,则 A 点处反应未达到平衡状态,因 A 点处反应物浓度高于 B 点,故 $v_A(\text{正}) > v_B(\text{正})$, B 点已达到平衡,即 $v_B(\text{正}) = v_B(\text{逆})$,则 $v_A(\text{正}) > v_B(\text{逆})$ 。

(3) 增大浓度、升高温度、增大压强、加入催化剂,都可增大该反应的反应速率。

(4) 混合气体的颜色不再变化,则 NO_2 的浓度不变,反应达到平衡状态, **A 符合题意**; $v_{\text{正}}(\text{O}_2) = 2v_{\text{逆}}(\text{NO}_2)$,反应进行的方向相反,但速率之比不等于化学计量数之比,则反应未达到平衡状态, **B**

不符合题意；反应前后气体的分子数不等，平衡前混合气体的物质的量在不断发生改变，当混合气体平均摩尔质量保持不变时，反应达到平衡状态，**C 符合题意**；1 mol NO 发生反应同时生成

提示：变量不变，可以说明反应达到平衡

1 mol NO₂，反应进行的方向相同，不能说明反应达到平衡状态，**D 不符合题意**。

8. (1) 小于

(2) A

$$(3) \textcircled{1} > \quad \textcircled{2} = \quad \frac{x}{2t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (或 } \frac{y}{2t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{)}$$

(4) NH₃、H₂O、NH₃·H₂O、NH₄⁺、OH⁻、H⁺

【解析】(1) 该反应是可逆反应，每生成 2 mol NH₃ 时放出 92.4 kJ 的热量，1 mol N₂ 和 3 mol H₂ 不能完全反应，生成的氨气的物质的量小于 2 mol，则放出的热量小于 92.4 kJ。

关键：可逆反应不能进行完全

(2) 使用催化剂，活化分子浓度和百分数增大，反应速率加快，**A 正确**；一定条件下的恒容密闭容器中，充入惰性气体，反应物浓度不变，反应速率不变，**B 错误**；降低温度，活化分子浓度和百分数减小，反应速率变慢，**C 错误**。

(3) ①由图可知，氨气起始浓度是 0，该反应由正反应开始，其中 *a* 点反应物浓度大于 *b* 点，则 *a* 点的正反应速率 > *b* 点的正反应速率；由图可知，*e* 点和 *d* 点时反应均已经达到平衡状态，则 N₂ 的浓度大小关系为 *e* 点 = *d* 点；

②由题图可知，反应从开始到平衡，氢气物质的量减少 3*y* mol，根据化学方程式可知，生成 2*y* mol 氨气，题图中显示此时氨气的物质的量为 2*x* mol，则 2*x* = 2*y*，即 *x* = *y*；结合化学方程式和题

$$\text{图可知，} 0 \sim t \text{ min 内，} v(\text{N}_2) = \frac{1}{2} v(\text{NH}_3) = \frac{1}{2} \times \frac{2x \text{ mol}}{t \text{ min} \times 2 \text{ L}} =$$

$$\frac{x}{2t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

(4) 对于可逆反应来说，平衡时反应物和产物是同时存在的。

专题上分 3 新型电池原理分析

1. B

思路导引 电池以镁片、活性炭为电极，镁片为原电池的负极，活性炭为正极。

【解析】该电池为一次电池，**A 正确**；根据原电池反应式知，氧气在活性炭电极得到电子被还原，**B 错误**；根据原电池反应式知，Mg 元素化合价由 0 变为 +2，所以 Mg 失电子作负极，**C 正确**；电池工作时，阳离子往正极移动，食盐水中的 Na⁺ 向正极活性炭移动，**D 正确**。

关键：原电池中，阳离子移向正极，阴离子移向负极

2. A



思路导引 该装置为原电池, a 电极通入空气, 为正极, 氧气得电子发生还原反应, b 电极为负极, 氢气失去电子发生氧化反应。

【解析】a 电极上发生还原反应, **A 错误**; b 电极为负极, 氢气失去电子发生氧化反应, 负极反应式为 $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + \text{O}^{2-} = \text{H}_2\text{O}$, **B 正确**; 根据图示, 铁表面发生反应: $x\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Fe} = \text{FeO}_x + x\text{H}_2$, **C 正确**; 若标准状况下 33.6 L 空气(O_2 约占 20%) 参与反应, 电路中理论上约有 $\frac{33.6 \text{ L} \times 20\%}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4 = 1.2 \text{ mol}$ 电子转移, **D 正确**。

