

## 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

1. **B** 【解析】太阳能集热器工作时将太阳能转化为热能,A 错误;天然气灶工作时将化学能转化为热能,B 正确;硅太阳能电池工作时将太阳能转化为电能,C 错误;锂离子电池放电时将化学能转化为电能,D 错误。
2. **B** 【解析】冰的温度低于水,相同质量的水和冰,水的能量更高,A 错误;石灰石煅烧是分解反应,过程中吸收能量,属于吸热反应,B 正确;燃烧豆萁过程中,化学能转化为热能和光能,C 错误;碳与水蒸气反应为吸热反应,D 错误。
3. **D** 【解析】化学反应都伴随着能量变化,但伴随着能量变化的不一定是化学反应,比如浓硫酸溶于水放热,该过程没有发生化学反应,A 错误;某些放热反应也需要在加热条件下才能发生,比如铁与硫单质反应,故需要加热才能发生的反应不一定是吸热反应,也可能是放热反应,B 错误;化学反应中的能量变化的大小与反应物的质量多少有关,C 错误;化学键的断裂和形成是化学反应中能量变化的主要原因,D 正确。
4. **B** 【解析】分析题图可知,反应物的总能量低于生成物的总能量,所以为吸热反应。氢氧化钠溶液与稀盐酸的反应为放热反应,且不属于氧化还原反应,A 不符合题意;碳和水蒸气在高温下反应,生成一氧化碳和氢气,需要不断地提供能量,属于吸热反应,反应中 C、H 元素的价态发生改变,属于氧化还原反应,B 符合题意; $\text{NH}_4\text{Cl}$  和  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  发生复分解反应,通过从周围环境中吸收热量,维持反应的不断进行,属于吸热反应,但元素价态没有发生变化,属于非氧化还原反应,C 不符合题意; $\text{H}_2$  燃烧能释放大量的热,属于放热反应,D 不符合题意。
5. **D** 【解析】反应  $\text{CO}_2 + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$  为吸热反应,图甲描述的是放热反应,A 错误;由图乙可知,金刚石的能量高于石墨,物质的能量越高越不稳定,则金刚石的稳定性弱于石墨,B 错误;由图丙可知,2 mol 气态 A 转化为液态 B 放出  $a$  kJ 热量,气态 B 的能量高于液态 B,结合图像可知 2 mol  $\text{A}(\text{g})$  生成  $\text{B}(\text{g})$  放出热量小于  $a$  kJ,C 错误;由图丁可知,该反应为反应物总能量小于生成物总能量的吸热反应,则断裂反应物中化学键所需的总能量高于形成生成物中化学键所释放的总能量



量,D 正确。

**6. A 【解析】**从反应过程和能量变化图可以看出,反应物的总能量高于生成物的总能量,所以该反应是放热反应,故 A 正确;能量越低,物质越稳定,状态 3 中物质能量最高,最不稳定,故 B 错误;过程 I 和 II 是从低能量状态到高能量状态,需要吸收能量,过程 III 是从高能量状态到低能量状态,放出能量,故 C 错误;置换反应是一种单质和一种化合物反应生成另一种单质和另一种化合物的反应,该反应的反应物中没有单质,不属于置换反应,故 D 错误。

**7. A 【解析】**能量越低,物质越稳定,通常热稳定性也越强,所以热稳定性强弱为  $\text{MgF}_2 > \text{MgCl}_2 > \text{MgBr}_2 > \text{MgI}_2$ , A 正确;未指明是否为标准状况,所以 22.4 L  $\text{F}_2(\text{g})$  不一定为 1 mol,则放出的热量不一定为 1 124 kJ, B 错误;在氯气中燃烧,化学能除转化为热能外还有光能等, C 错误;  $\text{MgCl}_2(\text{s})$  比  $\text{MgBr}_2(\text{s})$  更稳定,所以  $\text{MgCl}_2(\text{s})$  分解时吸收的热量更多, D 错误。

**8. C 【解析】**当往试管中滴加试剂 Y 时,看到 U 形管中液面甲处升、乙处降,说明集气瓶中的空气遇冷,压强减小,外界大气压大于集气瓶中的气压,则  $\text{X} + \text{Y} = \text{M} + \text{N}$  为吸热反应, X 和 Y 的总能量小于 M 和 N 的总能量, A 错误、C 正确;吸热反应不一定需要加热, B 错误;该反应为吸热反应,即破坏反应物中的化学键所吸收的能量大于形成生成物中化学键所放出的能量, D 错误。

**9. A 【解析】**设断开 1 mol  $\text{H}-\text{Cl}$  键所需能量为  $x$  kJ, 断开 1 mol  $\text{H}-\text{O}$  键所需能量为  $y$  kJ, 成键放出的能量-断键吸收的能量=反应放出的能量, 结合化学方程式得  $(2c+4y)-(4x+b) = \frac{a}{2}$ , 所以  $y-x = \frac{a+2b-4c}{8}$ , 即断开 1 mol  $\text{H}-\text{O}$  键所需能量比断开 1 mol  $\text{H}-\text{Cl}$  键高  $\frac{a+2b-4c}{8}$  kJ, 故选 A。

**10. D 【解析】**由  $\text{N}_4$  分子空间结构可知, 1 mol  $\text{N}_4$  分子中有 6 mol  $\text{N}-\text{N}$  键, 断裂化学键会吸收能量, 则  $\text{N}_4(\text{g}) = 4\text{N}(\text{g})$  的过程中会吸收能量  $6 \text{ mol} \times 193 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 1 158 \text{ kJ}$ , A 正确;氮原子最外层有 5 个电子, 在氮气中和  $\text{N}_4$  中每个氮原子都形成了三个键, N 原子均达到 8 电子稳定结构, B 正确;由于  $\text{N}_4$ 、 $\text{N}_2$  是两种不同的物质, 因此  $\text{N}_4$  和  $\text{N}_2$  之间的转化属于化学变化, C 正确;反应热等于断裂反应物化学键吸收的总能量与形成生成物化学键释放的总能量的差, 结果为负值的为放热反应, 结果为正值的为吸热反应,  $\text{N}_4(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g})$  中反应热为  $6 \times 193 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 2 \times 946 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -734 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 结果为负值, 所以为放热反应, D 错误。

