

# 限时小测试参考答案

## 小测试(一) 反应热 焓变

### 【预习自评】

1. × 2. × 3. × 4. × 5. ✓ 6. × 7. × 8. C

9. (1) 旧键断裂吸收的能量 新键形成放出的能量  
反应热

(2) 放热 <

### 【针对训练】

1. A

2. C 解析: 氯化氢和氢氧化钠发生中和反应, 温度计的水银柱上升, 说明该反应为放热反应, A 不符合题意; 从能量守恒的角度分析, 反应物总能量大于生成物总能量的反应为放热反应, B 不符合题意; 稀硫酸和锌反应生成氢气, 因此针筒活塞向右移动不只是受温度的影响, 实验现象不能充分说明反应放热, C 符合题意; 反应开始后, 甲处液面低于乙处液面, 说明装置内温度升高, 空气体积增大, 压强增大, 实验现象可说明反应为放热反应, D 不符合题意。

3. D 解析: 氧化钙与水的反应:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$  为放热反应, 体系的焓减小, 且该反应没有电子的转移, A 不符合题意; 过氧化氢的分解反应:  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$  为放热反应, 体系的焓减小, B 不符合题意; 金属钠和稀硫酸的反应:  $2\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$  为放热反应, 体系的焓减小, C 不符合题意; 碳与二氧化碳的反应:  $\text{C} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$  为吸热反应, 体系的焓增大, 该反应是氧化还原反应, 有电子的转移, D 符合题意。

4. D

5. B 解析: 从图中曲线可以看出, 温度为  $22^\circ\text{C}$  时,  $V_1$  为 5 mL, 则  $V_2$  为 45 mL, 此时已经开始发生中和反应, 所以  $22^\circ\text{C}$  一定不是做该实验时的环境温度, A 错误; 由曲线可知, 随着  $V_1$  的增大, 溶液温度先升高后降低, 温度升高说明反应放热, 表明化学能可以转化为热能, B 正确; 当  $V_1 = 30\text{ mL}$  时温度最高, 说明此时两者恰好完全反应, 则  $c(\text{NaOH}) = \frac{30\text{ mL} \times 1.00\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{20\text{ mL}} = 1.50\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , C 错误; 该实验不能证明有水生成的其他反应也是放热的, D 错误。

6. D

7. A 解析: 根据  $\Delta H = \text{反应物的总键能} - \text{生成物的总键能}$  可得,  $(a + 2 \times 436)\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (413 \times 3 + 343 + 465)\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -100\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 解得  $a = 1075$ , A 正确。

8. D

9. (1) 上下匀速搅动

(2) 1 337.6

(3) 不同意。因为不同的温度计误差不同

(4) 偏小

解析: (1) 实验时为防止损坏温度计, 玻璃搅拌器的使用方法是上下匀速搅动。

(2) 由题给信息可知, 三次实验混合溶液的温度差分别为  $3.2^\circ\text{C}$ 、 $3.1^\circ\text{C}$ 、 $3.3^\circ\text{C}$ , 温度差的平均值为  $3.2^\circ\text{C}$ , 溶液的总质量约为 100 g, 该实验测得反应放出的热量为  $Q = 4.18\text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 100\text{ g} \times 3.2^\circ\text{C} = 1337.6\text{ J}$ 。

(3) 因为不同的温度计误差不同, 所以不能使用两支温度计分别测量酸和碱的温度。

(4) 如果将 NaOH 溶液换成等量的 NaOH 固体, 由于氢氧化钠固体溶解会放出热量, 导致放热增多, 使实验测得中和反应的反应热 ( $\Delta H$ ) 偏小。

## 小测试(二) 热化学方程式 燃烧热

### 【预习自评】

1. × 2. × 3. × 4. × 5. × 6. ✓ 7. CD

8. (1)  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$

$\Delta H = -183\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2)  $\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$

$\Delta H = +131.3\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

### 【针对训练】

1. A

2. D 解析:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  与  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  反应除有  $\text{H}^+$  与  $\text{OH}^-$  反应放热外, 生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀也放热, 故  $\Delta H < 2 \times (-57.3)\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , A 错误; 甲醇未完全生成稳定的氧化物, H 元素应生成  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , B 错误; 可表示为  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$\Delta H = -242\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 水为气态, 不是  $\text{H}_2$  的燃烧热, C 错误; 燃烧热是指 1 mol 葡萄糖完全燃烧生成指定产物放出的热量, 热化学方程式中  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

(s)的化学计量数为 $\frac{1}{2}$ ,用 $\Delta H = -1\ 400\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,D正确。

3. A 4. C

5. D 解析:CH<sub>4</sub>完全燃烧产生的指定产物是CO<sub>2</sub>气体,不是CO气体,A不符合题意;S单质完全燃烧产生的指定产物是SO<sub>2</sub>,不是SO<sub>3</sub>,B不符合题意;CO气体完全燃烧产生的指定产物是气态CO<sub>2</sub>,不是液态CO<sub>2</sub>,C不符合题意;C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>(s)+6O<sub>2</sub>(g)====6CO<sub>2</sub>(g)+6H<sub>2</sub>O(l)  $\Delta H_4$ 符合燃烧热定义,热化学方程式中 $\Delta H_4$ 代表的是燃烧热,D符合题意。

6. D 解析:合成氨的反应放热,则氮气的分解反应吸热,NH<sub>3</sub>(g)==== $\frac{1}{2}$ N<sub>2</sub>(g)+ $\frac{3}{2}$ H<sub>2</sub>(g)  $\Delta H = +46.2\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,A正确;由题中信息可知,断裂1 mol N—H键、1 mol N≡N键需要吸收的能量分别为391 kJ、945.6 kJ,则N<sub>2</sub>中N≡N键比NH<sub>3</sub>中N—H键牢固,B正确;N<sub>2</sub>(g)+3H<sub>2</sub>(g)====2NH<sub>3</sub>(g)的正反应放热,则1 mol N<sub>2</sub>(g)与3 mol H<sub>2</sub>(g)具有的总能量高于2 mol NH<sub>3</sub>(g)具有的能量,C正确;N<sub>2</sub>(g)+3H<sub>2</sub>(g)====2NH<sub>3</sub>(g)为可逆反应,将0.5 mol N<sub>2</sub>和1.5 mol H<sub>2</sub>通入密闭容器中充分反应,生成NH<sub>3</sub>(g)的物质的量小于1 mol,所以放出的热量小于46.2 kJ,D错误。

7. D 解析:弱酸与弱碱在溶液中主要以分子形式存在,由于电离吸热,生成1 mol液态水时放出的热量小于57.3 kJ,A错误;该热化学方程式表示的反应不一定是强酸与强碱的反应,也可以是硫酸氢钠与氢氧化钠的反应,B错误;该热化学方程式不能表示强酸与强碱生成难溶盐的反应,如硫酸与氢氧化钡的反应,C错误;H<sup>+</sup>(aq)+OH<sup>-</sup>(aq)====H<sub>2</sub>O(l)  $\Delta H = -57.3\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 表示稀的强酸溶液与稀的强碱溶液反应生成可溶性盐和1 mol液态水时放出57.3 kJ热量,D正确。

8. C 解析:根据热化学方程式可知,H<sub>2</sub>的燃烧热为 $\frac{571.6}{2}\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 285.8\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。混合气体燃烧生成的n(H<sub>2</sub>O)= $\frac{3.6\ \text{g}}{18\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2\ \text{mol}$ ,参加反应的H<sub>2</sub>为0.2 mol,故H<sub>2</sub>燃烧放出的热量为0.2 mol×285.8 kJ·mol<sup>-1</sup>=57.16 kJ,CO燃烧放出的热量为113.74 kJ-57.16 kJ=56.58 kJ,故

$n(\text{CO}) = \frac{Q_{\text{放}}}{|\Delta H(\text{CO})|} = \frac{56.58\ \text{kJ}}{282.9\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2\ \text{mol}$ ,  
则n(H<sub>2</sub>):n(CO)=1:1。

9. (1)2 220 kJ·mol<sup>-1</sup>

(2)4 725.8 kJ

(3)3:1

10. (1)P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

(2)-(20x-y) kJ·mol<sup>-1</sup>

(3)<

解析:(1)3.1 g单质磷(P)的物质的量为

$\frac{3.1\ \text{g}}{31\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1\ \text{mol}$ ,3.2 g氧气的物质的量为

$\frac{3.2\ \text{g}}{32\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1\ \text{mol}$ ,故磷原子与氧原子的数目

之比为1:2,因为2:5<1:2<2:3,故反应产物为P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>。

(2)设P(s)+ $\frac{3}{4}$ O<sub>2</sub>(g)==== $\frac{1}{2}$ P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(s)  $\Delta H = -Q\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,单质P(s)在O<sub>2</sub>中完全燃烧生成

的指定产物为P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(s),故表示单质磷燃烧热的热

化学方程式为P(s)+ $\frac{5}{4}$ O<sub>2</sub>(g)==== $\frac{1}{2}$ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(s)

$\Delta H = -y\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,设题干反应中转化成P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的P的物质的量分别为a mol、b mol,

则 $\begin{cases} a+b=0.1 \\ \frac{3}{4}a+\frac{5}{4}b=0.1, \text{解得} \begin{cases} a=0.05 \\ b=0.05 \end{cases} \\ aQ+by=x \end{cases}$ ,故1 mol P(s)

与O<sub>2</sub>反应生成固态P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的 $\Delta H = -(20x-y)\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3)氧气的量增多,则部分P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>可以和氧气继续反应生成P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,该反应为放热反应,则放出的热量增多,所以x<z。

## 小测试(三) 反应热的计算

【预习自评】

1. × 2. × 3. × 4. × 5. A 6. C

7. (1)B (2) $\Delta H_1 + 2\Delta H_2$

【针对训练】

1. A 2. A 3. D

4. C 解析:①H<sub>2</sub>O(g)====H<sub>2</sub>(g)+ $\frac{1}{2}$ O<sub>2</sub>(g)  $\Delta H =$

+241.8 kJ·mol<sup>-1</sup>,②H<sub>2</sub>(g)+ $\frac{1}{2}$ O<sub>2</sub>(g)====H<sub>2</sub>O(l)

$\Delta H = -285.8\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,根据盖斯定律,①+②

可得H<sub>2</sub>O(g)====H<sub>2</sub>O(l)  $\Delta H = -44\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,

由该热化学方程式可知,18 g水蒸气变为液态水时放出44 kJ的热量,则1 g水蒸气变为液态水时,放

出的热量是 $\frac{44\ \text{kJ}}{18\ \text{g}} \times 1\ \text{g} \approx 2.44\ \text{kJ}$ ,即当1 g水蒸气变

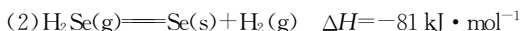
为液态水时,其焓变  $\Delta H = -2.44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , C 正确。

5. C 解析:设混合气体中含有  $x \text{ mol H}_2$ ,则  $\text{CH}_4$  的物质的量为  $(5-x) \text{ mol}$ ,则  $\frac{571.6}{2}x + 890 \times (5-x) = 3845.8$ ,解得  $x=1$ ,C 正确。

6. D 7. D 8. D

9. (1)  $\frac{1}{3}$  (2) 1560 (3)  $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -1455 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

10. (1) 非金属元素氢化物越稳定,  $\Delta H$  越小



## 小测试(四) 化学反应速率

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\times$  3.  $\times$  4.  $\checkmark$  5.  $\checkmark$  6. C

7. (1)  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

(2) 在同一化学反应里,用不同的物质表示的反应速率的数值之比等于相应物质的化学计量数之比

### 【针对训练】

1. B 解析:化学反应速率表示化学反应进行的快慢程度,不表示反应进行的程度,A 错误;化学反应速率可以用单位时间内反应物浓度的减少来表示,也可以用单位时间内生成物浓度的增加来表示,B 正确;反应速率不能用纯液体或固体的浓度变化来表示,C 错误;化学反应速率都是正值而无负值,D 错误。

2. D

3. B 解析:由表中数据可知,0~6 s 内,C 的平均反应速率为  $\frac{(0.42-0) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{6 \text{ s}} = 0.070 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,同一化学反应中,同一段时间内,各物质的化学反应速率之比等于其化学计量数之比,则 A 的平均反应速率为  $0.070 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 2 = 0.14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,B 的平均反应速率为  $0.070 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,B 正确。

4. BD 解析:物质 A 是固体,浓度不变,不能用 A 的浓度变化表示该反应的反应速率,A 错误; $v_{\text{正}}(\text{B})$  表示物质 B 的正反应速率, $v_{\text{逆}}(\text{C})$  表示物质 C 的逆反应速率,2 min 内,物质 B 的浓度减小,反应正向进行,随着反应进行,反应物浓度降低, $v_{\text{正}}(\text{B})$  逐渐减小,生成物浓度增大, $v_{\text{逆}}(\text{C})$  逐渐增大,B 正确;

2 min 末的反应速率为瞬时速率,无法由题意得出,2 min 内用 B 表示的平均速率是  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,C 错误;反应速率之比等于化学方程式中相应物质的化学计量数之比,则  $v(\text{B}) : v(\text{C}) : v(\text{D}) = 3 : 2 : 1$ ,D 正确。

5. C 解析:由  $3v(\text{B}) = 2v(\text{A})$ 、 $2v(\text{C}) = 3v(\text{B})$  可推出:

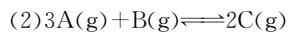
$$\frac{v(\text{A})}{v(\text{B})} = \frac{3}{2}, \frac{v(\text{B})}{v(\text{C})} = \frac{2}{3}, \text{即 } v(\text{A}) : v(\text{B}) : v(\text{C}) = 3 : 2 : 3, \text{速率之比等于化学计量数之比。}$$