3. D



思路导引 由总反应 $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{ZnMn}_2\text{O}_4$ 可知, 放电时 Zn 价态升高失电子, 故 Zn 作负极, 电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$, MnO_2 作正极, 正极反应式为 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- = \text{ZnMn}_2\text{O}_4$; 充电时 Zn 作阴极, 电极反应式为 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn}$, MnO_2 作阳极, 电极反应式为 $\text{ZnMn}_2\text{O}_4 - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+} + 2\text{MnO}_2$ 。

【解析】由思路导引可知, **A 正确**; 放电时, 总反应式为 $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 = \text{ZnMn}_2\text{O}_4$, 则电解质溶液中 Zn^{2+} 浓度不变, **B 正确**; 充电时, Zn^{2+} 向阴极移动, 在阴极得到电子变为 Zn 并嵌入 Zn 电极, **C 正确**; 放电时, MnO_2 电极为正极, 电流从 MnO_2 电极流出, **D 错误**。

4. A



思路导引 放电时, a 电极上 N_2H_4 转化为 N_2 , N 化合价升高, 发生氧化反应, 因此 a 电极为负极, 电极反应式为 $\text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$; b 电极为正极, 电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ 。

【解析】正极电势高于负极, **A 正确**; a 电极上 N_2H_4 失去电子, 电子由 a 电极通过负载流向 b 电极, **B 错误**; 电解质为碱性, a 电

提示: 电子不下水, 离子不上岸

极附近消耗 OH^- , 而 b 电极附近生成 OH^- , 因此离子交换膜为阴离子交换膜, **C 错误**; 由思路导引可知, **D 错误**。

上分: 若为阳离子交换膜, 左侧需不断补充 KOH, 不合理

5. C

【解析】由图可知, 电极 a 通入 SO_2 , SO_2 失去电子发生氧化反应生成硫酸, 故电极 a 为负极, 电极反应为 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, **C 错误**; 电极 b 通入 O_2 , 发生还原反应, 故电极 b 为正极, 电极反应为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$, 总反应式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, **B 正确**; 氢离子由负极移向正极, 即由 a

极移向 b 极, **A 正确**; 该装置二氧化硫反应生成硫酸, 同时产生电能, 具有制硫酸、发电、环保三位一体的功能, **D 正确**。

专题上分 4 速率与平衡图表数据分析

1. B

思路导引 大招攻略 20 带你轻松解决速率图像问题。

【解析】由图像可知, 2 s 时反应未达到平衡状态, 反应正向进行, 则此时正反应速率大于逆反应速率, **A 正确**; $0 \sim 12 \text{ s}$, $v(\text{A}) = \frac{(0.8-0.2) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{12 \text{ s}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, **B 错误**; 由图像可知, M 点 A、B 的浓度相等, 在同一容器内, 体积相等, 故物质的量相等, **C 正确**; 由图像可知, 12 s 后 A、B 的浓度保持不变, 反应已达到平衡, 故 12 s 后, C 的含量保持不变, **D 正确**。

2. D 【解析】其他条件相同时, 温度越高, 反应速率越快, 曲线 II 反应速率相比 50°C 对应曲线更快, 因此对应的温度 $> 50^\circ\text{C}$, **A 错误**; 溶液紫色褪去标志着反应结束, 时间越长反应速率越慢, **B 错误**; 由图中高锰酸钾完全反应可知, $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) : n(\text{KMnO}_4) \geq 5 : 2$, **C 错误**; 加入催化剂或升高温度, 能明显增大反应速率, 在其他条件都相同时, 开始速率小, 过一会儿速率增大, 有可能是反应放热, 温度明显升高引起的, 也可能是反应生成了具有催化作用的物质, 该反应中起催化作用的可能是 Mn^{2+} , **D 正确**。

3. D

思路导引 由题中信息可知, 反应 $\text{X} \longrightarrow 2\text{Z}$ 经历两步:

① $\text{X} \longrightarrow \text{Y}$ 、② $\text{Y} \longrightarrow 2\text{Z}$, 因此, 图中呈不断减小趋势的 a 线为 X 的浓度随时间的变化曲线, 呈不断增加趋势的线为 Z 的浓度随时间的变化曲线, 先增加后减小的线为 Y 的浓度随时间的变化曲线。