**11. D 【解析】** $\text{CNH}$  的能量比  $\text{HCN}$  高, 则  $\text{HCN}$  比  $\text{CNH}$  更稳定, A 错误;由题图可知, 反应物总能量小于生成物总能量,



该反应为吸热反应,吸热反应都需要吸收能量,但是吸收能量的方法不一定是加热,也可能是其他形式,B 错误;1 mol  $\text{HCN}(\text{g})$  转化为过渡态吸收了 186.5 kJ 的能量,但过渡态分子中还有化学键的存在,所以 1 mol  $\text{HCN}(\text{g})$  中的所有化学键全部断开需要吸收的能量肯定会大于 186.5 kJ,C 错误;1 mol  $\text{HCN}(\text{g})$  转化为 1 mol  $\text{CNH}(\text{g})$  需要吸收的能量为  $186.5 \text{ kJ} - 127.2 \text{ kJ} = 59.3 \text{ kJ}$ ,D 正确。

## 12. (1)②⑥ (2)D

(3)①左端液面降低,右端液面升高 ② I、II

【解析】(1) 铝片与稀盐酸的反应属于放热反应,①错误;将胆矾加热变为白色粉末,属于吸热反应,②正确;干冰汽化,属于物理变化,③错误;甲烷在氧气中的燃烧反应,属于放热反应,④错误; $\text{NH}_4\text{NO}_3$  固体溶于水,属于物理变化,⑤错误; $\text{C}$  与  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{CO}$ ,属于吸热反应,⑥正确;故选②⑥。

(2) C 的能量小于  $\text{A}+\text{B}$  的, X 的能量大于  $\text{A}+\text{B}$  的,能正确表示总反应过程中能量变化的是 D。

(3) ①装置 I 中,甲试管内  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液与稀硫酸的反应为放热反应,则乙中气体受热膨胀,即压强增大,U 形管中可观察到的现象是左端液面降低,右端液面升高。②装置 I 可通过 U 形管中红墨水左右两侧液面的高度变化,判断铜与浓硝酸的反应是吸热反应还是放热反应,装置 II 可通过烧杯中是产生气泡还是导管内液面高度上升,判断铜与浓硝酸的反应是放热反应还是吸热反应,装置 III 将铜与浓硝酸反应产生的气体直接通入水中,不能证明该反应是放热反应还是吸热反应,则能探究“铜与浓硝酸的反应是吸热反应还是放热反应”的装置是 I、II。

## 13. (1)bcde

(2)①化学能 热能 ②吸收 154 放出 565

③放热 吸收 13.24

【解析】(1) 理想中的新能源应具有资源丰富、可以再生、对环境无污染等特点,包括太阳能、风能、核能、地热能、海洋能等,故选 bcde。

(2) ①  $\text{H}_2$  在  $\text{O}_2$  中燃烧生成水时放热,则能量转化的主要形式为化学能转化为热能。② 由图甲可知,断裂 1 mol  $\text{F}_2(\text{g})$  中的化学键需要吸收的能量为 154 kJ;形成 1 mol  $\text{HF}(\text{g})$  中的化学键需要放出的能量为 565 kJ。③ 由图乙可知, $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  的正反应中,反应物的总能量高于生成物的总能量,则正反应为放热反应; $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  的正反应中,反应物的总能量低于生成物的总能量,则正反应为吸热反应,且 1 mol 固体碘单质完全反应转化为  $\text{HI}(\text{g})$  时,吸收能量为 26.48 kJ,0.5 mol  $\text{I}_2(\text{s})$  完全转化为  $\text{HI}(\text{g})$

时,吸收的能量为  $\frac{1}{2} \times 26.48 \text{ kJ} = 13.24 \text{ kJ}$ 。

## 课时2 化学反应与电能

1. **D** 【解析】太阳能电池板将太阳能转化为电能,而没有将电能转化为化学能,A 错误;以偏二甲肼为燃料,发动机能将化学能转化为动能,而没有将电能转化为化学能,B 错误;全球首部可折叠柔性屏手机通话是原电池的应用,是将化学能转化为电能,C 错误;新能源汽车充电时电能转化为化学能,D 正确。
2. **C** 【解析】随意焚烧垃圾能产生大量的空气污染物,A 错误;垃圾焚烧把化学能转化为热能,再通过热机将热能转化为机械能,最后通过发电机将机械能转化为电能,所以垃圾焚烧发电还会将化学能转化为其他形式的能量,如光能、热能、机械能等,不能完全转化为电能,B 错误;垃圾焚烧法已成为许多城市处理垃圾的主要方法之一,利用垃圾焚烧产生的热能发电或供热,能较充分地利用生活垃圾中的生物质能,C 正确;焚烧垃圾能产生大量的空气污染物,将烟囱建得高些不能避免烟气产生的污染,D 错误。
3. **C** 【解析】该原电池工作时,Cu 为正极,正极发生还原反应,A 正确;Zn 为负极,发生氧化反应,电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ ,B 正确;酒精中没有可以自由移动的离子,不能导电,若将西红柿替换成盛装酒精的装置,则不能形成闭合回路,不能构成原电池,C 错误;电子由负极经导线流向正极,即电子由锌极沿导线流向铜极,D 正确。
4. **B** 【解析】原电池构成四要素:两个活动性不同的电极(若电极本身参与反应)、电解质溶液、形成闭合回路、自发的氧化还原反应。蔗糖溶液不是电解质溶液,不能形成原电池,A 错误;铜和锌是活动性不同的金属, $\text{FeCl}_2$  溶液是电解质溶液,铜和锌相连共同插入电解质溶液中形成闭合回路,有自发的氧化还原反应( $\text{Zn} + \text{Fe}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Fe}$ ),故形成了原电池,B 正确;两个电极均为石墨,体系中没有自发进行的氧化还原反应,不能构成原电池,C 错误;Zn、Cu 没有用导线连接,没有形成闭合回路,不能形成原电池,D 错误。
5. **C** 【解析】该原电池中,Fe 极为负极,电极反应式为  $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ,Ag 极为正极,电极反应式为  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$ 。①根据 Ag 极的电极反应式可知,随着流入正极的电子的物质的量增多, $\text{Ag}^+$  不断被消耗, $\text{Ag}^+$  的浓度逐渐减小,y 轴可以表示  $\text{Ag}^+$  的浓度;②原电池工作时,硝酸根离子的浓度不变,y 轴不能表示硝酸根离子的浓度;③a 棒上发生的电极反应为  $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ,随着流入正极的电子的物质的量增多,Fe 不断被消耗,质量逐渐减小,y 轴可以表示 a 棒的质量;④随着流