6. D 解析:由题图可知,Y、X 的物质的量减小,Z 的物质的量增加,则 Y、X 为反应物,Z 为生成物,且 2 min 内, $\Delta n(\text{Y}) : \Delta n(\text{X}) : \Delta n(\text{Z}) = 1 : 3 : 2$ ,由同一反应中,同一段时间内,各物质物质的量的变化量之比等于其化学计量数之比可知,该反应为  $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$ ;反应开始至 2 min 末,Z 的平均反应速率

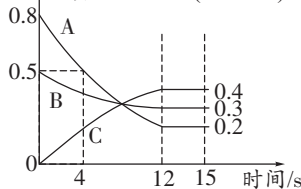
$$\frac{0.2 \text{ mol}}{\frac{2 \text{ L}}{2 \text{ min}}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{D 正确。}$$

7. A 8. B

9. (1)  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$



(3) 物质的量浓度/( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )



10. (1) 分液漏斗

(2) 收集到气体的体积

(3) 其他条件相同时,锌粉与硫酸反应的速率比锌粒与硫酸反应的速率快

(4) 调节水准管的高度使得两管液面相平

解析:(1) 根据装置的特点可知,图甲中盛放硫酸溶液的仪器名称是分液漏斗。

(2) 该实验通过测定单位时间内产生氢气的体积来测定反应速率,则还需要测定的另一个数据是收集到气体的体积。

(4) 由于气体的体积受压强的影响较大,所以在读数之前还需要采取的措施是调节水准管的高度,使得两管液面相平。

## 小测试(五) 影响化学反应速率的因素

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\times$  6.  $\times$  7. A 8. D

9. (1)  $\text{O}_2$ 、 $\text{SO}_2$  (2)  $0.88 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

(3)  $5.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

### 【针对训练】

1. D

2. B 解析:  $\text{CaSO}_4$  为固体, 增加固体的量, 浓度不变, 不影响反应速率, A 错误; 缩小容器的容积, 反应物浓度增大, 反应速率增大, B 正确; 降低温度, 反应速率减小, C 错误; 分离出  $\text{CO}_2$ , 生成物浓度减小, 平衡右移, 导致反应物浓度减小, 反应速率减小, D 错误。

3. C 4. D

5. B 解析: 加入等体积等浓度的  $\text{KNO}_3$  溶液, 由于  $\text{NO}_3^-$  在酸性条件下具有强氧化性, 与锌反应生成  $\text{NO}$  气体和水, 消耗  $\text{H}^+$ , 导致生成  $\text{H}_2$  的总量减少, A 错误; 加入适量  $\text{NaCl}$  溶液,  $\text{NaCl}$  不参与反应, 溶液总体积增大,  $\text{H}^+$  浓度减小, 反应速率减慢, 但  $\text{H}^+$  的物质的量不变, 生成氢气的总量不变, B 正确; 加入适量的  $\text{NaOH}$  固体,  $\text{NaOH}$  与盐酸反应, 溶液中  $\text{H}^+$  的物质的量减少, 生成氢气的总量减少, C 错误; 加入几滴  $\text{CuCl}_2$  溶液, 锌置换出铜, 形成铜锌原电池, 反应速率加快, D 错误。

6. C 解析: 本实验的目的是运用控制变量法, 探究浓度、催化剂对反应速率的影响, 表中已有数据中, ①和③两组实验有两个反应条件不同, 二者无法达到实验目的; 实验②和③中, 应是探究催化剂对反应速率的影响, 所以实验②中过氧化氢浓度和体积必须与③相同, 即反应物为  $10 \text{ mL } 5\% \text{ H}_2\text{O}_2$  溶液; 实验①和②中都没有使用催化剂, 可以探究过氧化氢浓度对反应速率的影响, 实验②的反应物为  $10 \text{ mL } 5\% \text{ H}_2\text{O}_2$  溶液时符合条件, C 正确。

7. C 解析: 镁与盐酸反应产生  $\text{H}_2$ , 实质是镁与  $\text{H}^+$  反应, 与  $\text{Cl}^-$  无关; 在镁条的表面有一层氧化膜, 将镁条投入盐酸中, 随着氧化膜的不断溶解, 镁与盐酸接触的面积不断增大, 产生  $\text{H}_2$  的速率会加快; 该反应放出热量, 温度升高, 反应速率加快。

8. A 解析: 图中的曲线表明, 在  $0 \sim 2 \text{ min}$  内产生了  $0.1 \text{ mol CO}_2$ , 以  $\text{CO}_2$  的物质的量的变化表示的反应速率  $v_1 = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $2 \sim 4 \text{ min}$  内产生了  $0.2 \text{ mol CO}_2$ ,  $v_2 = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $4 \sim 6 \text{ min}$  内产生了  $0.05 \text{ mol CO}_2$ ,  $v_3 = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ , 产生  $\text{CO}_2$  的速率先快后慢, 故  $2 \sim 4 \text{ min}$  的平均反应速率最大,  $4 \sim 6 \text{ min}$  的平均反应速率最小, A 错误, B、D 正确; 反应速率先增大是由于反应放热, 使溶液温度升高, 导致反应速率增大,  $4 \text{ min}$  后反应速率减小则是由浓度减小引起的, C 正确。

9. (1) ①  $2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$  ②  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

③  $40\%$

(2) ① 30 10 ② 当加入的  $\text{CuSO}_4$  溶液超过一定量后, 生成的单质  $\text{Cu}$  沉积在  $\text{Zn}$  粒表面, 减小了  $\text{Zn}$  与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的接触面积

10. (1) 不变 (2) 增大 (3) 不变 (4) 减小

解析: (1) 因铁是固体, 增加铁的量不能改变其浓度, 故不能改变反应速率。

(2) 容器的容积缩小一半, 气体的浓度增大, 化学反应速率增大。

(3) 保持容器的容积不变, 充入  $\text{N}_2$  使体系压强增大, 但水蒸气和氢气的浓度不变, 所以反应速率不变。

(4) 保持压强不变, 充入  $\text{N}_2$  使容器的容积增大, 水蒸气和氢气的浓度都减小, 反应速率减小。

## 小测试(六) 活化能

### 【预习自评】

1.  $\checkmark$  2.  $\times$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\times$  6.  $\times$  7.  $\times$  8. A

9.  $\text{O}(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \longrightarrow 2\text{O}_2(\text{g})$  C

### 【针对训练】

1. C 2. A 3. A 4. C

5. C 解析: 由于容器容积一定, 向容器中通入氩气, 反应物的浓度不变, 所以反应速率不变, A 正确; W 为固体, 增大 W 的用量, 浓度不变, 反应速率不变, B 正确; 升高温度, 正、逆反应速率都增大, C 错误; 加入催化剂, 降低反应的活化能, 可增大单位体积内活化分子数, 有效碰撞次数增加, D 正确。

6. BD 解析: 从图中分析可知, 该反应反应物总能量高于生成物总能量, 是放热反应,  $\Delta H < 0$ , 即反应物总键能 - 生成物总键能  $< 0$ , 故反应物的总键能比生成物总键能低, A 正确; 根据 A 项分析, 由图可知, 该反应的热化学方程式为  $\text{M}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}(\text{g})$   $\Delta H < 0$ , B 错误; 该反应正反应活化能为反应进程中所需最高能量与反应物能量的差值, 即  $E_3 - E_2$ , C 正确; 升高温度不会增大该反应的活化能, D 错误。

7. AD 解析: 利用编号 1 和 2 的实验数据,  $\frac{1}{2^m} = \frac{3.19}{6.38}$ , 可以求出  $m=1$ , 利用编号 3 和 4 的实验数据,  $\frac{1}{2^n} = \frac{0.48}{1.92}$ , 可以求出  $n=2$ , A 正确; 化学反应速率之比等于化学计量数之比,  $2v(\text{N}_2) = v(\text{NO})$ , 则  $\text{NO}$  的平均反应速率约为  $1.28 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , B 错误; 增大反应物浓度, 活化分子数目增多, 但是

活化分子百分数不变,有效碰撞概率增大,C错误;  
 $n=2$ ,指数较大,对速率影响较大,或者经过数据对比,也可以得知,NO浓度的变化对反应速率影响更为显著,D正确。

8. B 解析:由题图可知,反应历程中产生了  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,后续变化并未消耗  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,A正确;CO甲烷化反应的决速步骤的活化能为  $258.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,副反应的活化能为  $187.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,B错误;CO甲烷化反应历程中,第一步反应活化能最大,故反应速率主要由第一步反应决定,C正确;由题图可知  $\text{CH}_3 + (\text{H}) \rightarrow \text{CH}_4$  的  $\Delta H = -75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-77.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +2.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,D正确。

9. (1)  $409.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  (2) 该反应的活化能很高  
 (3) 使用了催化剂

## 素养提升卷(一)

### 一、选择题

1. A 解析:  $\text{CaCO}_3$  是固体,  $\text{H}_2\text{O}$  为纯液体,它们的浓度为定值,不能用固体或纯液体来表示化学反应速率;  $\text{CaCl}_2$  为生成物,应用其浓度的增加表示反应速率,故 B、C、D 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,A正确。
2. C
3. A 解析:反应中生成  $n(\text{Z}) = 5 \text{ min} \times 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ ,由物质的量变化量之比等于化学计量数之比,可知  $n : 2 = 0.1 \text{ mol} : 0.2 \text{ mol}$ ,即  $n=1$ 。
4. B
5. C 解析:①将铁块换为等质量的铁粉,增加反应物间的接触面积,加快化学反应速率,正确;②加入少量  $\text{KNO}_3$  固体,因硝酸根离子在酸性条件下具有强氧化性,与铁反应不生成氢气,错误;③加入少量水,反应物浓度减小,则反应速率减小,错误;④升高温度,反应速率增大,正确;⑤将稀硫酸换成 98% 的硫酸溶液,铁在浓硫酸中发生钝化,无  $\text{H}_2$  生成,错误;综上所述,①④符合题意,C正确。
6. C 解析:由题图分析可知,前 12 s 内 A 的浓度变化  $\Delta c(\text{A}) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $v(\text{A}) = \frac{\Delta c(\text{A})}{\Delta t} = \frac{0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{12 \text{ s}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,A 错误;前 12 s 内 B 的浓度变化  $\Delta c(\text{B}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} =$

$$0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, v(\text{B}) = \frac{\Delta c(\text{B})}{\Delta t} = \frac{0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{12 \text{ s}} = \frac{1}{60} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{依据题意,前 } 12 \text{ s 内 } v(\text{C}) =$$

$\frac{\Delta c(\text{C})}{\Delta t} = \frac{\frac{\Delta n(\text{C})}{V}}{\Delta t} = \frac{0.8 \text{ mol}}{12 \text{ s}} = \frac{1}{30} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,同一反应中,不同物质的反应速率之比等于化学计量数之比,则  $3 : b : c = 0.05 : \frac{1}{60} : \frac{1}{30}$ ,  $b=1, c=2, b : c = 1 : 2$ ,C 正确;由上述分析可知,该反应的化学方程式为  $3\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ ,其中 A、B 的化学计量数不同,12 s 时处于平衡状态,A 的消耗速率不等于 B 的生成速率,B 错误;3 mol A 与 1 mol B 完全反应放热  $Q \text{ kJ}$ ,12 s 内 A 反应的物质的量为  $(0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}) \times 2 \text{ L} = 1.2 \text{ mol}$ ,则 1.2 mol A 反应放出的热量为  $0.4 Q \text{ kJ}$ ,D 错误。

7. B

### 二、选择题

8. A

9. BC 解析:由题表中的数据可知,反应速率先快后慢,A 错误;在  $0 \sim 6 \text{ min}$  内,  $v(\text{KMnO}_4) = -\frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{(1.0 - 0.4) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{6 \text{ min}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,利用速率之比等于化学计量数之比的关系,得到  $v(\text{Cl}^-) = \frac{3}{2} v(\text{KMnO}_4) = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,B 正确;6 min 后,若反应保持 4~6 min 内的平均速率,反应到 8 min 时,  $c(\text{KMnO}_4) = 0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,但是随着反应的进行,反应物浓度减小,反应速率也减小,所以当反应耗时 8 min 时,  $c(\text{KMnO}_4) > 0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,C 正确;  $\text{K}^+$  未参与反应,反应过程中  $c(\text{K}^+)$  保持不变(忽略溶液体积变化),D 错误。

10. B 解析:根据盖斯定律,①+②得反应  $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOBr}(\text{g}) \quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$ ,A 正确;慢反应决定反应速率,则该反应的反应速率取决于反应②,B 错误;  $\text{NOBr}_2$  是该反应的中间产物,不是催化剂,C 正确;单位体积内活化分子数越多,反应速率越快,恒容时,增大反应物的浓度能增加单位体积内活化分子数,单位时间内有效碰撞次数增加,反应速率加快,D 正确。

### 三、非选择题

11. (1) 65%  
 (2) b  $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$   
 (3) BCD

解析:(1) 观察图表可知,反应进行到第 4 s 时,NO

转化的物质的量为  $0.020 \text{ mol} - 0.007 \text{ mol} = 0.013 \text{ mol}$ , 起始物质的量为  $0.020 \text{ mol}$ , 转化率 =  $\frac{0.013 \text{ mol}}{0.020 \text{ mol}} \times 100\% = 65\%$ 。

(2)  $\text{NO}_2$  是生成物, 随反应进行浓度增大, 平衡时  $\text{NO}$  浓度的变化量  $\Delta c(\text{NO}) = \frac{0.007 \text{ mol} - 0.020 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = -$