【解析】a 线为 X 的浓度随时间的变化曲线, **A 错误**; 由图可知, $t_1 \text{ s}$ 时 $c(\text{X}) = c(\text{Y}) = c(\text{Z})$, 但之后 X、Y、Z 的浓度还在变化, 说明反应没有达到平衡状态, **B 错误**; $0 \sim t_1 \text{ s}$ 内, Y 的浓度在不断增加, 说明①的速率大于②的速率, 故 $c(\text{X})$ 的降低速率大于 $c(\text{Y})$ 的增加速率, **C 错误**; 反应刚开始时 $c(\text{X}) = c_0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Z}) = c(\text{Y}) = 0$, 由反应的化学计量数关系可知, X 的消耗量等于 Y 的生成量, Y 的消耗量等于 Z 生成量的一半, 则反应体系中始终存在: $c_0 = c(\text{X}) + c(\text{Y}) + \frac{1}{2}c(\text{Z})$, **D 正确**。

4. (1) $0.0375 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ **(2)** $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$

(3) $<$ **(4)** 不变 增大

【解析】(1) 从开始至 4 min, X 的物质的量减少了 0.3 mol, 反应在 2 L 的密闭容器中进行, 则 X 的平均反应速率 $v(\text{X}) = \frac{0.3 \text{ mol}}{2 \text{ L} \cdot 4 \text{ min}} = 0.0375 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

(2)由题图可知,反应中X、Y的物质的量减少,Z的物质的量增多,则X、Y为反应物,Z为生成物,2 min后三种物质都存在,且物质的量不再发生变化,所以该反应是可逆反应, $\Delta n(X) : \Delta n(Y) : \Delta n(Z) = 0.3 \text{ mol} : 0.1 \text{ mol} : 0.2 \text{ mol} = 3 : 1 : 2$,故化学方程式为 $3X + Y \rightleftharpoons 2Z$ 。

(3)3 min时,该反应达到平衡, $v_{\text{正}}(X) = v_{\text{逆}}(X)$ 。化学方程式为 $3X + Y \rightleftharpoons 2Z$,X与Y初始物质的量相同,1 min时X的转化量大于Y的转化量,转化率: $\alpha(Y) < \alpha(X)$ 。

(4)4 min时反应已达到平衡,容器容积不变的情况下,通入惰性气体,X、Y、Z的浓度不变,所以化学平衡不发生移动,X的化学反应速率不变;5 min时,压缩容器容积,各物质浓度增大,故化学反应速率增大。

5. D



思路导引

$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 为乙苯制备苯乙烯的反应,开始反应物浓度最大,生成物浓度为0,反应过程中正反应速率减小,逆反应速率增大,当正、逆反应速率相等时,反应达到平衡,则曲线①表示的是正反应的 $v-t$ 关系,曲线②表示的是逆反应的 $v-t$ 关系。

【解析】曲线②表示的是逆反应的 $v-t$ 关系,A 正确;催化剂同等程度改变正、逆反应速率,则 v_1 、 v_2 都增大,B 正确;曲线①表示的是正反应的 $v-t$ 关系,曲线②表示的是逆反应的 $v-t$ 关系,反应进行到 t_1 时,正反应速率大于逆反应速率,反应正向进行,未达到平衡,C 正确;反应过程中气体总物质的量增大,总质量不变,混合气体的平均相对分子质量减小, t_1 时反应未达到平衡, t_2 时反应达到平衡,则 t_2 时混合气体的平均相对分子质量小于 t_1 时的,D 错误。

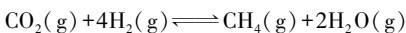
6. B 【解析】由题图可知, $t_3 \sim t_4$ 时间段内 $v(\text{MnO}_4^-)$ 大于 $t_1 \sim t_2$ 时间段,则 $t_1 \sim t_2$ 时间段消耗的 $n(\text{KMnO}_4)$ 比 $t_3 \sim t_4$ 时间段消耗的少,A 正确; t_2 与 t_5 时刻的 $v(\text{MnO}_4^-)$ 相等,随着时间的推移,反应不断消耗高锰酸钾,则 t_5 时刻的 $c(\text{KMnO}_4)$ 更小,B 错误;随着反应进行,不断消耗高锰酸钾,反应速率应该是逐渐减慢的,但由图示可知 t_4 时刻之前,反应速率逐渐加快,反应速率逐渐增大的原因可能是生成的 Mn^{2+} 起催化作用,C 正确; H^+ 是反应物,随着反应进行,溶液中 $c(\text{H}^+)$ 逐渐减小,D 正确。