入正极的电子的物质的量增多, b 棒上有 Ag 析出, b 棒的质量逐渐增大, y 轴不能表示 b 棒的质量; ⑤该原电池的总反应为  $\text{Fe} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag}$ , 反应过程中消耗 2 mol (即 216 g)  $\text{Ag}^+$  生成 1 mol (即 56 g)  $\text{Fe}^{2+}$ , 电解质溶液的质量减小, y 轴可以表示电解质溶液的质量, 故选 C。

- 6. C** 【解析】 $\text{NH}_3 - \text{O}_2$  燃料电池中, 负极上  $\text{NH}_3$  失电子发生氧化反应生成  $\text{N}_2$ , 则电极 a 是负极, 负极反应式为  $2\text{NH}_3 - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 6\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ , 电极 b 是正极, 氧气在正极上得电子生成  $\text{OH}^-$ , 正极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ , 电池工作时, 电子从负极流出经过导线流向正极, 阴离子移向负极, 据此分析解答。由分析可知, 电极 a 是负极, 负极上  $\text{NH}_3$  发生氧化反应, A 正确; 电极 b 是正极, 正极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ , B 正确; 电池工作时, 阴离子移向负极, 即  $\text{OH}^-$  向电极 a 迁移, C 错误; 负极反应式为  $2\text{NH}_3 - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 6\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ , 正极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ , 当电路中转移 6 mol 电子时, 负极消耗 2 mol  $\text{NH}_3$ , 正极消耗  $\frac{6 \text{ mol}}{4} = 1.5 \text{ mol}$   $\text{O}_2$ , 电池工作时两电极理论消耗的  $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{O}_2)} = \frac{4}{3}$ , D 正确。

- 7. B** 【解析】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, 应为原电池的负极, 电极反应式为  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{MnO}_2$  被还原, 应为原电池的正极, 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流向正极, 据此解答。薄层纸片的两面分别附着锌和二氧化锰, 薄层纸片的作用为电极的载体和离子的导体, A 正确; 该新型电池工作时, 电子由负极经外电路流向正极, 即电子由 Zn 沿外电路流向  $\text{MnO}_2$ , B 错误; 由分析可知,  $\text{MnO}_2$  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, 负极材料上增加 1 mol  $\text{OH}^-$ , 所以负极材料质量增加 17 g, D 正确。

- 8. C** 【解析】干电池不可充电, 是一次电池, 铅酸蓄电池是充电电池, 属于二次电池, 氢氧燃料电池是燃料电池, A 正确; 在干电池中, Zn 作负极, 被氧化成  $\text{Zn}^{2+}$ , 因此长时间使用后, 锌筒被破坏, B 正确; 铅酸蓄电池工作过程中, 负极每消耗 1 mol 铅, 外电路转移 2 mol 电子, 硫酸溶液中不能转移电子, C 错误; 氢氧燃料电池的电解质溶液可以是酸性或碱性溶液, 故可以是稀硫酸或 KOH 溶液, D 正确。

- 9. C** 【解析】盐酸浓度越大, 反应速率越快, 曲线 I 压强增大得更快, 对应  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸, A 正确; 0.01 g 镁条的物质的



量为  $\frac{0.01}{24} \text{ mol} \approx 4.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ , HCl 的物质的量分别为  $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 、 $1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ , 由  $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$  中 Mg 与 HCl 的化学计量数可知两组实验中 Mg 均少量, 故最终生成  $\text{H}_2$  的量相同 (Mg 完全反应), 压强相同, 曲线最终重合, B 正确; 同浓度硫酸中  $\text{H}^+$  浓度是盐酸的 2 倍, 反应速率更快, 曲线不同, C 错误; 滴加少量硫酸铜溶液, Mg 置换出 Cu, 形成 Mg-Cu 原电池, 加快反应速率, D 正确。

**10. B** 【解析】①将金属 a 和 b 用导线相连并浸入稀硫酸中, 电流从 b 流向 a, 即 a 为负极, 所以金属活动性:  $a > b$ ; ②将金属 b 和 c 用导线相连并浸入硫酸铜溶液中, c 极质量增加, 则  $\text{Cu}^{2+}$  在 c 极上得电子转化为铜, 则 c 为正极, 所以金属活动性:  $b > c$ ; ③将金属 a 和 d 用导线相连并浸入稀硫酸中, 金属 d 不断溶解, 则金属 d 为负极, 所以金属活动性:  $d > a$ 。综上所述, 四种金属的活动性由强到弱的顺序:  $d > a > b > c$ , 故选 B。

**11. B** 【解析】根据题给离子方程式:  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$  可知, Cu 为负极, 铁离子为电解液中的阳离子。铁为负极, 正极反应是铜离子得到电子转化为铜单质, A 不符合题意; 石墨作正极, 铜为负极, Q 溶液中铁离子得到电子转化为  $\text{Fe}^{2+}$ , B 符合题意; 无法发生自发的氧化还原反应, 不能形成原电池, C 不符合题意; 铁为负极, 失去电子, 正极是氢离子得到电子转化为氢气, D 不符合题意。

**12. B** 【解析】由题图可知, 在  $\text{H}_2\text{O}$ 、空气条件下, Fe-C 与水形成原电池, Fe 为负极, Fe 腐蚀速率较快; Fe-Al 与水形成原电池, Al 为负极, Fe 被保护; Fe 在水中发生化学腐蚀, 腐蚀速率较低, 故腐蚀速率:  $\text{I} > \text{III} > \text{II}$ , B 项正确。

**13. D** 【解析】由电池总反应可知, Zn 元素化合价由 0 价变为 +2 价, Ag 元素化合价由 +1 价变为 0 价, 所以 Zn 是负极, 失电子发生氧化反应,  $\text{Ag}_2\text{O}$  是正极, 得电子发生还原反应, 故 A 正确; 负极 Zn 失电子发生氧化反应, 碱性条件下生成  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , 则负极反应式为  $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$ , 故 B 正确; 原电池中电子从负极经外电路流向正极, 即由 Zn 极经外电路流向  $\text{Ag}_2\text{O}$  极, 故 C 正确; 电池总反应为  $\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$ , 反应过程中 KOH 的量不变, 故 D 错误。