$0.0065 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由于  $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  的化学计量数之比为  $1:1$ , 故达到平衡时  $\text{NO}_2$  浓度的变化量为  $0.0065 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 所以图中表示  $\text{NO}_2$  变化的曲线是 b。  $0 \sim 2 \text{ s}$  内用  $\text{NO}$  表示的平均反应速率

$$v(\text{NO}) = \frac{\frac{\Delta n(\text{NO})}{V}}{\Delta t} = - \frac{\frac{0.008 \text{ mol} - 0.020 \text{ mol}}{2 \text{ L}}}{2 \text{ s}} = 3.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{速率之比等于化学计量数之比, 所以 } v(\text{O}_2) = \frac{1}{2} v(\text{NO}) = \frac{1}{2} \times 3.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}。$$

(3) 及时分离出  $\text{NO}_2$  气体, 随反应进行,  $\text{NO}$ 、 $\text{O}_2$  浓度减小, 正反应速率降低, A 错误; 适当升高温度, 反应速率加快, B 正确; 增大  $\text{O}_2$  的浓度, 正反应速率加快, C 正确; 选择高效催化剂, 化学反应速率加快, D 正确。

12. (1) 放热  $E_1 - E_2$

(2)  $167.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(3) 降低 无影响 催化剂只能降低反应的活化能, 不能改变反应物的总能量和生成物的总能量之差, 即反应热不改变

解析: (2) 由图示可知,  $\Delta H = \text{正反应活化能} - \text{逆反应活化能}$ , 故正反应活化能 = 逆反应活化能 +  $\Delta H = 409.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 167.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

13. (1) 浓度 (2)  $>$  (3)  $>$  (4)  $>$

(2)  $0.0596$

(3) 生成相同体积的  $\text{CO}_2$  所需时间或相同时间内  $\text{KMnO}_4$  溶液颜色变化的程度

(4) 该反应放热

解析: (1) ①和②实验中,  $\text{KMnO}_4$  溶液的浓度和体积均相同, 但  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液的浓度不同, 所以该实验探究的是浓度对化学反应速率的影响; 由于②中草酸的浓度大于①中草酸的浓度, 所以相同时间内针筒中所得的  $\text{CO}_2$  体积: ②  $>$  ①。

(2) 若实验①在  $2 \text{ min}$  末收集了标准状况下  $2.24 \text{ mL CO}_2$  (即  $1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ ), 根据化学方程式, 消耗的  $\text{MnO}_4^-$  为  $2 \times 10^{-5} \text{ mol}$ , 原有  $\text{MnO}_4^-$  的物

质的量为  $0.003 \text{ mol}$ , 则在  $2 \text{ min}$  末, 剩余的  $\text{MnO}_4^-$  的物质的量为  $2.98 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ,  $c(\text{MnO}_4^-) = \frac{2.98 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.05 \text{ L}} = 0.0596 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3) 除通过测定一定时间内  $\text{CO}_2$  的体积来比较反应速率外, 本实验还可通过测定生成相同体积的  $\text{CO}_2$  所需时间或相同时间内  $\text{KMnO}_4$  溶液颜色变化的程度来比较化学反应速率。

(4) 反应开始时反应速率增大, 可能的原因除了产物  $\text{MnSO}_4$  是该反应的催化剂外, 还可能由于反应放热, 温度升高, 使反应速率增大。

## 小测试(七) 化学平衡状态

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\times$  3.  $\checkmark$  4.  $\checkmark$  5.  $\times$  6.  $\times$  7. C

8. (1) ①③④ (2) ⑤ (3) ②④

### 【针对训练】

1. C

2. B 解析: 该反应化学方程式中, 反应物 X、Y 的化学计量数之比为  $1:3$ , 故反应中 X 和 Y 必然以物质的量之比为  $1:3$  消耗, 因为达平衡时 X 和 Y 的浓度之比为  $1:3$ , 故  $c_1:c_2=1:3$ , A 正确; 平衡时, Y 和 Z 的生成速率之比和化学方程式中二者的化学计量数之比相等, 故 Y 和 Z 的生成速率之比为  $3:2$ , B 错误; 平衡时, 消耗的 X 和 Z 的物质的量之比和化学方程式中二者的化学计量数之比相等, 故平衡时消耗的 X 和 Z 的物质的量之比为  $1:2$ , C 正确; 运用极限法, 假设起始时 Z 的浓度为  $0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c_1$  的最大值为  $0.14$ , 而  $c_1 > 0$ , 反应又是可逆的, D 正确。

3. A 4. B

5. A 解析: 将  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KI}$  溶液和  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液等体积混合后,  $\text{I}^-$  过量, 若不是可逆反应,  $\text{Fe}^{3+}$  全部转化为  $\text{Fe}^{2+}$ , 则溶液中无  $\text{Fe}^{3+}$ , 故只需要证明溶液中含  $\text{Fe}^{3+}$ , 即能证明此反应为可逆反应, 能建立化学平衡。向溶液中滴入  $\text{KSCN}$  后溶液变红, 则说明溶液中有  $\text{Fe}^{3+}$ , 故①正确; 向溶液中滴入  $\text{AgNO}_3$  溶液有黄色沉淀生成, 溶液中  $\text{I}^-$  过量, 无论是否存在化学平衡, 都会有黄色沉淀生成, 故②错误; 无论反应是否存在平衡, 溶液中均存在  $\text{Fe}^{2+}$ , 滴入  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液均有蓝色沉淀生成, 故③错误; 无论反应是否存在平衡, 溶液中均有  $\text{I}_2$ , 滴入淀粉溶液后溶液均变蓝色, 故④错误。

6. C 解析:  $3v_{\text{正}}(\text{N}_2) = v_{\text{正}}(\text{H}_2)$ ,  $v_{\text{正}}(\text{HCl}) = 4v_{\text{正}}(\text{SiCl}_4)$ , 两个等式两边都表示正反应速率, 反应过程中始终成立, 不能说明达到化学平衡状态, A、B 错误; 该反应有固体生成, 属于反应前后气体的质量发生变化的反应, 恒容密闭容器中, 混合气体的密度保持不变, 说明混合气体的总质量不变, 反应达到平衡状态, C 正确; 某时刻各物质浓度关系与其起始浓度和转化率有关, 与反应是否达到平衡状态无关, 不能说明反应达到平衡状态, D 错误。

7. D

8. A 解析: 根据反应  $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ , 各物质体积变化量为 0.05 VL、0.15 VL、0.1 VL, 则生成 C 的体积等于反应后混合气体减少的总体积, 即 0.1 VL, 消耗气体 A 的体积等于混合气体减少的总体积的 0.5 倍, 消耗气体 B 的体积等于混合气体减少的总体积的 1.5 倍, 由于平衡时气体总体积减小 0.1 VL, 故原混合气体的体积应为 VL + 0.1 VL = 1.1 VL。

9. (1) C (2) C (3) ②④⑤

解析: 反应  $\text{CH}_3\text{C}^{18}\text{O}^{18}\text{OH} + \text{H}^{16}\text{OC}_2\text{H}_5 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{浓硫酸}} \text{CH}_3\text{C}^{18}\text{O}^{16}\text{OC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2^{18}\text{O}$  为可逆反应, 含有  $^{18}\text{O}$  的物质有乙酸、乙酸乙酯和水 3 种。生成的水的相对分子质量为 20。达到平衡状态时,  $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ , 各物质的浓度不再变化, ②④⑤的描述能说明反应已达平衡。

10. (1) 16 (2) 8 mol (3) 5 : 4 (4) 1 : 2

解析: (1) 反应进行到  $t$  时,  $n_t(\text{N}_2) = 13 \text{ mol}$ ,  $n_t(\text{NH}_3) = 6 \text{ mol}$ , 由化学方程式可知, 参加反应的  $\text{N}_2$  的物质的量为 3 mol, 故  $\text{N}_2$  的起始物质的量为 13 mol + 3 mol = 16 mol, 即  $a = 16$ 。

(2) 达到平衡状态时, 混合气体的总物质的量  $n(\text{总}) = \frac{716.8 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 32 \text{ mol}$ , 其中  $\text{NH}_3$  的物质的量为  $32 \text{ mol} \times 25\% = 8 \text{ mol}$ 。

(3) 利用差量法计算

| $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3(\text{g})$ |   | 减少的物质的量/mol |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------|---|
| 转化量/mol                                                                                                             | 1 | 3           | 2 |
|                                                                                                                     | 4 | 12          | 8 |

由以上分析可知, 每生成 8 mol  $\text{NH}_3$ , 达到平衡时减少的物质的量为 8 mol。由 (2) 知, 平衡时生成 8 mol  $\text{NH}_3$ , 混合气体的总物质的量为 32 mol, 故原混合气体的总物质的量为 32 mol + 8 mol = 40 mol, 原混合气体与平衡时混合气体的总物质的量之比为 40 mol : 32 mol = 5 : 4。

(4) 由上述分析可知原混合气体中  $\text{H}_2$  的物质的量为 40 mol - 16 mol = 24 mol, 参加反应的  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  的物质的量为 4 mol、12 mol, 所以达到平衡时,  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$  的转化率之比  $\alpha(\text{N}_2) : \alpha(\text{H}_2) = \frac{4 \text{ mol}}{16 \text{ mol}} : \frac{12 \text{ mol}}{24 \text{ mol}} = 1 : 2$ 。

## 小测试(八) 化学平衡常数及其应用

### 【预习自评】

1. × 2. √ 3. × 4. √ 5. × 6. √ 7. C

$$8. K = \frac{c(\text{N}_2\text{O}_4)}{c^2(\text{NO}_2)}$$

$$K = \frac{c^4(\text{H}_2)}{c^4(\text{H}_2\text{O})}$$

$$K = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{Br}^-) \cdot c(\text{HBrO})}{c(\text{Br}_2)}$$

### 【针对训练】

1. D

2. D 解析: 根据平衡常数的定义可知,

$$K_1 = \frac{c^2(\text{HI})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{I}_2)}, K_2 = \frac{c^{\frac{1}{2}}(\text{H}_2) \cdot c^{\frac{1}{2}}(\text{I}_2)}{c(\text{HI})}, \text{比较}$$

$$K_1、K_2, \text{可得 } K_1 = \frac{1}{K_2^2}, \text{D 正确。}$$

3. A

4. C 解析: 由平衡时  $\text{NH}_3(\text{g})$  的浓度为  $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  得, 生成  $\text{NH}_3$  的物质的量为 2 mol, 故消耗的  $\text{N}_2(\text{g})$  与  $\text{H}_2(\text{g})$  的物质的量分别为 1 mol、3 mol, 平衡时  $c(\text{N}_2) = \frac{2 \text{ mol} - 1 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}_2) = \frac{5 \text{ mol} - 3 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 故反应  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$

$$\rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \text{ 的平衡常数为 } \frac{c^2(\text{NH}_3)}{c(\text{N}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)} =$$

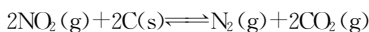
$$\frac{1^2}{0.5 \times 1^3} = 2, \text{则相同反应条件下, } 2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons$$

$$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \text{ 的平衡常数 } K = 0.5, \text{C 正确。}$$

5. D

6. C 解析: 设达到平衡时 CO 转化的浓度为  $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则平衡时  $c(\text{CO}) = c(\text{H}_2\text{O}) = (0.020 - x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{CO}_2) = c(\text{H}_2) = x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $K = \frac{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})} = \frac{x^2}{(0.020 - x)^2} = 9$ , 解得  $x = 0.015$ , 则 CO 的转化率为  $\frac{0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 75\%$ 。

7. B 解析: 设平衡时, 生成的  $\text{N}_2(\text{g})$  的物质的量为  $x \text{ mol}$ , 列三段式:



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

由图可知, C 点时,  $\text{NO}_2$  与  $\text{CO}_2$  物质的量浓度相等, 则  $1-2x=2x$ , 得  $x=0.25$ , 此时总物质的量为  $1.25 \text{ mol}$ , 平衡总压强为  $10 \text{ MPa}$ , 各组分分压分别为  $p(\text{NO}_2)=10 \text{ MPa} \times \frac{0.5 \text{ mol}}{1.25 \text{ mol}}=4 \text{ MPa}$ ,  $p(\text{N}_2)=10 \text{ MPa} \times \frac{0.25 \text{ mol}}{1.25 \text{ mol}}=2 \text{ MPa}$ ,  $p(\text{CO}_2)=10 \text{ MPa} \times \frac{0.5 \text{ mol}}{1.25 \text{ mol}}=4 \text{ MPa}$ , 压强平衡常数  $K_p = \frac{p(\text{N}_2) \cdot p^2(\text{CO}_2)}{p^2(\text{NO}_2)} = \frac{2 \text{ MPa} \times (4 \text{ MPa})^2}{(4 \text{ MPa})^2} = 2 \text{ MPa}$ , B 正确。

8. C 解析: X、Y、Z 的浓度变化量分别为  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 且 X、Y 的浓度减小, Z 的浓度增大, 所以该反应的化学方程式为  $\text{X}(\text{g}) + 3\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$ 。X 的转化率为  $\frac{0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 50\%$ ; 平衡常数  $K = \frac{0.1^2}{0.05 \times 0.05^3} = 1600$ ; 平衡常数受温度的影响; 反应前后压强之比为  $3:2$ 。

9. I. (1)  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (2) 3 (3) BC  
II. (4) >  
III. (5) 12.5 (6) 否 正反应

## 小测试(九) 浓度、压强对化学平衡的影响

### 【预习自评】

1. ✓ 2. ✗ 3. ✓ 4. ✓ 5. ✗ 6. ✗ 7. B 8. C

9. (1) 平衡 = (2) 正反应方向 >  
(3) 逆反应方向 <

### 【针对训练】

1. C

2. B 解析: 加入某物质后溶液呈黄色, 说明题述电离平衡向右移动, 可能是降低了氢离子的浓度, 符合要求的是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 过氧化钠具有漂白性, 加入后会先使溶液变黄后褪色。