7. D 【解析】反应达到平衡之前,正反应速率大于逆反应速率,曲线M代表正反应速率随时间变化的曲线,A 正确;反应在 t_2 s 时,正逆反应速率相等,达到化学平衡状态,B 正确;随反应进行,正反应速率增大,可知容器内温度升高,该反应为放热反应,C 正确;随反应进行,生成物浓度增大, t_1 s 时Z的浓度小于 t_2 s 时Z的浓度,D 错误。

8. B 【解析】由曲线①和③可知,温度越高, Fe^{2+} 的氧化速率越快,A 正确;①和②的pH和温度均不同,存在两个变量,无法比较,B 错误;50℃、pH=2.5时,4 h内 Fe^{2+} 的平均消耗速率 $v(\text{Fe}^{2+}) > \frac{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 60\%}{4 \text{ h}} = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,在60℃、pH=2.5时,由

于温度升高,反应速率增大,所以 Fe^{2+} 的平均消耗速率大于 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, **C 正确**;氧化过程是酸性条件下 O_2 和 Fe^{2+} 发生氧化还原反应的过程,根据得失电子守恒、电荷守恒及原子守恒,可得反应的离子方程式为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$, **D 正确**。

- 9. C** 【解析】反应速率随温度升高而增大, **A 错误**; $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)} = 2$ 的 6 mol 混合气体中 $n(\text{H}_2) = 4 \text{ mol}$ 、 $n(\text{CO}_2) = 2 \text{ mol}$, 由图可知, $T_1 \text{ K}$ 时, H_2 的转化率为 30%, 则反应的 H_2 为 $4 \text{ mol} \times 30\% = 1.2 \text{ mol}$, 故 0~10 min 内的 $v(\text{CH}_4) = \frac{1}{4}v(\text{H}_2) = \frac{1.2 \text{ mol}}{4 \times 2 \text{ L} \times 10 \text{ min}} = 0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **B 错误**; n 点时, H_2 的转化率为 50%, 则反应的 H_2 为 $4 \text{ mol} \times 50\% = 2 \text{ mol}$, 应用三段式计算:



初始量/mol	2	4	0	0
转化量/mol	0.5	2	0.5	1
平衡量/mol	1.5	2	0.5	1

n 点时 CH_4 为 0.5 mol, 气体总物质的量为 $(1.5 + 2 + 0.5 + 1) \text{ mol} = 5 \text{ mol}$, 故 n 点时, 体系中 CH_4 的体积分数为 $\frac{0.5 \text{ mol}}{5 \text{ mol}} \times 100\% = 10\%$, **C 正确**;可逆反应达到平衡时, 反应并没有停止, 仍然有化学键的断裂与形成, **D 错误**。

素养 上分

- 1. D** 【解析】4 min 时 N_2O_5 的浓度从 $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 降至 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 消耗 $0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据反应式, 每 2 mol N_2O_5 反应生成 4 mol NO_2 , 故 NO_2 的浓度为 $0.75 \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **A 正确**; 5 min 时 N_2O_5 的消耗量为 $(1.00 - 0.17) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.83 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 转化率为 $\frac{0.83 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 83\%$, **B 正确**; 0~2 min 内 N_2O_5 消耗 $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 生成 O_2 的量为 $0.50 \times \frac{1}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 平均反应速率为 $\frac{0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2 \text{ min}} = 0.125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **C 正确**; 由表格数据可知, 反应物浓度从 $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 降至 $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 用时 2 min, 从 $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($t = 2 \text{ min}$ 时) 降至 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($t = 4 \text{ min}$ 时) 也用时 2 min, 说明该反应的半衰期为 2 min 且不随浓度改变, 因此, 若起始 $c(\text{N}_2\text{O}_5) = 0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 2 min 后其浓度应为 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **D 错误**。

易错: 容易根据浓度越小反应速率越慢判断 D 项正确, 注意从题目中提取重要信息

2. B



思路导引

放电后的两极产物分别为 Li_7Si_3 和 LiMn_2O_4 , 放电时, a 极的电极反应式是 $3\text{Li}_{13}\text{Si}_4 - 11\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{Li}_7\text{Si}_3 + 11\text{Li}^+$, b 极的电极反应式是 $2\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{Li}^+ \rightleftharpoons \text{LiMn}_2\text{O}_4$, a 极为负极, b 极为正极。