**14. C** 【解析】由图可知, A 电极上氧气得电子转化为水, O 元素化合价降低, 所以 A 电极是正极, B 电极是负极。由分析可知, A 正确; A 电极是正极, B 电极是负极, 质子 ( $\text{H}^+$ ) 向正极移动, 所以质子从海底沉积层通过交界面向海水层移动,



B 正确; $\text{CH}_2\text{O}$  在微生物作用下与硫酸根离子反应生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{HS}^-$ , 负极上  $\text{HS}^-$  失去电子发生氧化反应生成硫单质, 电极反应式为  $\text{HS}^- - 2\text{e}^- = \text{S} \downarrow + \text{H}^+$ , C 错误; 微生物的蛋白质在高温条件下会失活, 会导致负极反应物  $\text{HS}^-$  减少, 故升温不一定能提高电池的效率, D 正确。

15. (1) ①电能、热能 ② $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$  增大

(2) ① $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$  ②减小

(3) ① $\text{Ag} + \text{Cl}^- - \text{e}^- = \text{AgCl}$  ②正 ③2

【解析】(1) ①根据题中信息: 电流计指针偏转, 烧杯壁温度升高, 说明化学能可以转变成电能、热能。②该装置为原电池装置, 铜为负极, 石墨为正极, 石墨极发生的反应为  $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ; 负极发生的电极反应为  $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  进入电解质溶液, 故该装置工作一段时间后烧杯中溶液的质量增大。

(2) 甲烷燃料电池中甲烷通入负极, 故 a 电极为负极, 氧气通入正极, 故 b 电极为正极。①电解质溶液为  $\text{NaOH}$  溶液, 故电池的负极反应式为  $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ 。②该燃料电池的总反应为  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ , 总反应消耗  $\text{OH}^-$  且生成水, 电池工作一段时间后, 电解质溶液的 pH 减小。

(3) 该电池为原电池, 根据电池的总反应判断, Ag 电极为负极,  $\text{MnO}_2$  电极为正极。①该电池负极的电极反应式为  $\text{Ag} + \text{Cl}^- - \text{e}^- = \text{AgCl}$ 。②原电池中阳离子移向正极, 故电池中,  $\text{Na}^+$  不断移动到“水”电池的正极。③根据总反应可知, 外电路中转移 2 mol 电子时生成 1 mol  $\text{Na}_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ , 故外电路每通过 4 mol 电子时, 生成  $\text{Na}_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$  的物质的量为 2 mol。

16. (1) 正  $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$

(2) 自右向左

(3) 溶液颜色逐渐变蓝

(4)  $\text{NO}_2$

(5)  $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

(6) c

【解析】(1) 电池总反应为  $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$ , Cu 失电子生成铜离子, 所以 Cu 作负极, 银离子在正极得电子生成银, 则 Ag 电极是正极, 铜电极上的电极反应式是  $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ 。

(2) 原电池中阴离子移向负极, 左边 Cu 电极为负极, 则溶液中的  $\text{NO}_3^-$  的移动方向为自右向左。

(3) 铜电极上的电极反应式是  $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ , 溶液中  $\text{Cu}^{2+}$  浓度增大, 则现象④为溶液颜色逐渐变蓝。



(4)  $\text{NO}_3^-$  被还原为无色气体  $\text{NO}$ , 在空气中  $\text{NO}$  被氧化生成  $\text{NO}_2$ , 则红棕色气体是  $\text{NO}_2$ 。

(5) 溶液中的  $\text{H}^+$  浓度为  $0.80 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $\text{Cu}$  和  $\text{NO}_3^-$  在酸性溶液中发生氧化还原反应生成  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{NO}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 反应的离子方程式为  $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) 为证明是  $\text{Cu}$  和硝酸根离子反应, 应控制氢离子浓度也为  $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由于装置甲中硝酸银溶液已用硝酸进行了酸化, 故溶液中  $\text{NO}_3^-$  浓度大于  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 应选  $0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$  和  $1.80 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaNO}_3$  的混合溶液作为电解质溶液, 故选 c。

## 第二节 化学反应的速率与限度

### 课时 1 化学反应的速率

**1. 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小氧气浓度, 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。

**2. D** 【解析】化学反应速率为  $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 是指在  $1 \text{ s}$  内某物质的浓度变化了  $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 错误; 化学反应速率用单位时间内反应物浓度的减少量或生成物浓度的增加量来表示, 都是正值, B 错误; 同一化学反应, 相同条件下用不同物质表示的反应速率之比等于方程式中各物质的化学计量数之比, 数值可能不同, 但意义是相同的, 表示的该化学反应的平均速率相同, C 错误; 在  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$  反应中, 消耗  $\text{SO}_3(\text{g})$  的平均速率等于生成  $\text{SO}_2(\text{g})$  的平均速率,  $t_1$ 、 $t_2$  时刻,  $\text{SO}_3(\text{g})$  浓度分别是  $c_1$ 、 $c_2$ , 则  $t_1 \sim t_2$  时间内, 生成  $\text{SO}_2(\text{g})$  的平均速率  $v = \frac{c_1 - c_2}{t_2 - t_1}$ , D 正确。

**3. C** 【解析】同一反应中, 各物质表示的化学反应速率与其化学计量数的比值越大, 代表反应速率越快。A 中 Q 的反应速率为  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其化学计量数为 1, 比值为  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ; B 中 Y 的反应速率为  $0.36 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其化学计量数为 3, 比值为  $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ; C 中 X 的反应速率为  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其化学计量数为 1, 比值为  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ; D 中 Z 的反应速率为  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其化学计量数为 2, 比值为  $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。比较以上数据, 选项 C 中代表的反应速率最快, 故选 C。

**4. D** 【解析】 $t \text{ min}$  内,  $\Delta c(\text{X}_2) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\Delta c(\text{Y}_2) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,





同一反应中,反应物的反应速率之比等于其化学计量数之比,则  $X_2$ 、 $Y_2$  的化学计量数之比为  $\frac{0.6}{t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} : \frac{0.2}{t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 3:1$ ,根据原子守恒可知,该反应可以表示为  $3X_2 + Y_2 \rightleftharpoons 2X_3Y$ ,D 项正确。