3. B 解析: 对于反应  $\text{FeCl}_3(\text{aq}) + 3\text{KSCN}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{aq}) + 3\text{KCl}(\text{aq})$ , 其离子方程式为  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{SCN}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{aq})$ ; ①再加入  $2 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ FeCl}_3$  溶液, 增大了  $\text{Fe}^{3+}$  的浓度, 平衡正向移动; ②加入  $\text{KCl}$  固体, 对  $\text{Fe}^{3+}$  和

$\text{SCN}^{-}$  的浓度都不产生影响, 平衡不发生移动; ③加入适量的铁粉, 与  $\text{Fe}^{3+}$  发生氧化还原反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ , 减小了  $\text{Fe}^{3+}$  浓度, 平衡逆向移动; 由以上分析可知, 只有③符合题意, 故选 B。

4. B 解析: 保持容器容积不变, 充入 He, 由于参与反应的气体的浓度不变, 则平衡不会移动, A 错误; 将容器容积增大为原来的 2 倍, 压强减小, 平衡向正反应方向移动, 达到平衡时温度不变, 则  $K=c(\text{CO}_2)$  不变, 即  $c(\text{CO}_2)$  不变, 容器内气体的密度不变, B 正确;  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  为固体, 增加其物质的量, 平衡不移动,  $\text{CO}_2$  的浓度不变, C 错误; 将容器容积缩小为原来的一半, 压强增大, 平衡向逆反应方向移动, 但由于  $K$  不变, 则平衡时二氧化碳的浓度不变, D 错误。

5. D 6. D

7. C 解析: 将容器的容积扩大到原来的两倍, 若平衡不移动, A 的浓度为  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 而再次达到平衡时, 测得 A 的浓度降低为  $0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 可知减小压强平衡逆向移动。由勒夏特列原理可知减小压强平衡向着气体分子总数增大的方向移动, 则  $x+y>z$ , A 错误; 平衡逆向移动, B 错误; 平衡逆向移动, B 的转化率降低, C 的体积分数减小, C 正确, D 错误。

8. BC

9. (1) D 向正反应方向  
(2) C 向正反应方向  
(3) A 不

10. (1)  $1.7 \times 10^2$  (2) 逆

(3)  $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < c(\text{Fe}^{3+}) < 0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $0 < c[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}] < 0.34 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

解析: (1) 该反应的平衡常数  $K = \frac{c[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{SCN}^{-})} = \frac{0.68}{0.10 \times 0.04} = 1.7 \times 10^2$ 。

(2) 加水稀释至原溶液体积的 2 倍, 各离子的浓度均为原浓度的  $\frac{1}{2}$ 。浓度商  $Q = \frac{0.34}{0.05 \times 0.02} = 3.4 \times 10^2 > K$ , 平衡逆向移动。

## 小测试(十) 温度、催化剂对化学平衡的影响

### 【预习自评】

1. ✓ 2. ✗ 3. ✗ 4. ✗ 5. ✓ 6. ✓ 7. C

8. 加深 变浅 加深 增大 逆反应 变浅 减小 正反应

### 【针对训练】

1. D 2. C

3. A 解析:增加B的量,若B为有色气体,可以导致体系颜色加深;若C为有色气体,B为无色气体,也因增大了B的浓度引起平衡正向移动,导致有色气体C浓度增大,使体系颜色加深;若B为固体或纯液体,则不能实现,所以B一定为气体。由以上分析,A正确;增大压强,平衡不移动,说明该反应反应前后气体分子数不变,因B状态不明确,则 $m+n$ 不一定等于 $p+q$ ,B错误;升高温度,A的转化率减小,平衡逆向移动,说明正反应为放热反应,C错误;若B是气体,增大A的量,A的转化率减小,B的转化率增大,D错误。

4. B 5. D

6. A 解析:改变 $\text{Na}^+$ 浓度,则反应②平衡发生移动,导致 $\text{Ur}^-$ 离子浓度改变,则对反应①的平衡有影响,A错误;痛风性关节炎是因为在关节滑液中尿酸钠结晶,寒冷季节易诱发关节疼痛,说明温度降低有利于生成 $\text{NaUr}$ 晶体,则生成 $\text{NaUr}$ 晶体的反应②是放热反应,即 $\Delta H_2 < 0$ ,B正确;由② $\text{Ur}^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaUr}(\text{s}) \quad \Delta H_2 < 0$ 可知,多喝水、少吃食盐,均可使反应②逆向进行,可以减少 $\text{NaUr}$ 晶体的生成,C正确;由于反应② $\text{Ur}^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaUr}(\text{s}) \quad \Delta H_2 < 0$ 是放热反应,关节保暖即升温,平衡逆向移动,可减少 $\text{NaUr}$ 晶体的生成,缓解疼痛,D正确。

7. D

8. B 解析: $t_4$ 时正、逆反应速率均增大,且 $t_4 \sim t_5$ 平衡逆向移动,该反应为放热反应,引起变化的原因可能是升高温度,A正确;二氧化碳为生成物,二氧化碳含量最高的时间段是 $t_3 \sim t_4$ ,B错误; $t_2$ 时正、逆反应速率均增大,且 $t_2 \sim t_3$ 平衡正向移动, $t_2$ 时刻 $v(\text{正})$ 突变, $v(\text{逆})$ 不变,引起变化的原因可能是增加反应物浓度,C正确; $t_6$ 时刻反应速率增大,平衡不移动,引起变化的原因可能是加入催化剂,D正确。

9. (1)(2a-b)

(2)< 加催化剂 乙 2 >

解析:(1)根据盖斯定律,③=2×①-②,故 $\Delta H_3 = 2\Delta H_1 - \Delta H_2 = (2a-b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)由于反应开始,压强增大,而结束时压强降低,可知开始时由于升温而导致压强增大,故该反应为放热反应, $\Delta H_3 < 0$ 。若改为虚线,结束时状态一致,只是速率增大,平衡不移动,故改变的条件是加催化剂。由于反应放热,升温不利于正反应发生,故升温 $K$ 减小, $\lg K$ 减小,曲线乙正确。根据压强

由 $6p_1$ 变为 $5p_1$ 可得平衡时 $c(\text{NO}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , $c(\text{Cl}_2) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , $c(\text{NOCl}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , $K = 100$ , $a = \lg K = 2$ ;若 $c(\text{NO}) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , $c(\text{Cl}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , $c(\text{NOCl}) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , $Q = \frac{0.3^2}{0.8^2 \times 0.1} < 100$ ,反应正向进行,

$v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ 。

## 素养提升卷(二)

### 一、选择题

1. B 2. C 3. C

4. C 解析:Z为固体,则平衡后移走部分Z,平衡不移动,A错误;若X为非气态,反应中只有Y为气体,升高温度,气体密度增大,说明平衡向正反应方向移动,正反应为吸热反应,B错误;若正反应为放热反应,升高温度,平衡向逆反应方向移动,固定容积的容器中气体的密度增大,则X一定为气态,C正确;若X为气态,再向容器中充入 $a \text{ mol X}$ ,相当于增大压强,平衡向正反应方向移动,X的体积分数减小,D错误。

5. C

6. B 解析:起始时A的物质的量为 $n$ ,A的平衡转化率为 $\alpha$ ,则



|     |               |           |           |
|-----|---------------|-----------|-----------|
| 起始量 | $n$           | 0         | 0         |
| 变化量 | $n\alpha$     | $n\alpha$ | $n\alpha$ |
| 平衡量 | $n - n\alpha$ | $n\alpha$ | $n\alpha$ |

体系的总压强恒定,则平衡时容器的容积是 $(1+\alpha)V$ ,

所以该温度下的平衡常数 $K = \frac{\frac{n\alpha}{(1+\alpha)V} \cdot \frac{n\alpha}{(1+\alpha)V}}{\frac{n - n\alpha}{(1+\alpha)V}} =$

$$\frac{n\alpha^2}{(1-\alpha^2)V}。$$

7. D 解析: $\text{CH}_4$ 和 $\text{N}_2$ 的物质的量之比越大, $\text{CH}_4$ 的平衡转化率越低,A错误; $\text{CH}_4$ 和 $\text{N}_2$ 的物质的量之比不变时,升温,平衡正向移动, $\text{NH}_3$ 的体积分数增大,B错误;平衡常数只与温度有关,与反应物的物质的量无关,所以 $a$ 、 $b$ 点的平衡常数相同,C错误; $a$ 点 $\text{CH}_4$ 的平衡转化率为22%, $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{N}_2)} = 0.75$ ,设甲烷为3 mol,氮气为4 mol,



|         |      |      |      |
|---------|------|------|------|
| 起始量/mol | 3    | 4    | 0    |
| 转化量/mol | 0.66 | 0.44 | 0.88 |
| 平衡量/mol | 2.34 | 3.56 | 0.88 |

则  $\text{NH}_3$  的体积分数为  $\frac{0.88 \text{ mol}}{(2.34+3.56+0.88) \text{ mol}} \times 100\% \approx 13\%$ , D 正确。

## 二、选择题

8. C 解析:  $-\lg K$  越大, 则平衡常数  $K$  越小, 由图可知, 随温度升高,  $-\lg K$  减小, 平衡常数增大, 则升高温度平衡正向移动, 正反应为吸热反应, 故该反应的  $\Delta H > 0$ , A 正确; A 点  $-\lg K = 2.294$ , 则平衡常数  $K(A) = 10^{-2.294}$ , B 正确; 反应得到的  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$  的物质的量之比为 2:1, 反应物是固体, 反应开始后氨气的体积分数始终不变, 故  $\text{NH}_3$  的体积分数不变不能说明该反应达到平衡状态, C 错误; 30 °C 时, B 点在曲线下方, 浓度商大于平衡常数, 反应向逆反应方向进行, 则 B 点对应状态的  $v(\text{正}) < v(\text{逆})$ , D 正确。

9. AB 解析: 整个反应的速率由慢反应速率决定, 第二步反应为慢反应, 则整个反应的速率由第二步反应速率决定, A 正确; 第一步反应中:  $v_{\text{正}} = k_{1\text{正}} \cdot c^2(\text{NO})$ 、 $v_{\text{逆}} = k_{1\text{逆}} \cdot c(\text{N}_2\text{O}_2)$ , 达到平衡时,  $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ , 即  $k_{1\text{正}} \cdot c^2(\text{NO}) = k_{1\text{逆}} \cdot c(\text{N}_2\text{O}_2)$ , 则  $\frac{k_{1\text{正}}}{k_{1\text{逆}}} = \frac{c(\text{N}_2\text{O}_2)}{c^2(\text{NO})} = K$ ,  $\frac{k_{1\text{正}}}{k_{1\text{逆}}}$  越大, 化学平衡常数越大, 则反应正向进行的程度越大, B 正确; 平衡转化率与反应速率无因果关系, C 错误; 相同温度下, 第一步反应快速达到平衡, 第二步是慢反应, 则第二步反应的活化能比第一步反应的活化能高, D 错误。

10. BC 解析: 容器 a 中  $\text{CH}_4$  从反应开始到恰好平衡时的平均反应速率为  $v(\text{CH}_4) = \frac{\Delta c(\text{CH}_4)}{\Delta t} = \frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{4 \text{ min}} = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , A 正确; 由图可知,  $T_a > T_b$ , B 错误; 因为该反应条件为恒温恒容, 反应后气体的物质的量增大, 所以在达到平衡前, 容器 a 的压强逐渐增大, C 错误; 该反应在  $T_a$  温度下的平衡常数为  $\frac{c(\text{CO}) \cdot c^3(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4) \cdot c(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.1 \times 0.3^3}{0.01 \times 0.01} = 27$ , D 正确。

## 三、非选择题

11. (1) 1 (2) 1:1 (3)  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

12. (1)  $\Delta H_2 + \Delta H_3 - \Delta H_5$  (或  $\Delta H_3 - \Delta H_4$ ) (2) AD (3) 4 4 (或 4)

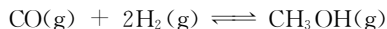
13. (1) ①  $p_3 < p_2 < p_1$  ② 0.24 0.135

(2) ① 加入催化剂 ② 反应初始阶段温度为体系总压强的主导因素, 反应放热, 气体膨胀使压强增

大; 随着反应进行, 气体总物质的量变为主导因素, 气体总物质的量减小使压强减小 ③ 33.3%

解析: (1) ① 增大压强, 反应  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  平衡正向移动, CO 平衡转化率增大, 由图可知, 温度相同, 压强分别为  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$  时, CO 平衡转化率逐渐减小, 所以压强  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$  由小到大的顺序是  $p_3 < p_2 < p_1$ 。

②  $T_1$  °C、压强为  $p_3$  时, 若向该容器中充入 3 mol  $\text{H}_2$  和 3 mol CO 发生反应, 5 min 后反应达到平衡(M 点), M 点 CO 的平衡转化率为 40%, 列三段式如下:



初始浓度/

(mol · L<sup>-1</sup>) 1.5 1.5 0

转化浓度/

(mol · L<sup>-1</sup>)  $1.5 \times 40\%$   $1.5 \times 40\% \times 2$   $1.5 \times 40\%$

平衡浓度/

(mol · L<sup>-1</sup>) 0.9 0.3 0.6

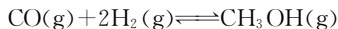
$v(\text{H}_2) = \frac{1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{5 \text{ min}} = 0.24 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ;

根据  $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot c(\text{CO}) \cdot c^2(\text{H}_2)$ ,  $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot c(\text{CH}_3\text{OH})$ , 其中  $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$  为速率常数, 只与温度有关, N 点的速率常数等于 M 点速率常数, M 点为平衡点, 故  $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ , 则  $\frac{k_{\text{逆}}}{k_{\text{正}}} = \frac{c(\text{CO}) \cdot c^2(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_3\text{OH})} = \frac{0.9 \times (0.3)^2}{0.6} = 0.135$ 。