【解析】放电时,正极反应式是 $2\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{Li}^+ \rightleftharpoons \text{LiMn}_2\text{O}_4$,
A 正确;放电时,电子不能通过熔融的电解质,**B 错误**;该电池中火药燃烧的目的是提供热能将电解质熔化,使电池开始工作,**C 正确**;由题图乙可知,为降低电池的启动温度,混合物中 KCl 的物质的量分数应控制在 0.6,**D 正确**。

3. B



思路导引 $\text{Na}_2\text{SiF}_6(\text{s})$ 受热分解的产物为 $\text{NaF}(\text{s})$ 和另一种气态产物,结合元素守恒及物质性质推测另一气态产物为 $\text{SiF}_4(\text{g})$,其分解的化学方程式为 $\text{Na}_2\text{SiF}_6(\text{s}) \xrightleftharpoons{\Delta} 2\text{NaF}(\text{s}) + \text{SiF}_4(\text{g})$,根据题图数据分析可知,a 线代表 $\text{NaF}(\text{s})$,b 线代表 $\text{SiF}_4(\text{g})$,c 线代表 $\text{Na}_2\text{SiF}_6(\text{s})$ 。

【解析】由思路导引可知,**A 正确**;图像为不同温度下的平衡状态, M 点是 T_1 温度下的平衡状态,此时生成 b 的速率(正反应)等于消耗 b 的速率(逆反应),**B 错误**; T_1 温度时,向恒容密闭容器中通入惰性气体,气体总物质的量增加,容器内压强增大,**C 正确**;温度影响反应能否发生(如需加热引发)及是否可逆(如高温下分解平衡),**D 正确**。

4. (1)2 0.06 (2)BC

【解析】(1)5 min 时,根据反应 i 和反应 ii,容器内各物质的浓度分别为 $c(\text{H}_2\text{O}) = c(\text{CO}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{CO}_2) = c(\text{H}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{HCOOH}) = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ L}} - 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则此时容器中 $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)} = \frac{0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = \frac{2}{1}$;反应开始到 5 min 时 $\text{HCOOH}(\text{g})$ 的平均反应速率 $v(\text{HCOOH}) = \frac{0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{5 \text{ min}} = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

(2)容器容积不变,气体质量不变,故气体密度一直不变,无法判断是否达到平衡状态,**A 错误**;根据反应 i 和反应 ii 可知,两反应都属于气体体积增大的反应,随反应进行,压强增大,当气体总压强不变时可以说明反应达到平衡状态,**B 正确**;随反应进行, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的浓度逐渐增大,当 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的浓度不变时可以说明反应达到平衡状态,**C 正确**;根据反应 ii 可知反应过程中 CO_2 和 H_2 的物质的量之比始终为 1:1,所以无法用 CO_2 和 H_2 的物质的量之比不变来判断反应是否达到平衡状态,**D 错误**。

全章 上分

1. C 【解析】碳和 O_2 反应生成 CO 是放热反应,则将 CO 分解成碳和 O_2 是吸热反应,**A 错误**;碳化硅特种陶瓷是新型无机非金属材料,**B 错误**;汽油不完全燃烧产生 CO ,气缸中 N_2 与 O_2 在高温

下反应生成 NO, 发展新能源汽车, 可以减少碳氧化物、氮氧化物的排放, **C 正确**; 太阳能电池将太阳能转化为电能, 而不是将太阳能转化为化学能, **D 错误**。

2. B 【解析】 H_2 与 I_2 反应放热, 反应物的总能量高于生成物的总能量, **A 错误**; 因为该反应为放热反应, 即断开 1 mol $H-H$ 键和 1 mol $I-I$ 键所需能量小于形成 2 mol $H-I$ 键放出的能量, **B 正确**; H_2 与 I_2 的反应是可逆反应, 1 mol H_2 和 1 mol I_2 充分反应, 放出的热量小于 a kJ, **C 错误**; 设断开 1 mol $H-I$ 键所需能量为 x kJ, 则有 $2x - (c + b) = a$, $x = \frac{1}{2}(c + b + a)$, **D 错误**。

3. A 【解析】反应前后气体物质的量相等, 但在绝热刚性容器中, 反应放热导致温度升高, 压强会随温度升高而增大, 当压强不再变化时, 说明温度不变, 反应达到平衡, **A 正确**; 消耗 1 mol H_2O 和生成 1 mol CO_2 均为正反应方向, 未体现正、逆反应速率相等, 无法判断是否达到平衡, **B 错误**; 反应前后气体的总质量和总物质的量均不变, 平均摩尔质量始终不变, 与是否平衡无关, **C 错误**; 平衡时各物质的物质的量保持恒定, 但各物质的物质的量不一定相等, **D 错误**。