**5. A** 【解析】炭是固体,增加或减少其用量不会改变反应速率,A 错误;容器容积不变,充入氦气,反应物浓度未变,反应速率不变,B 正确;生成 1 mol  $H_2$  的同时生成 1 mol  $CO$ ,容积为 1 L,时间为 10 s,反应速率为  $\frac{1}{1 \times 10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,C 正确; $H_2O(g)$  为反应物,充入水蒸气,反应物浓度增大,反应速率加快,D 正确。

**6. C** 【解析】反应  $4NH_3(g) + 5O_2(g) \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4NO(g) + 6H_2O(g)$  在 2 L 的密闭容器中进行,1 min 后, $NH_3$  减少了 0.12 mol,则 1 min 内的平均反应速率  $v(NO) = v(NH_3) = \frac{\frac{0.12 \text{ mol}}{2 \text{ L}}}{1 \text{ min}} = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,无法计算瞬时速率,①错误;对于反应  $H_2(g) + S(s) \xrightarrow{\Delta} H_2S(g)$ ,恒压下向反应体系中充入 He,容器容积增大,参与反应的各气体浓度减小,化学反应速率减慢,②错误;对于没有气体参与的反应,增大压强不能加快化学反应速率,③错误;一定量的锌与过量的稀硫酸反应制取氢气,加入  $CH_3COONa$  溶液,醋酸根离子与氢离子结合生成醋酸分子,且溶液体积增大,氢离子浓度降低,化学反应速率减慢,④正确;光是影响某些化学反应速率的外界条件之一,如氯气和氢气在光照、点燃条件下发生反应的剧烈程度不同,⑤正确。综上分析,选 C。

**7. C** 【解析】随着反应的不断进行,反应物浓度降低,反应速率减慢,保持反应条件不变,继续反应,则其浓度再增加  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,用时大于 5 s,选 C。

**8. A** 【解析】同一反应中同一时间段不同物质表示的反应速率之比等于它们的化学计量数之比,用 X 表示 2 s 内的平均反应速率为  $\frac{0.3m}{p} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,则 W 表示的平均反应速率为  $\frac{0.3m}{p} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times \frac{q}{m} = \frac{0.3q}{p} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , $\Delta n(W) = \frac{0.3q}{p} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 2 \text{ L} \times 2 \text{ s} = \frac{1.2q}{p} \text{ mol}$ ,故选 A。

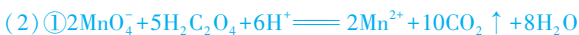
**9. D** 【解析】比较实验②和③的现象可知,KI 对  $H_2O_2$  分解有催化作用,A 正确;对比实验②和③,②中溶液立即变为黄色,产生大量无色气体,最终溶液仍为黄色,而实验③中溶液立即变为棕黄色,产生少量无色气体,溶液颜色逐渐加深,最



终有紫黑色沉淀  $I_2$  析出,可说明酸性条件下  $H_2O_2$  氧化  $KI$  的速率更大,且实验②中  $H_2O_2$  分解的速率大于  $H_2O_2$  氧化  $KI$  的速率,B、C 正确;实验②中主要发生  $H_2O_2$  分解,温度明显升高,而实验③中主要发生  $H_2O_2$  氧化  $KI$  的反应,温度无明显变化,说明  $H_2O_2$  分解是一个放热反应,D 错误。

- 10. D** 【解析】实验 I 中硫酸的浓度是实验 II 中硫酸浓度的 2 倍,则实验 I 生成  $H_2$  的速率较快,单位时间内反应体系的气体压强变化大,即图中曲线 a 是实验 I 的压强变化曲线,曲线 b 是实验 II 的压强变化曲线,曲线的斜率大,反应速率快,A 正确;反应物浓度越大,反应速率越大,随着反应不断进行,化学反应速率减慢,原因是硫酸浓度变小,B 正确;温度越高,反应速率越快,由实验 II 对应曲线可知,反应开始阶段,反应速率不断加快,可能是因为反应放热温度升高,C 正确;由表格数据可知,硫酸过量,向实验 II 中滴加少量硫酸铜溶液,与  $Mg$  反应生成铜单质,铜、硫酸与镁形成原电池,加快反应速率,产生氢气速率加快,但与硫酸反应的镁的质量减小,最终生成氢气的体积减小,D 错误。

- 11. (1) ①大于 ②b  $0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  ③bcd**



- ②变长 ③1.0 4.0 硫酸浓度为 0 的对照实验

【解析】(1) ①由图甲可知,A 点处反应正向进行, $v(\text{正})$  大于  $v(\text{逆})$ 。②由表中数据可知,平衡时  $c(\text{NO}) = \frac{0.007 \text{ mol}}{2 \text{ L}} =$

$$0.0035 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \Delta c(\text{NO}) = 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.0035 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} =$$

$$0.0065 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{反应为 } 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}), \text{则}$$

$$\Delta c(\text{NO}) : \Delta c(\text{O}_2) : \Delta c(\text{NO}_2) = 2 : 1 : 2, \text{平衡时 } c(\text{NO}_2) =$$

$$0.0065 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{则曲线 b 表示 } \text{NO}_2 \text{ 的浓度变化;由表格}$$

$$\text{数据可知 } 0 \sim 2 \text{ s 内 } v(\text{NO}) = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.020 \text{ mol} - 0.008 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 2 \text{ s}} =$$

$$0.003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{则 } 0 \sim 2 \text{ s 内 } v(\text{O}_2) = \frac{1}{2} v(\text{NO}) =$$

$0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。③及时分离出  $\text{NO}_2$  气体,生成物浓度降低,逆反应速率减慢,正反应速率不变,故 a 不选;适当升高温度,反应速率加快,故 b 选;增大  $\text{O}_2$  的浓度,即增大反应物浓度,反应速率加快,故 c 选;选择高效的催化剂,反应速率加快,故 d 选。

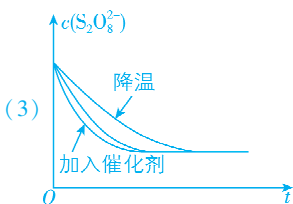
(2) ①酸性条件下高锰酸根离子和草酸发生氧化还原反应生成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{Mn}^{2+}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,其中 Mn 元素化合价由 +7 价变为 +2 价、C 元素化合价由 +3 价变为 +4 价,离子方程式为  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ ;②溶液颜色越深,透光率越低,由图丙可知,透光率相同时,草酸的浓度越大,酸性高锰酸钾溶液褪色时间越长,即增大草酸的浓度,