(2) ① 由图可知, 改变条件, 该反应只有反应速率加快, 平衡不移动, 故曲线 II 所对应的改变条件可能为加入催化剂。

② 反应初始阶段温度为体系总压强的主导因素, 由图甲可知, 该反应是放热反应, 反应过程中放热, 体系温度升高, 气体膨胀使压强增大, 随着反应进行, 体系温度趋于稳定, 气体总物质的量变为主导因素, 该反应为气体总分子数减小的反应, 随着反应进行, 气体总物质的量减小使压强减小, 所以体系总压强先增大后减小。

③ 根据题给数据, 设 CO 的转化量为  $x \text{ mol}$ , 列三段式:



初始量/mol 2 3 0

转化量/mol  $x$   $2x$   $x$

平衡量/mol  $2-x$   $3-2x$   $x$

恒温恒容条件下, 压强之比等于物质的量之比, 根

据图乙中起始压强与平衡压强的数据得  $\frac{5}{5-2x} =$

$\frac{5p_0}{4p_0}$ , 解得  $x = 0.5$ , 该条件下  $\text{H}_2$  的平衡转化率为

$$\frac{0.5 \times 2}{3} \times 100 \approx 33.3\%$$

## 小测试(十一) 化学反应的方向

### 【预习自评】

1.  $\checkmark$  2.  $\times$  3.  $\checkmark$  4.  $\times$  5.  $\times$  6.  $\checkmark$  7.  $\times$  8. C  
9. A 10. (1)混乱度 越大 (2)  $>$   $>$

### 【针对训练】

1. C 2. A 3. D  
4. D 解析:  $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   $\Delta H = +56.7 \text{ kJ/mol}$ , 是一个吸热反应,  $\Delta H > 0$ , 反应能够自发进行, 必须满足  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ , 所以  $\Delta S > 0$  且熵增效应大于焓效应。  
5. D 解析: 有些吸热反应也可以自发进行, 如  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体与  $\text{NH}_4\text{Cl}$  晶体的反应, A 错误; 有些  $\Delta S < 0$  的反应也能自发进行, 如乙烯聚合为聚乙烯, B 错误; 物质的量增加的反应, 其混乱度不一定增加, 即  $\Delta S$  不一定为正值, 如  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{S}(\text{s})$ , C 错误;  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  分解产生了  $\text{CO}_2$  气体, 为熵增反应, D 正确。  
6. A 解析: A、B、D 中反应均为熵减反应, 且在一定温度下均能自发进行, 故根据  $\Delta H - T\Delta S < 0$  可知, 这三个反应均属于放热反应, A 正确, B、D 错误; C 中反应为熵减反应,  $\Delta S < 0$ , C 错误。  
7. C 解析: 当水蒸气和氢气的物质的量浓度相等时,  $Q = 1 > K = 0.059$ , 反应逆向进行。  
8. C 解析: 反应②的  $\Delta S < 0$ , 273 K 时能自发进行, 要满足  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ , 则  $\Delta H < 0$ , A 正确; 相同条件下,  $\Delta G$  越小, 说明它能够反应的趋势越大, 983 K 时两反应的  $\Delta G$  相等, 之后两反应的  $\Delta G$  大小关系发生变化, 则反应主次趋势发生变化, 所以 983 K 是反应趋势变化的转折点, B 正确; 反应①的  $\Delta S > 0$ , 则  $-\Delta S < 0$ , 所以斜率小于 0,  $L_2$  对应反应①, C 错误; 当温度低于 983 K 时,  $L_1$  的  $\Delta G$  更小,  $L_1$  对应反应②, 所以以反应②为主, 过量焦炭的氧化产物以  $\text{CO}_2$  为主, D 正确。  
9. (1) 小于 大于 (2)  $T < 1240 \text{ K}$

解析: (1)  $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$  为吸热反应,  $\Delta H > 0$ , 则  $2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s})$  为放热反应,  $\Delta H < 0$ , 且该反应  $\Delta S < 0$ , 则当  $T < 980 \text{ K}$  时,  $\Delta H - T\Delta S < 0$ ,  $T > 980 \text{ K}$  时,  $\Delta H - T\Delta S > 0$ 。

(2) 由题给信息可知, 要使反应能自发进行, 应有  $\Delta H - T\Delta S < 0$ , 即  $-94.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - T \times (-75.8 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) < 0$ , 则  $T < \frac{94.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}{75.8 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \approx$

1240 K。

10. I. (1) C (2) 无法判断是否能 II. CD

## 小测试(十二) 化学反应的调控

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\times$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\times$  6. B 7. D  
8. (1) 使用催化剂主要是为了在不影响限度的情况下加快反应速率, 提高单位时间内的产量。  
(2) 在该温度下, 催化剂的活性最高, 反应速率较快, 反应的限度虽然有所降低, 但综合分析, 单位时间内的产量还是最理想的

(3) 正反应 放出  $\frac{14}{15}$

(4)  $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

解析: (3)  $Q = \frac{2^2}{1 \times 3^3} = \frac{4}{27} < K = 4.1 \times 10^6$ , 反应向正反应方向进行, 放出热量; 由题给信息可知反应进行 5 min 后放出 184.4 kJ 热量, 故 5 min 时生成的氨气为 4 mol, 列出三段式:

|             |                                                                                          |    |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
|             | $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ |    |    |
| 起始/mol      | 10                                                                                       | 30 | 20 |
| 转化/mol      | 2                                                                                        | 6  | 4  |
| 5 min 时/mol | 8                                                                                        | 24 | 24 |

故 5 min 时气体总物质的量为 56 mol, 容器内压强变为原来的  $\frac{56}{60} = \frac{14}{15}$  倍。

(4)  $v(\text{N}_2) = \frac{2 \text{ mol}}{10 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

### 【针对训练】

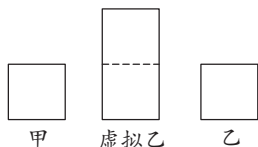
1. B  
2. A 解析: 根据  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$  时反应可以自发进行, 该反应的  $\Delta H < 0$ 、 $\Delta S < 0$ , 所以在低温或常温下可自发进行, A 正确; 恒容条件下充入稀有气体, 参与反应的各物质的浓度没有改变, 则平衡不移动, 对氨气的合成没有影响, B 错误; 合成氨的反应是分子数减小的反应, 高压有利于平衡向正反应方向移动, 且能提高正反应速率, 跟催化剂的活性无关, C 错误;  $\text{N}_2$  的量越多,  $\text{H}_2$  的转化率越大, 但并不是  $\text{N}_2$  越多越好, D 错误。  
3. C 解析: 合成氨反应为放热反应, 升高温度, 平衡逆向移动, 氮气的转化率降低, 与图不符, A 错误; 根据图像,  $p_1$  条件下达到平衡所用的时间短, 则由“先拐先平数值大”的原则可知, 压强:  $p_1 > p_2$ , 合成氨反应是气体体积减小的反应, 增大压强, 平衡正向移动, 平衡时  $\text{NH}_3$  的体积分数增大, 与图不符, B 错误; 恒容时, 反应达到平衡后, 加入  $\text{H}_2$  的瞬间, 正

反应速率瞬时增大,逆反应速率不变,增大反应物浓度,平衡正向移动,与图相符,C正确;催化剂能降低反应的活化能,增大反应速率,使反应达到平衡所用的时间变短,与图不符,D错误。

4. C 解析:由题图可知,反应达到平衡时, $\varphi(\text{NH}_3)$ 随着温度的升高而显著下降,即低温条件下,反应达到平衡时, $\text{NH}_3$ 的体积分数较高,但目前所用催化剂——铁触媒活性最大时的温度在  $500\text{ }^\circ\text{C}$  左右,故最有前途的研究方向是研制低温催化剂,C正确。

5. D 解析:根据温度升高,甲烷的平衡转化率增大可知,甲烷裂解属于吸热反应,A正确、D错误;催化剂能加快化学反应速率,B正确;甲烷发生裂解,反应后气体体积增大,故增大体系压强,平衡向逆反应方向移动,C正确。

6. D 解析:因为乙容器中的原料投入量正好是甲的2倍,A正确;假设开始时乙容器的体积是甲的2倍(如图甲、虚拟乙),再将虚拟乙容器的体积压缩至与甲相等(如图乙),则在此过程中化学平衡要向正反应方向移动,即  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  的平衡转化率增大,它们在平衡混合气体中的体积分数减小,C正确、D错误;平衡时,乙中  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$  的浓度分别比甲中  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$  浓度大,但乙中  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  的浓度要分别小于甲中  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  浓度的2倍,而乙中  $\text{NH}_3$  的浓度要大于甲中  $\text{NH}_3$  浓度的2倍,B正确。



7. C 解析:催化剂“中毒”指因吸附或沉积“毒物”而使催化剂活性降低或丧失的过程,合成氨使用铁触媒作催化剂,为防止混有的杂质使催化剂中毒,须将原料净化处理,A正确;步骤②中“加压”可增大氮气、氢气的浓度,加快合成氨反应速率,使平衡正移,提高原料转化率,B正确;合成氨反应为放热反应,步骤③使用较高温度不利于提高原料转化率,使用催化剂也不能使平衡移动,C错误;产品液氨可用酸吸收生成铵态氮肥,液氨汽化时会吸收大量热,可用作制冷剂,D正确。

8. D

9. (1)A、B (2)放 (3)AC 曲线是平衡前的  $\text{NH}_3$  质量分数曲线,温度升高,反应速率加快,生成  $\text{NH}_3$  的质量分数增多;CE 曲线是平衡后的  $\text{NH}_3$  质量分数曲线,此反应的正反应是放热反应,达到平衡后,温度升高,平衡向逆反应方向移动,  $\text{NH}_3$  的质量分

数降低

10. (1)增大  $\text{O}_2$  的浓度,使平衡正向移动,提高  $\text{SO}_2$  的转化率,使成本高的  $\text{SO}_2$  得到充分利用

(2) $400\sim 500\text{ }^\circ\text{C}$  是催化剂的活性温度,选择此温度可以提高反应速率,缩短达到平衡的时间

(3)常压 常压下,平衡混合气体中  $\text{SO}_3$  的体积分数已达  $91\%$ ,若再加压,对设备动力系统要求高,成本高

(4)用水吸收易形成酸雾,吸收效果差

(5) $\text{SO}_2$  是有毒气体,避免对环境造成污染

解析:在硫酸的工业生产中,运用化学平衡原理选择适宜的反应条件,要综合考虑浓度、压强、温度、催化剂等对该反应的反应速率、转化率的影响,同时还要考虑工业生产的实际情况和生产成本。硫酸工业中: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ ,该反应的正反应为放热反应,升高温度平衡逆向移动,增大压强,平衡正向移动,题中所给数据表明,常压下该反应的反应物的转化率较大,结合反应和工业生产的实际情况以及  $\text{SO}_2$  和  $\text{SO}_3$  的性质解答该题。

## 小测试(十三) 电离平衡

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$  4.  $\checkmark$  5.  $\checkmark$  6.  $\times$  7.  $\times$  8. A  
9. ①④⑦⑧⑨ ⑤⑩⑪ ①④⑧ ⑦⑨

### 【针对训练】

1. B 2. B

3. A 解析:  $\text{H}_3\text{PO}_4$  是多元弱酸,应分步电离;  $\text{Al}(\text{OH})_3$  为弱电解质,电离方程式中应用“ $\rightleftharpoons$ ”;  $\text{NaHSO}_4$  为强电解质,电离方程式中应用“ $=$ ”,故选 A。

4. A

5. D 解析:加入少量冰醋酸,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  浓度增大,电离平衡正向移动,  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH})$  只与温度有关,温度不变,  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH})$  不变,A正确;加入少量  $\text{NaOH}$  固体,中和溶液中的  $\text{H}^+$ ,使溶液中  $\text{H}^+$  浓度减小,B正确;升高温度,促进电离,醋酸的电离程度增大,  $c(\text{H}^+)$  增大, pH 减小,C正确;
$$\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{H}^+)} = \frac{K_a(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{H}^+)}$$
加入少量  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体,电离平衡逆向移动,  $c(\text{H}^+)$  减小,  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH})$  不变,则  $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$  增大,D错误。

6. C

7. B 解析: 体积相同的盐酸和醋酸两种溶液,  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.01 \text{ mol}$ , 根据二者的电离方程式可知, 二者电离出的  $c(\text{H}^+)$  相同, 故 pH 相等, C 正确; 由于  $\text{CH}_3\text{COOH}$  不能完全电离, 因此  $n(\text{CH}_3\text{COOH}) > n(\text{HCl})$ , 故与  $\text{NaOH}$  完全中和时, 醋酸消耗的  $\text{NaOH}$  多, 分别与足量  $\text{CaCO}_3$  反应时, 醋酸放出的  $\text{CO}_2$  多, A 正确、B 错误; 分别用水稀释相同倍数时, 醋酸的电离程度增大,  $n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  增大, 而  $n(\text{Cl}^-)$  不变, D 正确。

8. D

9. (1) ①减小 减小 ②> ③> ④C

(2) ①  $\frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HS}^-)}{c(\text{H}_2\text{S})}$  ②  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 > \text{CH}_3\text{COOH} >$

$\text{H}_2\text{S}$  ③  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{KOH} \rightleftharpoons \text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$

④  $\text{HS}^- + \text{HC}_2\text{O}_4^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