4. D 【解析】由题图可知, 该反应的总反应为 $2CO + O_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2CO_2$, **A 正确**; 反应 i 中有 CO_2 生成, 即有极性共价键 $C=O$ 的生成, **B 正确**; CO 在氧气中燃烧生成 CO_2 , 该反应为放热反应, 说明反应物的总能量高于生成物的总能量, 即 2 mol CO 气体和 1 mol O_2 气体的总能量高于 2 mol CO_2 气体的总能量, **C 正确**; 由机理图可知, O_2 中的 O 原子进入铜-铈氧化物中, 用 $C^{18}O$ 参与反应, 一段时间后, ^{18}O 会存在于二氧化碳中, 铜-铈氧化物中不会有 ^{18}O , **D 错误**。

5. D 【解析】-1 价的碘元素具有还原性, **A 正确**; 120 min 及之后, HI 浓度不再变化, 则达到了平衡, **B 正确**; 40 min 时 $c(HI) = 0.85 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, 则 HI 转化率为 $\frac{1 \text{ mol} \cdot L^{-1} - 0.85 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{1 \text{ mol} \cdot L^{-1}} \times 100\% = 15\%$, **C 正确**; 20 min 时 $c(HI) = 0.91 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, 则 HI 的浓度变化为 $0.09 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, $v(HI) = \frac{0.09 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{20 \text{ min}} = 4.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, **D 错误**。

6. A

思路导引 由题图可知, 该装置为原电池, N 电极上 CO_2 转化为 CO , 发生还原反应, N 为电池正极, 电极反应式为 $CO_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons CO + H_2O$, M 为电池的负极, 在紫外光的作用下, 水失去电子发生氧化反应生成 O_2 , 电极反应式为 $2H_2O - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow + 4H^+$ 。

【解析】 N 为原电池正极, M 为原电池负极, 该电池工作时, 电子由负极流向正极, 即由 M 电极经负载流向 N 电极, **A 错误**; M 电极的电极反应式为 $2H_2O - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow + 4H^+$, **B 正确**; 由题图可知, 该装置为原电池, 能将化学能转化为电能, **C 正确**; N 极电极

反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$, 转化 1 mol CO_2 , 外电路转移 2 mol 电子, 当转化 2 mol CO_2 时, 外电路转移 4 mol 电子, 转移的电子数为 $4N_A$, **D 正确**。

7. B 【解析】 镁的金属活动性比铝强, 与盐酸反应速率更快, 单位时间内产生气体更多, 压强上升更快, 曲线①上升速率快且先达到峰值, 故为镁与盐酸反应的压强变化曲线, **A 正确**; AB 段为反应达到峰值后压强下降, 主要原因是反应放热使温度升高, 反应结束后温度逐渐恢复至室温, 气体体积变小导致压强下降, 而非盐酸浓度减小, **B 错误**; 盐酸中 HCl 的物质的量为 $\frac{40 \text{ g} \times 7.3\%}{36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.08 \text{ mol}$, 金属足量, 盐酸完全反应, 消耗 $m(\text{Mg}) = 0.04 \text{ mol} \times 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.96 \text{ g}$, 消耗 $m(\text{Al}) = 0.08 \text{ mol} \times \frac{2}{6} \times 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.72 \text{ g}$, 二者质量比为 $0.96 : 0.72 = 4 : 3$, **C 正确**; 盐酸完全反应, 根据 H 原子守恒, 0.08 mol HCl 生成 0.04 mol H_2 , 质量均为 0.08 g , **D 正确**。

8. D 【解析】 由 $0 \sim t_1 \text{ s}$ 可知, 生成物中 B 多 C 少, 说明平均化学反应速率: ① > ②, **A 正确**; $t_2 \text{ s}$ 时, $c(B)$ 在减小, $c(C)$ 在增大, 则 B 的消耗速率大于生成速率, **B 正确**; 由 $A \longrightarrow B$ 、 $A \longrightarrow C$ 可知消耗的反应物与生成的生成物的物质的量之比为 $1 : 1$, $t_3 \text{ s}$ 时, 体系中没有 A 剩余, 故 $c(C) + c(B) = c_{\text{起始}}(A) = c_0$, 则 $c(C) = c_0 - c(B)$, **C 正确**; $B \rightleftharpoons C$ 为可逆反应, $t_3 \text{ s}$ 后 B 和 C 的浓度不再变化, 说明反应达到平衡状态, 但反应并未停止, **D 错误**。