褪色时间变长;③探究硫酸浓度对题述反应的速率的影响,则  $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  用量应相同,  $V_1 = V_4 = V_6 = 4.0$ 、 $V_2 = 2.0$ , A 试管实验是对照实验,其中溶液的总体积为  $8.0 \text{ mL}$ ,则试管 B、C、D 中溶液的总体积应该为  $8.0 \text{ mL}$ ,所以  $V_5 = 8.0 - 4.0 - 2.0 - 1.0 = 1.0$ 。

## 12. (1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ < 作催化剂

(2) ①  $2.0$  保证溶液总体积不变,即其他条件不变,只改变反应物  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  浓度,从而达到对照实验的目的 ②  $0.002$



【解析】(1) 向  $\text{KI}$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  与淀粉的混合溶液中加入一定量的  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  溶液,先发生  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$  (慢),后发生  $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  (快),当  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  耗尽后,碘才能与淀粉作用显蓝色,根据反应  $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  (快)知,消耗  $1 \text{ mol}$  碘需  $2 \text{ mol}$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,根据离子方程式  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$  (慢)知,生成  $1 \text{ mol}$  碘需  $1 \text{ mol}$   $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,为确保能观察到蓝色,碘需有剩余,即  $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) : n(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8) < 2 : 1$ ;出现蓝色之前,碘离子参与反应,最终又生成,说明反应中碘离子作催化剂。

(2) ①对比实验①和②发现,实验②取的  $0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  溶液的体积为  $9 \text{ mL}$ ,比实验①少了  $1 \text{ mL}$ ,应加水  $1 \text{ mL}$ ,保证溶液的体积不变,探究在其他条件不变的情况下,反应速率与  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  浓度的关系,对照实验①和③,为保证溶液的总体积相同,须加  $2.0 \text{ mL}$  水,即  $V_2 = 2.0$ 。②若实验①中观察到溶液变蓝的时间为  $10 \text{ s}$ ,则用  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  的浓度变化表示的平均反应速率  $v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{4 \times 10^{-4} \text{ mol}}{20 \times 10^{-3} \text{ L} \times 10 \text{ s}} = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(3) 保持其他条件不变,降低温度,反应速率降低;而使用催化剂,能加快化学反应速率。

## 课时2 化学反应的限度

1. C 【解析】在一定条件下,化学平衡状态是反应所能达到的最大限度, A 正确;化学平衡状态是可逆反应在一定条件下建立的一种动态平衡状态,所有可逆反应都存在化学平衡, B 正确;达到平衡时,正、逆反应速率相等但不为  $0$ , C 错误;化学反应达到平衡状态后,反应物和生成物的浓度均不再发生改变, D 正确。

2. D 【解析】 $t_1$  时  $v_{\text{逆}}$  不为  $0$ ,故正、逆反应都在进行, A 错误;



$t_2$  时反应达到平衡,化学平衡状态是动态平衡,可逆反应达到平衡后,反应仍在进行,B 错误;1 mol X 完全转化时生成 1.5 mol Y,可逆反应中反应物不可能完全转化,所以生成的 Y 小于 1.5 mol,C 错误; $t_2 \sim t_3$  内反应处于平衡状态,反应达到平衡后,各物质的物质的量不再变化,D 正确。

**3. C** 【解析】达到化学平衡时,混合物中各物质的物质的量浓度不再发生变化,但不一定相等,故 A 错误;使用催化剂,可同等程度加快正、逆反应速率,故 B 错误;该反应是可逆反应,反应物不能完全转化,在此条件下达到化学平衡时,反应物转化率最大,故 C 正确;反应速率与浓度有关,其他条件不变时,若该反应正向进行,对于反应物,随着反应进行,浓度减小,正反应速率逐渐减小,达到反应限度时,正反应速率最小,故 D 错误。

**4. D** 【解析】合成氨反应是可逆反应, $N_2$  不能全部转化为  $NH_3$ ,A 错误;使用催化剂虽增加成本,但能加快反应速率,工业上仍需使用催化剂以提高效率,B 错误;平衡时各物质浓度不再变化,但不一定相等,C 错误;正、逆反应速率相等且不为 0 是化学平衡的特征,D 正确。

**5. A** 【解析】 $CaC_2O_4(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g) + CO(g)$  为气体分子数增大的可逆反应,该反应达到平衡状态时,正、逆反应速率相等,各气体的浓度等变量不再变化,以此进行判断。正反应为气体分子数增大的反应,恒温恒容时,体系压强为一个变量,若压强不变,反应达到平衡状态,①正确; $CO_2$  和 CO 均为生成物,消耗  $CO_2$  代表逆反应,生成 CO 代表正反应,二者化学计量数相同,则消耗 1 mol  $CO_2$  同时生成 1 mol CO,反应达到平衡状态,②正确;根据质量守恒定律可知,反应前后气体质量发生变化,体积不变,由  $\rho = \frac{m}{V}$  可知密度为一个变化量,当密度不变时,反应达到平衡状态,③正确;该反应中只有二氧化碳和一氧化碳为气体,且二者体积之比始终为 1:1,则混合气体的平均摩尔质量为定值,不能根据混合气体的平均摩尔质量判断平衡状态,④错误。能说明反应已达到平衡的是①②③,故选 A。

**6. B** 【解析】设物质 A 在反应中转化了  $x \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ,则  $c_1 = (0.1+x) \text{ mol} \cdot L^{-1}$ , $c_2 = (0.2+2x) \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ,因此  $c_1:c_2=1:2$ ,A 正确;平衡时,B 和 C 生成速率之比等于化学计量数之比,则关系为  $3v(B)=2v(C)$ ,B 错误;根据 A 选项分析,A 的转化率是  $\frac{x}{0.1+x}$ ,B 的转化率为  $\frac{2x}{0.2+2x}$ ,两者转化率相等,C 正确;平衡时 B、C、D 的浓度分别为  $0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 、 $0.06 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 、 $0.02 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ,B 起始浓度为  $c_2$ ,反应正向进行,则  $c_2 > 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ,若 C、D 全部逆向反应转化为 A、B,则  $c_2$  最大



为  $0.24 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 又因为 C、D 起始浓度  $c_3$ 、 $c_4$  均不为 0, 则  $c_2$  的取值范围为  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < c_2 < 0.24 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 正确。