解析: (2) ①  $\text{H}_2\text{S}$  为弱电解质, 不能完全电离, 其电离分步进行, 一级电离方程式为  $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{H}^+$ , 一级电离平衡常数表达式为  $K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HS}^-)}{c(\text{H}_2\text{S})}$ 。

②多元弱酸的酸性主要由第一步电离的程度决定, 故多元弱酸的一级电离平衡常数越大, 酸性越强, 则  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  的酸性由强到弱的顺序为  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{S}$ 。

③  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  与少量的  $\text{KOH}$  溶液反应生成  $\text{KHC}_2\text{O}_4$ , 化学方程式为  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{KOH} \rightleftharpoons \text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 。

④  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  的酸性强于  $\text{H}_2\text{S}$ , 则  $\text{NaHS}$  溶液与  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  溶液反应的离子方程式为  $\text{HS}^- + \text{HC}_2\text{O}_4^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 。

## 小测试(十四) 水的电离 溶液的酸碱性 with pH

### 【预习自评】

1. ✓ 2. ✓ 3. ✓ 4. × 5. × 6. D

7. (1) 增大 增大 右 吸热

(2) 减小 减小 > < 向左 向左  $1.0 \times 10^{-14}$   $1.0 \times 10^{-14}$  ①酸 碱 ②温度

### 【针对训练】

1. C

2. C 解析: 分析三种物质可知, ②③抑制水的电离, ①不影响水的电离平衡,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  为二元强酸, 产生的  $c(\text{H}^+)$  大于相同物质的量浓度的  $\text{NaOH}$  产生的  $c(\text{OH}^-)$ , 抑制程度更大, 故顺序为 ①>②>③。

3. B 4. B 5. A 6. A

7. AC 解析: 由图像可以看出稀释过程中两种酸的 pH 增大程度不同, 说明两种酸的强弱不同, 故 pH=2 的两种酸的浓度一定不同, A 正确; 由图像知, 稀释后 A 溶液的 pH 大于 B 溶液的 pH, 则 A 中  $c(\text{H}^+)$  小于 B 中  $c(\text{H}^+)$ , A 酸溶液的酸性比 B 酸溶液的弱, B 错误;  $a=5$  时表明, pH=2 的 A 酸溶液稀释 1 000 倍, pH 增加 3, 故 A 一定是强酸; pH=2 的 B 酸溶液稀释 1 000 倍后, pH<5, 说明 B 酸溶液中存在电离平衡, 则 B 是弱酸, C 正确; 若 A、B 都是弱酸, 稀释 1 000 倍后, A、B 两溶液 pH 均要增大, 而增加的值均小于 3, 有  $5 > a > 2$ , 若 A 是强酸, 则  $a=5$ , D 错误。

8. C 解析: 95 °C 的水尽管 pH<7, 但因其电离出的  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ , 故仍呈中性, A 错误; 醋酸为弱酸, pH=3 的醋酸溶液稀释 10 倍时, 促进其电离, 故  $3 < \text{pH} < 4$ , B 错误; pH=3 的醋酸溶液与 pH=11 的  $\text{NaOH}$  溶液等体积混合时, 醋酸过量, pH<7, D 错误。

9. (1)  $1 \times 10^{-12}$  > (2) 4  $10^{-7}$  (3) ①中

②  $\text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

③ 11

解析: (1)  $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-x} \cdot 10^{-y} = 10^{-(x+y)}$ , 根据图示可知当  $x=12$  时,  $c(\text{OH}^-) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 当  $y=12$  时,  $c(\text{H}^+) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 故  $K_w = 1 \times 10^{-12}$ ; 根据温度越高水的电离程度越大,  $K_w$  也随之越大, 可知此时的  $T^\circ\text{C} > 25^\circ\text{C}$ 。

(2) 此条件下, pH=6 时溶液呈中性。根据实验①的数据可得  $c(\text{OH}^-) = 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 根据实验③的数据有  $22.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 10^{-a} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 22.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 可得  $a=4$ ; 实验②中所得溶液的 pH=7,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  过量, 溶液呈碱性, 由水电离产生的  $c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3) ①按丁方式混合时,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  提供的  $\text{OH}^-$  与  $\text{NaHSO}_4$  提供的  $\text{H}^+$  的物质的量相等, 混合后溶液呈中性。②按乙方式混合时, 反应前  $n(\text{Ba}^{2+}) = 10^{-3} \text{ mol}$ ,  $n(\text{OH}^-) = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ,  $n(\text{H}^+) = n(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-3} \text{ mol}$ , 实际反应的  $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  均为  $10^{-3} \text{ mol}$ , 故反应的离子方程式为  $\text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

③按甲方式混合时,  $\text{OH}^-$  过量, 反应后溶液中  $c(\text{OH}^-) =$

$$\frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} - 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 5 \times 10^{-3} \text{ L}}{(10+5) \times 10^{-3} \text{ L}}$$

$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}^+) = 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 溶液的  $\text{pH} = 11$ 。

## 小测试(十五) 酸碱中和滴定

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\checkmark$  3.  $\checkmark$  4.  $\times$  5.  $\times$  6. C 7. B

8. (1) 滴入最后半滴 NaOH 溶液时, 溶液颜色由无色变为浅粉红色, 且半分钟内不变色

(2) 滴入最后半滴 NaOH 溶液时, 溶液颜色由红色变为黄色, 且半分钟内不变色

### 【针对训练】

1. D

2. C 解析: 酸式滴定管旋塞处应涂凡士林, 起润滑和密封作用, 碱式滴定管没有旋塞, 通过挤压玻璃球控制溶液滴加的速度, A 错误; 将标准溶液装入滴定管时, 应借助移液管等玻璃仪器, B 错误; 滴定时, 通常用左手控制玻璃球滴加溶液, 右手摇动锥形瓶, 使溶液向同一方向旋转, 眼睛要注视锥形瓶内溶液颜色的变化, 以判定滴定终点, C 正确; NaOH 溶液滴定  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液达到滴定终点时生成强碱弱酸盐  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , 溶液呈碱性, 应选酚酞作指示剂, D 错误。

3. D 4. B 5. C

6. D 解析: 将 pH 试纸放在干燥洁净玻璃片或点滴板上, 用胶头滴管吸取待测液, 滴到 pH 试纸上, 将试纸显示的颜色与标准比色卡对照, 即可测得溶液的 pH, A 正确; 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液有强氧化性, 应装在酸式滴定管中, 酸性条件下,  $\text{KMnO}_4$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  可发生氧化还原反应, 故可用酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液滴定  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液, B 正确; 滴定时左手控制活塞, 右手摇动锥形瓶, C 正确; ④中滴入半滴 NaOH 标准液使溶液由无色变为粉红色, 且半分钟内不褪色, 即到达滴定终点, D 错误。

7. D 解析: 滴定管精确到  $0.01 \text{ mL}$ , 读数时应保留小数点后 2 位, A 错误; 用标准 KOH 溶液滴定未知浓度的盐酸, 洗净碱式滴定管后直接取标准 KOH 溶液进行滴定, 由于没有润洗, 标准溶液浓度偏小, 消耗标准溶液的体积偏大, 则测定结果偏高, B 错误; KOH 中混有 NaOH, 相同质量的氢氧化钠和氢氧化钾, 氢氧化钠的物质的量大于氢氧化钾的物质的量, 故所配溶液  $\text{OH}^-$  浓度偏大, 导致消耗标准溶液的体积  $V_{\text{碱}}$  偏小, 根据  $c_{\text{酸}} = c_{\text{碱}} \times \frac{V_{\text{碱}}}{V_{\text{酸}}}$  可知  $c_{\text{酸}}$  偏低, C 错误; 用未知浓度的盐酸滴定标准 KOH 溶液, 若滴定前仰视, 滴定至终点后俯视, 导致读取的盐酸体

积偏小, 根据  $c_{\text{酸}} = c_{\text{碱}} \times \frac{V_{\text{碱}}}{V_{\text{酸}}}$  可知  $c_{\text{酸}}$  偏高, D 正确。

8. AB 解析: 醋酸是弱电解质, HCl 是强电解质, 相同物质的量浓度的醋酸和 HCl 溶液, pH: 醋酸溶液 > 盐酸, 所以 I 表示滴定醋酸溶液的曲线, II 表示滴定盐酸的曲线, A 符合题意; 室温下,  $\text{pH} = 7$  时, 溶液呈中性, 当消耗的 NaOH 溶液体积为  $20 \text{ mL}$  时,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  与 NaOH 恰好反应完全生成醋酸钠和水, 溶液呈碱性, 要使溶液呈中性, 则滴定等物质的量浓度的醋酸溶液消耗的  $V(\text{NaOH})$  应小于  $20.00 \text{ mL}$ , B 符合题意; 根据图像可知, 滴定开始时盐酸的  $\text{pH} = 1$ , 则初始时盐酸的浓度为  $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , C 不符合题意; 酚酞的变色范围是  $8.2 \sim 10.0$ , 符合图中 I、II 的突变范围, 则滴定醋酸溶液、盐酸时, 均可选择酚酞作指示剂, D 不符合题意。

9. (1) 酸式滴定管 (2) 0.80 22.80 (3) 0.110 0

(4) ①偏低 ②无影响 ③偏高

解析: (2) 滴定管的刻度由上到下逐渐增大, 精确度为  $0.01 \text{ mL}$ , 因此滴定前的读数为  $0.80 \text{ mL}$ , 滴定后的读数为  $22.80 \text{ mL}$ 。

(3) 第 2 组读数与其他两组差别较大, 属异常值, 应舍去, 分别求出第 1 组、3 组的  $c(\text{NaOH})$ , 两组的平均值  $c(\text{NaOH}) = 0.110 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4) ①会使  $V(\text{HCl})$  偏小。②  $c(\text{NaOH})$  偏低, 但  $n(\text{NaOH})$  不变。③会使  $V(\text{HCl})$  偏大,  $c(\text{NaOH})$  偏高。

10. (1) 浅蓝色至无色  $\frac{(25.00 - \frac{1}{2}V) \times 0.100 0 \times 32}{m \times 1000} \times 100\%$

(2)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{I}^- + 6\text{H}^+$   
0.128

## 素养提升卷(三)

### 一、选择题

1. D 2. A

3. C 解析: 这四种酸在水中都完全电离, 则水对于这四种酸的强弱没有区分能力, 但在冰醋酸中电离程度不同, 可以区分, A 正确; 相同条件下, 酸的电离平衡常数越大, 酸性越强, 结合题表中数据可知, 高氯酸的  $K_a$  最大, 酸性最强, B 正确; 在冰醋酸中, 硫酸不完全电离, C 错误; 设硝酸的起始浓度为  $a \text{ mol/L}$ , 冰醋酸中硝酸发生电离的浓度为  $x \text{ mol/L}$ , 则  $K_a(\text{HNO}_3) = \frac{x \cdot x}{a - x}$ , 据此可以求解  $x$ , 则电离度 =

发生电离的浓度  
初始浓度  $\times 100\% = \frac{x}{a} \times 100\%$ , D 正确。

4. B 解析: 加入稀氨水, 使  $c(\text{OH}^-)$  增大, 水的电离平衡逆向移动, A 错误; 加入硫酸氢钠,  $c(\text{H}^+)$  增大, 但温度不变,  $K_w$  不变, B 正确;  $\text{CH}_3\text{COOH}$  电离出的  $\text{H}^+$  使溶液中的  $c(\text{H}^+)$  增大, 水的电离平衡逆向移动, C 错误; 水的电离是一个吸热过程, 加热时, 水的电离平衡正向移动,  $K_w$ 、 $c(\text{H}^+)$  和  $c(\text{OH}^-)$  都增大, D 错误。

5. D 解析: 酸、碱均抑制水的电离, 常温下,  $\text{pH}=3$  的  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中,  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{OH}^-$  全部来自水的电离, 水电离出的  $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 类似的, 其余三种溶液中由水电离出的  $c(\text{H}^+)$  也均为  $1 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 正确; 一水合氨是弱碱, 部分电离, ②中氢离子浓度为  $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , ③中氢氧根离子浓度为  $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 二者等体积混合后, 剩余的  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  还可继续电离出  $\text{OH}^-$ , 则溶液呈碱性,  $\text{pH} > 7$ , B 正确; ①②中的氢离子浓度与④中的氢氧根离子的浓度相等, 但  $\text{CH}_3\text{COOH}$  是弱酸, ①中  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的浓度远大于②中  $\text{HCl}$  的浓度, 故等体积的①、②分别与足量④反应, ①消耗④更多, C 正确; 在稀释过程中, 弱酸、弱碱会继续电离, 氢离子、氢氧根离子的物质的量增大, 故将溶液稀释 100 倍后, ②的  $\text{pH}$  增大 2, ①的  $\text{pH}$  增大量小于 2, ④的  $\text{pH}$  减小 2, ③的  $\text{pH}$  减小量小于 2, 故稀释后溶液的  $\text{pH}$ : ③ > ④ > ② > ①, D 错误。

6. D

7. C 解析: 由题知,  $PJN$  表示溶液中  $\text{pOH}$  的变化, A 错误; M 点溶液显碱性, 以  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  对水电离的抑制作用为主, 若 N 点溶质为  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 对水的电离起促进作用, 此时水的电离程度: N 点大于 M 点, B 错误; 根据题图, M 点对应  $\text{pH}=a$ , P 点对应  $\text{pOH}=b$ , 又是常温下, 则有  $\text{pH}+\text{pOH}=14$ , C 正确; J 点表示溶液显中性, 此时的溶质为  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 消耗盐酸的体积应小于 20.00 mL, D 错误。

## 二、选择题

8. BC 解析: 在一定温度下, 溶液的酸性越强,  $c(\text{H}^+)$  越大,  $c(\text{OH}^-)$  越小,  $\lg \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)}$  越大, A 正确;  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$ , 根据  $\text{AG}$  和  $\text{pH}$  的计算公式可得  $\text{AG} = \lg \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = \lg \frac{c(\text{H}^+)}{\frac{K_w}{c(\text{H}^+)}} = \lg \frac{c^2(\text{H}^+)}{K_w} =$