9. (1) 37

(2) ① CO_2 (或二氧化碳) > ② $0.016 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 80%
③ ad ④ bd

【解析】 (1) 由图甲可知, 反应 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ 每生成 $2 \text{ mol CO}_2(\text{g})$ 放热 $572 \text{ kJ} - 498 \text{ kJ} = 74 \text{ kJ}$, 当生成 44 g CO_2 时, 向环境释放的能量为 $\frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times \frac{1}{2} \times 74 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 37 \text{ kJ}$ 。

(2) ① 平衡时生成 1.6 mol X , 消耗 NO 和 CO 各 1.6 mol , 根据方程式可知 X 代表的物质是 CO_2 ; a 点反应向正反应方向进行, 则正反应速率大于逆反应速率。② $v(\text{NO}) = \frac{\Delta n(\text{NO})}{V \cdot \Delta t} = \frac{1.6 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 50 \text{ min}} =$

$0.016 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $\alpha(\text{CO}) = \frac{\Delta n(\text{CO})}{n_{\text{起始}}(\text{CO})} \times 100\% = \frac{1.6 \text{ mol}}{2.0 \text{ mol}} \times$

$100\% = 80\%$ 。③ NO 的消耗速率表示的是正反应速率, N_2 的消耗速率表示的是逆反应速率, 而且 $\frac{v_{\text{消耗}}(\text{NO})}{v_{\text{消耗}}(\text{N}_2)} = \frac{2}{1}$ 符合二者化学

计量数之比, **a 正确**; 在容积为 2 L 的恒容密闭容器中加入等物质的量的 NO 和 CO 发生反应, NO 和 CO 的浓度之比是定值, NO 和 CO 的浓度之比不变时, 不能说明反应达到平衡状态, **b 错误**; 反应过程中气体总体积和总质量均不变, 混合气体的密度 $\rho = \frac{m}{V}$, 故当混合气体的密度保持不变时, 不能说明反应达到平衡状

态, **c 错误**; 反应过程中气体总质量不变, 混合气体的总物质的量减小, 混合气体的平均摩尔质量 $\bar{M} = \frac{m_{\text{总}}}{n_{\text{总}}}$, 故当混合气体的平均摩尔质量保持不变时, 说明反应达到平衡状态, **d 正确**。④分离出 CO_2 气体的瞬间, 逆反应速率减小, 正反应速率不变, **a 错误**;

提示: 相当于减小生成物浓度

适当升高温度, 反应速率增大, **b 正确**; 往容器中充入氦气, 各物质的浓度不变, 反应速率不变, **c 错误**; 选择高效的催化剂, 反应速率增大, **d 正确**。

10. (1) ① $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$ ②正 ③2

(2) ①二甲醚(或 CH_3OCH_3)

② $\text{CH}_3\text{OCH}_3 - 12\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+$ ③ $2.4N_A$

【解析】(1) ①由总反应可知: Ag 在反应中失电子, 作原电池的负极, 电极反应为 $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$; ②在原电池中, 阳离子向正极移动, 故 Na^+ 移向电池的正极; ③由总反应可知: 每生成 1 mol $\text{Na}_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$, 反应转移 2 mol 电子, 则转移 4 mol 电子时, 生成 $\text{Na}_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ 的物质的量为 2 mol。

(2) ①在原电池中, 阳离子向正极移动, 根据图示可知 H^+ 移向右侧电极, 说明右侧电极为正极, 左侧电极为负极, 故该电池工作时, b 口通入的物质是燃料二甲醚; ②在负极上燃料失去电子发生氧化反应产生 CO_2 , 故负极反应式为 $\text{CH}_3\text{OCH}_3 - 12\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$

$2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+$; ③ 9.2 g 二甲醚的物质的量 $n(\text{二甲醚}) = \frac{9.2 \text{ g}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

0.2 mol, 根据负极反应式可知: 1 mol 二甲醚发生反应, 转移 12 mol 电子, 则当有 0.2 mol 二甲醚发生反应时, 转移电子的物质的量 $n(\text{e}^-) = 0.2 \text{ mol} \times 12 = 2.4 \text{ mol}$, 反应过程中转移的电子数目 $N(\text{e}^-) = 2.4 \text{ mol} \times N_A \text{ mol}^{-1} = 2.4N_A$ 。