**7. B** 【解析】设  $\text{O}_2$  的转化量为  $x \text{ mol}$ , 根据题干信息, 列三段式:

	$4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
$n_{\text{始}}/\text{mol}$	4	3	0	0
$\Delta n/\text{mol}$	$\frac{4}{3}x$	$x$	$\frac{2}{3}x$	$2x$
$n_{4 \text{ min}}/\text{mol}$	$4 - \frac{4}{3}x$	$3 - x$	$\frac{2}{3}x$	$2x$

4 min 时, 气体总物质的量为  $\left(7 + \frac{1}{3}x\right) \text{ mol}$ ,  $\text{O}_2$  的物质的量分数

为  $\frac{(3-x) \text{ mol}}{\left(7 + \frac{1}{3}x\right) \text{ mol}} \times 100\% = 20\%$ ,  $x = \frac{3}{2}$ 。4 min 时,  $\text{NH}_3$  的转化率

为  $\frac{\frac{4}{3} \times \frac{3}{2} \text{ mol}}{4 \text{ mol}} \times 100\% = 50\%$ , A 正确; 4 min 时,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的体积分

数等于  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的物质的量分数, 为  $\frac{3 \text{ mol}}{7.5 \text{ mol}} \times 100\% = 40\%$ , B 错

误; 0~4 min 内,  $v(\text{N}_2) = \frac{\frac{2}{3} \times \frac{3}{2} \text{ mol}}{4 \text{ min} \times 2 \text{ L}} = 0.125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,

C 正确; 氨气燃烧时化学能转化为热能和光能等, D 正确。

**8. D** 【解析】 $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{SCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SOCl}_2(\text{g})$  是反应前后气体分子数不变的反应, 故恒温恒容的密闭容器中压强一直不变, A 错误; 恒温恒容的密闭容器中气体的密度一直不变, 密度不是变量, 故不能判断  $t_1$  时刻反应是否达到平衡状态, B 错误;  $t_1$  时刻后  $\text{SOCl}_2$ 、 $\text{SCl}_2$  的物质的量发生变化, 则  $t_1$  时刻反应未达到平衡状态, C 错误; 该图表示  $t_1$  时刻后逆反应速率不变, 反应达到平衡状态, D 正确。

**9. B** 【解析】恒温恒容下, 对于反应  $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{D}(\text{g})$ , 正反应为气体体积减小的反应, 压强不再变化, 说明反应已达到平衡状态, A 正确; 恒温恒容下, 对于反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 当反应速率之比等于对应物质的化学计量数之比时, 速率相等, 即  $3v_{\text{逆}}(\text{H}_2) = v_{\text{正}}(\text{H}_2\text{O})$  时正、逆反应速率不相等, 说明反应未达到平衡状态, B 错误; 在恒容容器中, 发生反应  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ , 若混合气体的颜色不再变化, 说明  $\text{I}_2$  的浓度不再变化, 反应达到平衡状态, C 正确; 对于反应  $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 正反应为放热反应, 绝热体系中, 体系的温度为变量, 当体系的温度保持不变时, 表明正、逆反应速率相等, 该反应达到平衡状态, D 正确。

**10. D** 【解析】反应达到化学平衡状态后正、逆反应速率不变,  $c$  点后对应的正反应速率还在改变,  $c$  点未达平衡, A 错误;  $a$  点到  $b$  点正反应速率增大, 反应物浓度随时间变化不断减



小,B 错误;从  $a$  点到  $c$  点正反应速率增大,之后正反应速率减小,说明反应刚开始时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,该反应为放热反应,即反应物的总能量高于生成物的总能量,C 错误; $a$  点到  $c$  点随着反应的进行,正反应速率增大, $\Delta t_1 = \Delta t_2$  时, $\text{SO}_2$  的转化率: $a \sim b$  段小于  $b \sim c$  段,D 正确。

### 11. (1) $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$

(2) 0.02 (3) AC (4) 10% (5) >

【解析】(1) 根据图示,5 min 后,三者物质的量均保持不变,则该反应为可逆反应,5 min 时达到平衡状态。0~5 min 时 X、Y、Z 三种气态物质的物质的量变化量分别为 0.6 mol、0.2 mol、0.4 mol,三者化学计量数之比为 3:1:2,该反应的化学方程式为  $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$ 。

(2) 从开始至平衡时的反应速率  $v(\text{Z}) = \frac{0.4 \text{ mol}}{4 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

(3) Y 的体积分数在混合气体中保持不变,能说明反应达到平衡状态,A 正确;无法判断 X、Y 的反应速率的方向,不能说明反应达到平衡状态,B 错误;该反应为反应前后气体体积改变的反应,恒温恒容条件下气体的压强保持不变,说明气体的总物质的量不变,反应达到平衡状态,C 正确;根据质量守恒,容器内气体的总质量是定值,不能说明反应达到平衡状态,D 错误;生成 1 mol Y 和消耗 2 mol Z 均代表逆反应,不能说明反应达到平衡状态,E 错误。

(4) 2 min 时 Y 剩余 0.9 mol,转化了 0.1 mol,则 2 min 内 Y 的转化率为  $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 100\% = 10\%$ 。

(5) 第 4 min 时,反应未达到平衡,Z 的物质的量还在增加,X、Y 的物质的量还在减少,即反应仍在正向进行,正、逆反应速率的大小关系为  $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ 。

### 12. C 【解析】 $T_1$ °C 下,50 分钟时,反应已达到平衡,此时氢气的

转化率为 80%,则转化的氢气的物质的量为  $2 \text{ mol} \times 80\% =$

$1.6 \text{ mol}$ ,平衡时容器内  $n(\text{CO}) = 2 \text{ mol} - \frac{1}{2} \times 1.6 \text{ mol} =$

$1.2 \text{ mol}$ ,生成甲醇  $1.6 \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.8 \text{ mol}$ ,容器内气体总物

质的量为  $1.2 \text{ mol} + (2 - 1.6) \text{ mol} + 0.8 \text{ mol} = 2.4 \text{ mol}$ ,反应前