$2\lg c(\text{H}^+) - \lg K_w$ , 25 °C 时,  $K_w = 10^{-14}$ , 则  $\text{AG} = 2(7 - \text{pH})$ , 但 65 °C 时,  $K_w \neq 10^{-14}$ , B 错误; 若溶液呈碱性, 则  $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$ ,  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} < 1$ ,  $\lg \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} < \lg 1$ , 即  $\text{AG} < 0$ , C 错误; 若溶液呈中性,  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ,  $\text{AG} = \lg \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = \lg 1 = 0$ , D 正确。

9. AB 解析: 蒸馏水呈中性,  $\text{pH}=6$ , 即  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ , 水的离子积常数  $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-12} > 1.0 \times 10^{-14}$ , 促进了水的电离, 故该温度高于 25 °C, A 正确;  $\text{NaHSO}_4$  电离产生  $\text{H}^+$ , 此时溶液中的  $\text{OH}^-$  全部由水电离产生, 测得溶液的  $\text{pH}=2$ , 溶液中  $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ,  $c(\text{OH}^-) = \frac{1.0 \times 10^{-12}}{1.0 \times 10^{-2}} \text{ mol/L} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ , 则由水电离出来的  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ , B 正确;  $\text{NaHSO}_4$  电离产生  $\text{H}^+$ , 对水的电离起抑制作用, 水的电离程度减小, C 错误;  $\text{pH}=2$  的硫酸氢钠溶液中  $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol/L}$ ,  $\text{pH}=12$  的氢氧化钠溶液中, 由于该温度下,  $K_w = 1.0 \times 10^{-12}$ ,  $c(\text{OH}^-) = 1.0 \text{ mol/L}$ , 两种溶液的体积相等, 则  $n(\text{H}^+) < n(\text{OH}^-)$ , 所以碱过量, 溶液显碱性, D 错误。

10. C 解析: 由题图可知, 0.1 mol/L HX 溶液中  $\lg \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 12$ , 得  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 1 \times 10^{12}$ , 又 25 °C 时,  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-14}$ , 解得  $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol/L}$ , 即 HX 为强酸, HY 为弱酸, A 正确; b 点时溶液中  $\lg \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 0$ , 则溶液中  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ , 溶液呈中性, B 正确; b 点时溶液呈中性, a 点时溶液呈强酸性, 对水电离的抑制作用很强, 即水的电离程度:  $b > a$ , C 错误; c 点溶液中  $\lg \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 6$ ,  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 1 \times 10^6$ ,  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-14}$ , 解得  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ , c 点时溶液的  $\text{pH}=4$ , D 正确。

## 三、非选择题

11. (1) A 水的电离是吸热过程, 温度越高,  $K_w$  越大 (2) 后者多 (3) 8 或 4 (4) ①  $a > c > b$  ②  $a > b = c$  解析: (1) 由图像可知, 曲线 A 水的离子积为  $10^{-14}$ , 曲线 B 水的离子积为  $10^{-12}$ , 水的电离是吸热过程, 温度越高,  $K_w$  越大, 故答案为 A。 (2) 氢氧化钠为强电解质, 在水溶液中完全电离, 一

水合氨为弱电解质,在水溶液中部分电离,所以25℃时,等体积的pH=12的NaOH溶液和氨水,氢氧化钠的物质的量小于一水合氨的物质的量,则分别与0.1 mol·L<sup>-1</sup>的盐酸发生中和反应,恰好完全反应时消耗盐酸的体积:氨水>氢氧化钠溶液。

(3)95℃时, $K_w=c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)=1 \times 10^{-12}$ ,某溶液中由水电离出的H<sup>+</sup>的浓度为10<sup>-8</sup> mol·L<sup>-1</sup>,水的电离受到抑制,溶液为碱性或酸性,当溶液呈碱性时, $c(\text{OH}^-)=10^{-4}$  mol·L<sup>-1</sup>,则pH=8;当溶液呈酸性时, $c(\text{H}^+)=10^{-4}$  mol·L<sup>-1</sup>,则pH=4。

(4)①酸对水的电离起抑制作用,H<sup>+</sup>浓度越大,抑制作用越强,醋酸是弱酸,同浓度时在水溶液中电离出的H<sup>+</sup>的浓度最小,HCl、硫酸完全电离,同浓度时在水溶液中硫酸电离出的氢离子的浓度是HCl的2倍,H<sup>+</sup>的浓度:b>c>a,则水的电离程度:a>c>b。②等pH等体积的三种酸溶液中,醋酸为弱酸,溶液中存在电离平衡,随着反应的进行,醋酸不断电离,所以放出的氢气最多,盐酸与硫酸溶液中氢离子的物质的量相等,所以产生氢气的量相同,故答案为a>b=c。

12. (1) $b>a>c$  (2)AC (3) $V_1=\frac{1}{2}V_2=\frac{1}{2}V_3$

(4) $\frac{b \times 10^{-7}}{a-b}$  (5) $1.96 \times 10^{-5}$

解析:(1)导电能力越强,离子浓度越大,氢离子浓度越大,则a、b、c三点溶液的氢离子浓度由大到小的顺序为b>a>c。

(2)加热促进醋酸电离,则溶液中醋酸根离子浓度增大,A正确;加水稀释能促进醋酸电离,但醋酸根离子浓度减小,B错误;加入锌粒,锌和氢离子反应,促进醋酸电离,所以醋酸根离子浓度增大,C正确。

(3)等浓度的酸中和一定量NaOH溶液生成正盐时,如果是一元酸,所用酸的体积相等,如果是二元酸,所用酸的体积是一元酸的一半,所以三种酸的体积大小关系是 $V_1=\frac{1}{2}V_2=\frac{1}{2}V_3$ 。

(4)将a mol·L<sup>-1</sup>的醋酸溶液与b mol·L<sup>-1</sup>的氢氧化钠溶液等体积混合,溶液呈中性,说明醋酸过量,醋酸和氢氧化钠发生反应: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ ,则反应后溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COOH})=\frac{a-b}{2}$  mol·L<sup>-1</sup>,达到电离平衡时,溶液呈中性, $c(\text{H}^+)=1 \times 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>, $c(\text{Na}^+)=c(\text{CH}_3\text{COO}^-)=\frac{b}{2}$  mol·L<sup>-1</sup>, $K_a=$

$$\frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{b \times 10^{-7}}{a-b}。$$

(5)6 g CH<sub>3</sub>COOH 的物质的量  $n = \frac{m}{M} =$

$$\frac{6.0 \text{ g}}{60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}, \text{将 } 0.1 \text{ mol CH}_3\text{COOH 溶}$$

于水制成1 L溶液,溶液中醋酸的浓度为 $c = \frac{n}{V} =$

$$\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{醋酸存在电离平衡}$$

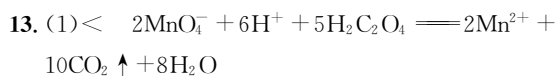
$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ ,平衡时溶液中

$\text{CH}_3\text{COO}^-$ 的浓度为 $1.4 \times 10^{-3}$  mol·L<sup>-1</sup>,则

$\text{CH}_3\text{COOH}$ 的浓度约为0.1 mol·L<sup>-1</sup>,此温度下

$$\text{醋酸的电离常数 } K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} \approx$$

$$\frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1.4 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.96 \times 10^{-5}。$$



(2)①酸式 ②滴入最后半滴KMnO<sub>4</sub>溶液,溶液由无色变成浅紫色,且半分钟内不褪色 ③20.00 90% ④AC

## 小测试(十六) 盐类的水解

### 【预习自评】

1. ✓ 2. × 3. × 4. ✓ 5. × 6. × 7. ×

8. C 9. D

10. (1)① $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$  ② $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$  ③ $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$

(2)水解程度

### 【针对训练】

1. A

2. D 解析:如果 $a < 7$ ,则水电离出的 $c(\text{H}^+) > 1 \times 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>,水的电离受到促进,A正确;如果 $a > 7$ ,则水电离出的 $c(\text{H}^+) < 1 \times 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>,水的电离受到抑制,B正确;如果 $a < 7$ ,则水的电离受到促进,该溶液为盐溶液,溶液的pH=a,C正确;如果 $a > 7$ ,则水的电离受到抑制,该溶液为酸溶液或碱溶液,则该溶液的pH为a或14-a,D错误。

3. D 解析:温度不变,平衡常数不变,故稀释溶液, $\frac{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{NH}_4^+)}$ 不变,A错误;通入少量

HCl气体,平衡逆向移动, $K_b$ 不变,B错误;加入少量NaOH固体,则溶液中H<sup>+</sup>浓度减小,导致平衡正向移动,溶液pH增大,C错误;盐类水解反应是吸热反应,升高温度,化学平衡正向移动,则 $c(\text{H}^+)$

增大,  $c(\text{NH}_4^+)$  减小, 故  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{NH}_4^+)}$  增大, D 正确。

4. B 解析: ①应为  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$  (只写第一步也可); ④应为  $\text{F}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HF} + \text{OH}^-$ 。

5. B

6. B 解析: A 项,  $\text{HClO}$  能氧化漂白 pH 试纸, 错误; C 项,  $25^\circ\text{C}$  时, 若测得  $\text{HClO}$  溶液  $\text{pH} > 6$ , 无论弱酸还是强酸, 稀释 10 倍后,  $\text{pH}$  一定小于 7, 错误; D 项, 酸的体积未知, 故不能根据消耗  $\text{NaOH}$  溶液的体积的多少判断酸性强弱, 错误。

7. A 解析: ①  $\text{CH}_3\text{COONa}$  是强碱弱酸盐,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  水解使溶液呈碱性; ②  $\text{NaHSO}_4$  是强酸的酸式盐, 在水溶液里完全电离, 溶液呈酸性; ③  $\text{NaCl}$  是强酸强碱盐, 钠离子和氯离子都不水解, 溶液呈中性; ④  $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$  是强碱弱酸盐,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$  水解使溶液呈碱性; 由于  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的酸性强于  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ , 所以  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$  的水解程度大于  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , 则相同浓度的  $\text{CH}_3\text{COONa}$  溶液的  $\text{pH}$  小于  $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$  溶液, 这四种溶液的  $\text{pH}$  从大到小顺序是  $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} > \text{CH}_3\text{COONa} > \text{NaCl} > \text{NaHSO}_4$ , A 正确。

8. D 解析: 电解质在水中以电离为主, 水解是极其微弱的, 所以四种物质中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  电离的阳离子数一定最多,  $\text{HF}$  为弱电解质, 电离出的  $\text{H}^+$  一定最少, 先排除 B、C 项, 再观察  $\text{KCl}$  和  $\text{FeCl}_3$ , 如果只考虑电离, 二者电离的阳离子数应相等, 但  $\text{Fe}^{3+}$  存在水解且一个  $\text{Fe}^{3+}$  水解可生成三个  $\text{H}^+$ , 导致其溶液中阳离子数增多。

9. (1) 碱  $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$

(2)  $\text{Cl}^-$   $\text{NH}_4^+$  (3) = =

解析: (1)  $\text{NaCN}$  溶液中存在  $\text{CN}^-$  的水解平衡:  $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$ , 所以溶液呈碱性。

(3) 由于  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  水解生成  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  水解生成  $\text{H}^+$ , 而溶液的  $\text{pH} = 7$ , 说明  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  与  $\text{NH}_4^+$  的水解程度相同, 根据电荷守恒可知溶液中二者浓度也相同。

10. (1)  $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$   $c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$

(2) 大于  $c(\text{NO}_2^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$

(3) 小于 小于

解析: (1) 水电离出的  $c(\text{OH}^-)$  与  $c(\text{H}^+)$  相等,  $\text{NaNO}_2$  溶液中  $c(\text{OH}^-) = c(\text{HNO}_2) + c(\text{H}^+)$ , 则  $c(\text{HNO}_2) = c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$ 。

(2) 两溶液混合后得到等浓度的  $\text{HNO}_2$  和  $\text{NaNO}_2$  的

混合溶液, 溶液显酸性说明  $\text{HNO}_2$  的电离程度大于  $\text{NO}_2^-$  的水解程度。根据电荷守恒:  $c(\text{NO}_2^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+)$ ,  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ , 则  $c(\text{NO}_2^-) > c(\text{Na}^+)$ , 由于  $\text{HNO}_2$  电离程度小, 故  $c(\text{NO}_2^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ 。

(3)  $\text{pH} = 3$  的  $\text{HNO}_2$  溶液中  $c(\text{H}^+) = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c(\text{HNO}_2)$  远大于  $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 11$  的  $\text{NaOH}$  溶液中  $c(\text{OH}^-) = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $\text{pH} = 3$  的  $\text{HNO}_2$  溶液和  $\text{pH} = 11$  的  $\text{NaOH}$  溶液等体积混合后剩余  $\text{HNO}_2$ , 溶液显酸性,  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ , 根据电荷守恒  $c(\text{NO}_2^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+)$ , 可知  $c(\text{Na}^+) < c(\text{NO}_2^-)$ 。

## 小测试(十七) 影响盐类水解的主要因素及盐类水解的应用

### 【预习自评】

1.  $\checkmark$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\times$  6.  $\times$  7. C