11. (1) 滴加几滴 KSCN 溶液, 溶液不变红 (2) AgI

(3) $\text{O}_2 + 4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 酸性溶液中硝酸根离子具有强氧化性, 可将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}

(4) ①加入足量稀硝酸, 振荡, 固体部分溶解, 产生无色气泡, 遇空气变红棕色, 静置, 取上层清液加入稀盐酸, 有白色沉淀生成

② i. $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Ag} \downarrow$ ii. AgI 分解产生的 Ag 催化了 Fe^{2+} 与 Ag^+ 的反应



思路导引 I、II 均未检出 Fe^{3+} , 说明 Fe^{2+} 与 I_2 几乎不

反应; II \rightarrow III 的过程中加入几滴硝酸酸化的硝酸银溶液, Ag^+ 与 I^- 生成了 AgI 沉淀, 降低了 I^- 的浓度, 使 $2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^-$ 反应正向进行, I_2 氧化了 Fe^{2+} ; 加入硝酸酸化的 1 mL 硝酸银溶液, 反应生成的 AgI 分解产生的 Ag 催化了 Fe^{2+} 与 Ag^+ 的反应, 生成铁离子和单质银, 出现大量灰黑色浑浊。

【解析】(2) 黄色浑浊是 Ag^+ 与 I^- 生成的 AgI 沉淀。

(3) 空气中存在 O_2 , 氧气具有氧化性, 酸性条件下, 空气中氧气将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 反应的离子方程式为 $\text{O}_2 + 4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 也有可能是酸性溶液中硝酸根离子具有强氧化性,

将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 。

(4)②向 1 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeSO}_4$ 溶液中加入 1 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液,开始时,溶液无明显变化。几分钟后,出现大量灰黑色浑浊,说明银离子氧化亚铁离子生成铁离子,反应的离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Ag} \downarrow$;反应过程中温度几乎无变化,故不是温度影响了反应速率,则迅速出现灰黑色浑浊的可能原因是 AgI 分解产生的 Ag 催化了 Fe^{2+} 与 Ag^+ 的反应。

真题上分

1. C



信息梳理 定位:原电池

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

【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 降为 +3, 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**。



关键点拨·透 原电池中离子移动方向: 正(阳离子)向正; 负(阴离子)向负。

2. A



模型解读 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**。

3. C 【解析】由题图可知, 实验①中, 0~2 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**。

4. (1) 甲 5.6×10^{-5} **(2) 0.195**

【解析】(1)由题图可知,0~50 min,经方式甲处理后的反应速率最快;经方式丙处理后,50 min 时 SiCl_4 的转化率为 4.2%,转化的 SiCl_4 的物质的量为 $0.1 \text{ mol} \times 4.2\% = 0.0042 \text{ mol}$,根据化学方程式中化学计量数的关系可得,反应生成的 SiHCl_3 的物质的量为 $0.0042 \text{ mol} \times \frac{4}{3} = 0.0056 \text{ mol}$,所以平均反应速率 $v(\text{SiHCl}_3) =$

$$\frac{0.0056 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 50 \text{ min}} = 5.6 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

(2)反应达到平衡时, SiCl_4 的转化率为 14.6%,可列三段式:

	$3\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{Si}(\text{s}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 4\text{SiHCl}_3(\text{g})$		
起始量/mol	0.1	0.4	0
转化量/mol	0.0146	$0.0146 \times \frac{2}{3}$	$0.0146 \times \frac{4}{3}$
平衡量/mol	0.0854	$0.4 - 0.0146 \times \frac{2}{3}$	$0.0146 \times \frac{4}{3}$

所以当反应达平衡时, H_2 的浓度约为 $\frac{(0.4 - 0.0146 \times \frac{2}{3}) \text{ mol}}{2 \text{ L}} \approx$

$$0.195 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

5. AC

【解析】反应为气体分子数增大的反应,容器内的压强为变量,压强不变时反应达到平衡状态,A 符合题意;恒容密闭容器中,反应 I 中的反应物与生成物皆为气体,因此混合气体总质量不变,恒容密闭容器容积不变,故混合气体的密度始终为定值,不能根据密度不变判断反应达到平衡状态,B 不符合题意;反应过程中 CH_3COOH 的体积分数为变量,则 CH_3COOH 的体积分数不变时反应达到平衡状态,C 符合题意;生成 H_2O 和消耗 H_2 均是逆反应的表述,不能说明反应达到平衡状态,D 不符合题意。