气体总物质的量为  $2 \text{ mol} + 2 \text{ mol} = 4 \text{ mol}$ ,恒温恒容密闭容器

中气体压强之比等于物质的量之比,所以达到平衡状态时容器内气体的压强与反应起始时压强之比为 3:5,即是反

应起始时压强的 60%,A 正确;根据前 15、30 分钟的数据可知,相同时间内  $T_2$  °C 时的氢气转化率比  $T_1$  °C 时低,则

$T_2$  °C 时的反应速率慢,故温度:  $T_1 > T_2$ ,B 正确; $T_2$  °C 下,在



前 30 分钟内氢气的转化率为 60%, 则转化的氢气的物质的量为  $2 \text{ mol} \times 60\% = 1.2 \text{ mol}$ , 一氧化碳的物质的量转化量为  $0.6 \text{ mol}$ ,  $v(\text{CO}) = \frac{\Delta n}{V \Delta t} = \frac{0.6 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 0.5 \text{ h}} = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , C 错误; 根据  $a_1 \neq a_2$  判断  $T_2$  °C 时达到平衡的时间在 45 分钟后, D 正确。

## 专题 2 化学反应速率与化学平衡图像分析

1. **A** 【解析】 $t_1 \text{ min}$  后 X、Y 物质的量继续改变, 所以  $t_1 \text{ min}$  时反应没有达到平衡状态, 正、逆反应速率不相等, A 错误; 由图可知,  $0 \sim 8 \text{ min}$  内, X、Y 物质的量变化量之比为  $0.6 \text{ mol} : (1.2 - 0.3) \text{ mol} = 2 : 3$ , 物质的量变化量之比等于对应物质的化学计量数之比, 所以 X 曲线表示  $\text{NH}_3$  的物质的量随时间的变化, Y 曲线表示  $\text{H}_2$  的物质的量随时间的变化, B 正确; Y 曲线表示  $\text{H}_2$  的物质的量随时间的变化,  $0 \sim 8 \text{ min}$  内  $\text{H}_2$  的平均反应速率  $v(\text{H}_2) = \frac{(1.2 - 0.3) \text{ mol}}{10 \text{ L} \times 8 \text{ min}} = 0.01125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , C 正确; 达到平衡状态时,  $\text{H}_2$  与  $\text{NH}_3$  的反应速率之比  $v(\text{H}_2) : v(\text{NH}_3) = 3 : 2$ , 假设单位时间内消耗  $3a \text{ mol H}_2$ , 则同时会消耗  $2a \text{ mol NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  与  $\text{NH}_3$  断键的数目之比是  $(3a \text{ mol} \times 1) : (2a \text{ mol} \times 3) = 1 : 2$ , D 正确。

2. **D** 【解析】 $0 \sim 2 \text{ s}$  内, 用 A 表示反应的平均速率为  $\frac{(0.8 - 0.5) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2 \text{ s}} = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , A 错误;  $12 \text{ s}$  内消耗 B 的物质的量为  $(0.5 - 0.3) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 0.4 \text{ mol}$ , 生成 C 的物质的量为  $1.2 \text{ mol}$ , 则  $b : c = 0.4 \text{ mol} : 1.2 \text{ mol} = 1 : 3$ , B 错误;  $m$  点后 A、B 的浓度还在减小, 则  $m$  点没有达到反应限度, C 错误; 根据恒温恒容条件下压强之比等于气体物质的量之比,  $12 \text{ s}$  时容器内的压强为起始压强的  $\frac{(0.3 + 0.2) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L} + 1.2 \text{ mol}}{(0.8 + 0.5) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L}} = \frac{11}{13}$ , D 正确。

3. **B** 【解析】 $0a$  段反应非常慢, 溶液中的  $c(\text{Mn}^{2+})$  随时间变化很小, A 正确;  $ab$  段反应很快, 是因为  $\text{Mn}^{2+}$  达到一定浓度时, 对该反应起到催化作用, 使得  $c(\text{Mn}^{2+})$  迅速增大, B 错误、C 正确;  $bc$  段反应趋于完全, 反应不再进行, 溶液中的  $c(\text{Mn}^{2+})$  为定值, D 正确。

4. (1) 吸热 > (2) BD (3) AD

(4) ①d ②37.5% ③0.15 ④15.8

【解析】(1) 由题图甲, 生成物总能量高于反应物总能量, 为吸热反应, 则反应物中化学键断裂所吸收的总能量 > 生成物中化学键形成所释放的总能量。

(2) A. 容器容积和气体总质量始终不变, 则混合气体的密度始终不变, 因此混合气体密度不变不能说明反应已达最大限





度;B. 反应是气体分子数改变的化学反应,恒温恒容时,气体物质的量与压强成正比,则混合气体的压强不随时间的变化而变化时,反应达到最大限度;C.  $2v_{\text{正}}(\text{H}_2\text{S}) = v_{\text{逆}}(\text{CS}_2)$  时,正、逆反应速率不相等,反应没有达到最大限度;D. 各物质的物质的量保持不变,说明反应达到最大限度。

(3)再充入一定量的  $\text{H}_2\text{S}$  气体,反应物物质的量浓度增大,反应速率增大,A 正确;扩大容器的容积,体系中物质的物质的量浓度减小,反应速率减小,B 错误;降低反应温度,反应速率减小,C 错误;使用合适的催化剂,能降低反应活化能,反应速率加快,D 正确。

(4) $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CS}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ , 投料比  $\frac{n(\text{H}_2\text{S})}{n(\text{CH}_4)} = \frac{2}{1}$ , 则 b 为硫化氢浓度变化的曲线、c 为甲烷浓度变化的曲线,

反应速率之比等于相应物质化学计量数之比,则 a 为氢气浓度变化的曲线、d 为二硫化碳浓度变化的曲线。①由分析可知,a~d 中表示  $\text{CS}_2$  浓度变化的曲线为 d。②5 min 时,  $\text{CS}_2$

的物质的量浓度为  $0.375 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $\text{CH}_4$  的转化率为  $\frac{0.375}{1} \times$

$100\% = 37.5\%$ ; ③0~5 min 内,用  $\text{H}_2\text{S}$  表示的平均反应速率

$v(\text{H}_2\text{S}) = 2v(\text{CS}_2) = 2 \times \frac{0.375}{5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

④平衡时,氢气浓度为  $1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $\text{CS}_2$  的浓度为  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,

此时硫化氢、甲烷浓度分别为  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 2 \times 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{CH}_4$

的物质的量分数为  $\frac{0.6}{1.2+0.6+0.4+1.6} \times 100\% \approx 15.8\%$ 。