8. C 解析: 用铝盐和铁盐作净水剂是因为  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  水解生成氢氧化铝胶体、氢氧化铁胶体, 吸附水中的悬浮杂质, 与盐类水解有关, A 不符合题意;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中  $\text{CO}_3^{2-}$  水解使溶液呈碱性, 二氧化硅和碱反应, 所以实验室盛放  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液的试剂瓶不能用磨口玻璃塞, 与盐类水解有关, B 不符合题意; 由  $\text{FeSO}_4$  溶液制备  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  晶体时, 由于  $\text{FeSO}_4$  易被空气中氧气氧化, 且  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  易失去结晶水, 故不能直接蒸干, 与盐类水解无关, C 符合题意;  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{S}^{2-}$  发生双水解反应生成氢氧化铝沉淀和硫化氢气体, 所以  $\text{Al}_2\text{S}_3$  不能通过溶液中的反应制取, 与盐类水解有关, D 不符合题意。

9. (1) 溶液变红  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{HCO}_3^-$

红色加深 吸热

(2) 大于 ③⑤

(3) 红色变浅, 有红褐色沉淀生成, 有气体生成(或气泡冒出)  $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$

### 【针对训练】

1. C 2. C

3. C 解析: 相同物质的量浓度的  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液中  $c(\text{NH}_4^+)$  大于  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  溶液中  $c(\text{NH}_4^+)$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  是弱酸弱碱盐,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液中的  $\text{CO}_3^{2-}$  会促进  $\text{NH}_4^+$  的水解,  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  电离出的  $\text{H}^+$  会抑制  $\text{NH}_4^+$  的水解, 所以相同物质的量浓度的溶液中  $c(\text{NH}_4^+)$  最大的是  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。

4. B 解析:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{NaHCO}_3$  溶液中都存在  $\text{Na}^+$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ , A 正确;  $\text{CO}_3^{2-}$  水解过程吸热, 升高温度使水解平衡右移,  $c(\text{CO}_3^{2-})$  减小, B 错误; 加入  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{CO}_3^{2-}$  结合生成难溶于水的  $\text{CaCO}_3$  沉淀, 使  $c(\text{CO}_3^{2-})$  减小, C 正确; 溶液中存在电荷守恒:  $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$ , D 正确。

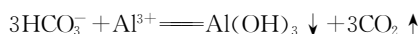
5. B

6. A 解析: ①加热  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液时虽发生水解, 但硫酸难挥发, 蒸发  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液可得到  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  晶体, 故正确; ②  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  水解生成  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{NaOH}$ , 但在空气中加热, 两者又生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 故正确; ③  $\text{KCl}$  性质稳定, 加热其溶液可得到  $\text{KCl}$  晶体, 故正确; ④加热  $\text{CuCl}_2$  溶液水解生成氢氧化铜和  $\text{HCl}$ ,  $\text{HCl}$  易挥发, 得到氢氧化铜晶体, 故错误; ⑤  $\text{NaHCO}_3$  不稳定, 加热易分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 故错误。

7. C 解析:  $\text{Fe}^{3+}$  会与  $\text{SCN}^-$  发生反应,  $\text{NH}_4^+$  与  $\text{OH}^-$  结合生成  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{OH}^-$  反应生成沉淀, 不能大量共存, A 不符合题意;  $\text{HCO}_3^-$  与  $\text{Al}^{3+}$  发生相互促进的水解反应而无法大量共存, B 不符合题意; 各离子间不反应, 能大量共存, C 符合题意;  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  具有强氧化性, 会与  $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$  发生氧化还原反应, 且  $\text{H}^+$  大量存在时,  $\text{S}^{2-}$  会与  $\text{SO}_3^{2-}$  发生归中反应, 无法大量共存, D 不符合题意。

8. C 解析:  $\text{HCl}$  的物质的量和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的物质的量相等, 则  $\text{HCl}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  发生反应:  $\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$ , 因  $\text{HCO}_3^-$  既可以电离又可以水解, 则  $c(\text{Na}^+) > 2c(\text{HCO}_3^-)$ , A 错误; 向  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中加入  $0.01 \text{ mol K}_2\text{CO}_3$ , 增大了碳酸根离子的浓度, 使碳酸根离子的水解平衡正向移动, 但碳酸根离子浓度比碳酸氢根离子浓度增大得多, 则溶液中  $c(\text{HCO}_3^-)$  与  $c(\text{CO}_3^{2-})$  的比值减小, B 错误; 向  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中加入  $50 \text{ mL}$  水, 加水稀释促进碳酸根离子的水解, 溶液中的  $c(\text{OH}^-)$  减小, 因温度未变, 则  $K_w$  不变, 所以溶液中  $c(\text{H}^+)$  增大, C 正确; 向  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中通入  $0.025 \text{ mol CO}_2$  气体, 二者发生反应:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$ , 根据二者物质的量的关系可知,  $\text{CO}_2$  完全反应, 生成  $0.05 \text{ mol NaHCO}_3$ , 剩余  $0.025 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$ , 因  $\text{CO}_3^{2-}$  的水解程度大于  $\text{HCO}_3^-$  的水解程度, 则溶液中  $c(\text{HCO}_3^-)$  与  $c(\text{CO}_3^{2-})$  的比值大于 2, D 错误。

9. (1) 大于 (2)  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$



(3)  $1 \times 10^{-12}$  增大 (4) 9

解析: (1)  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  电离生成  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , 水解生成  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , 由  $\text{KHC}_2\text{O}_4$  的 pH 为 4.8 可知,  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  的电离程度大于其水解程度, 故  $\text{KHC}_2\text{O}_4$  溶液中  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$  大于  $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 。

(2) 碳酸氢钠溶液中碳酸氢根离子的水解程度大于其电离程度, 溶液显碱性, 水解的离子方程式为  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ ; 碳酸氢钠和硫酸铝在水溶液中能相互促进水解, 生成二氧化碳和氢氧化铝, 反应的离子方程式为  $3\text{HCO}_3^- + \text{Al}^{3+} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 。

(3)  $\text{NaHSO}_3$  的水解常数  $K_h = \frac{c(\text{H}_2\text{SO}_3) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{HSO}_3^-)} =$

$$\frac{c(\text{H}_2\text{SO}_3) \cdot K_w}{c(\text{HSO}_3^-) \cdot c(\text{H}^+)} = \frac{K_w}{K_a(\text{H}_2\text{SO}_3)} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times$$

$10^{-12}$ 。由  $K_h = \frac{c(\text{H}_2\text{SO}_3) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{HSO}_3^-)}$  得,

$\frac{c(\text{H}_2\text{SO}_3)}{c(\text{HSO}_3^-)} = \frac{K_h}{c(\text{OH}^-)}$ , 加入  $\text{I}_2$  后,  $\text{HSO}_3^-$  被氧化为  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $c(\text{H}^+)$  增大,  $c(\text{OH}^-)$  减小,  $K_h$  不变, 所以  $\frac{c(\text{H}_2\text{SO}_3)}{c(\text{HSO}_3^-)}$  增大。

(4) 醋酸根离子的水解常数  $K_h = \frac{K_w}{K_a(\text{CH}_3\text{COOH})} =$

$$\frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)} \approx \frac{c^2(\text{OH}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}, \text{ 则}$$

$$\frac{1 \times 10^{-14}}{1.75 \times 10^{-5}} \approx \frac{c^2(\text{OH}^-)}{0.175}, \text{ 得 } c(\text{OH}^-) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot$$

$\text{L}^{-1}$ , pH=9。

10. (1)  $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$

(2) 小于

(3) ①  $\text{I}$   $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  水解使溶液呈酸性, 升高温度使其水解程度增大, pH 减小 ②  $10^{-3}$

(4) a  $c(\text{Na}^+) > c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$

解析: (1)  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  在水溶液中电离出  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  水解生成的  $\text{Al}(\text{OH})_3$  胶体具有吸附性, 可吸附水中杂质, 水解反应的离子方程式为  $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$ 。

(2)  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  与  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  中的  $\text{NH}_4^+$  均发生水解,  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  中的  $\text{Al}^{3+}$  水解呈酸性, 抑制  $\text{NH}_4^+$  水解,  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  电离出的  $\text{H}^+$  同样抑制  $\text{NH}_4^+$  水解, 但因为  $\text{Al}^{3+}$  水解是微弱的,  $\text{HSO}_4^-$  完全电离, 故  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  电离生成的  $\text{H}^+$  浓度比  $\text{Al}^{3+}$  水解生成的  $\text{H}^+$  浓度大, 所以  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  溶液

中  $\text{NH}_4^+$  水解程度比  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  溶液中  $\text{NH}_4^+$  水解程度小, 故  $c(\text{NH}_4^+)$ :  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 < \text{NH}_4\text{HSO}_4$ 。

(3)①  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  水解使溶液呈酸性, 升高温度使其水解程度增大,  $c(\text{H}^+)$  增大, pH 减小, 符合的曲线为 I。②由图可知,  $20^\circ\text{C}$  时溶液 pH=3, 根据电荷守恒,  $c(\text{NH}_4^+) + 3c(\text{Al}^{3+}) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ , 可得  $2c(\text{SO}_4^{2-}) - c(\text{NH}_4^+) - 3c(\text{Al}^{3+}) = c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) \approx 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  [ $c(\text{OH}^-)$  太小, 可忽略]。

(4)a、b、c、d 四个点, 根据反应量的关系, a 点恰好消耗完  $\text{H}^+$ , 溶液中溶质为等物质的量的  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; b、c、d 三点溶液均含有  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  水解可以促进水的电离, 而  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  抑制水的电离, 故 a 点水的电离程度最大。b 点溶液呈中性, 即溶液中溶质有  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , a 点时, 根据元素(物料)守恒,  $c(\text{Na}^+) = c(\text{SO}_4^{2-})$ , b 点时, 又加入一部分 NaOH 溶液, 则  $c(\text{Na}^+) > c(\text{SO}_4^{2-})$ , 根据电荷守恒和 pH=7 可知  $c(\text{Na}^+) + c(\text{NH}_4^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-})$ , 可以得出  $c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+)$ , 故 b 溶液中的离子浓度大小关系为  $c(\text{Na}^+) > c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ 。

## 小测试(十八) 电解质溶液中微粒间的关系及粒子浓度的比较

### 【预习自评】

1. × 2. × 3. × 4. × 5. ✓ 6. A 7. D 8. C  
9. (1)  $\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$   
(2) 小于  $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{CO}_3^{2-})$

### 【针对训练】

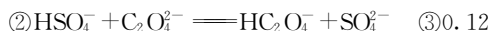
1. A 2. C  
3. C 解析: 由图中数据可知,  $\text{HSO}_3^-$  的电离程度比水解程度大,  $\text{NaHSO}_3$  溶液呈酸性, 而  $\text{HSO}_3^-$  能电离出  $\text{H}^+$  和  $\text{SO}_3^{2-}$ , 水也能电离出  $\text{H}^+$ , 因此  $c(\text{H}^+) > c(\text{SO}_3^{2-})$ , C 错误。  
4. D 解析:  $\text{CH}_3\text{COOH}$  是弱酸, 浓度不同时其电离程度不同, 所以浓度是 2 倍关系的两醋酸溶液中,  $c(\text{H}^+)$  之比不是 2:1, A 错误;  $\text{H}_2\text{CO}_3$  是二元弱酸, 分步电离且只发生部分电离, 故  $c(\text{H}^+)$ :  $c(\text{CO}_3^{2-}) \neq 2:1$ , B 错误; 因  $\text{CO}_3^{2-}$  发生水解被消耗, 故  $c(\text{Na}^+)$ :  $c(\text{CO}_3^{2-}) > 2:1$ , C 错误; 不管  $\text{CO}_3^{2-}$ 、

$\text{CH}_3\text{COO}^-$  的水解程度如何, 溶液中  $c(\text{Na}^+)$  是一定的, 前者  $c(\text{Na}^+) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 后者  $c(\text{Na}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 正确。

### 5. B 6. C 7. A

8. D 解析: A 项, 当  $V(\text{酸}) = 10 \text{ mL}$  时, 酸碱恰好完全反应得到等物质的量浓度的 NaA 溶液和 NaB 溶液, NaA 溶液的 pH(8.7) 大于 NaB 溶液的 pH(7.8), 根据盐类水解的规律“越弱越水解”可知, HA 的酸性弱于 HB 的酸性, 错误; B 项, 由上述分析可知,  $\text{A}^-$  的水解能力大于  $\text{B}^-$  的水解能力, 两溶液中  $c(\text{B}^-) > c(\text{A}^-)$ , 错误; C 项, a 点加入 10 mL 的 HA 溶液, 得到 NaA 溶液的 pH=8.7, 由于  $\text{A}^-$  的水解使溶液呈碱性, 溶液中离子浓度由大到小的顺序为  $c(\text{Na}^+) > c(\text{A}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ , 错误; D 项, b 点加入 20 mL 的 HA 溶液得到等物质的量浓度的 NaA 和 HA 的混合液, 由元素质量守恒可得  $c(\text{A}^-) + c(\text{HA}) = 2c(\text{Na}^+)$ , c 点加入 20 mL 的 HB 溶液得到等物质的量浓度的 NaB 和 HB 的混合液, 由元素质量守恒可得  $c(\text{B}^-) + c(\text{HB}) = 2c(\text{Na}^+)$ , b、c 两点溶液中  $c(\text{Na}^+)$  相等, 则  $c(\text{A}^-) + c(\text{HA}) = 2c(\text{Na}^+) = c(\text{B}^-) + c(\text{HB})$ , 正确。

### 9. (1) ② > ① > ③ (2) ② > ① > ③ (3) ① 碱



解析: (1) 室温下, pH 相等即溶液中氢氧根离子浓度相等, 氢氧化钠全部电离, 碳酸钠、醋酸钠水解显碱性, 因此碳酸钠、醋酸钠的浓度远大于氢氧化钠, 由于碳酸钠水解程度大于醋酸钠水解程度, 所以醋酸钠的浓度大于碳酸钠的浓度, 因此物质的量浓度从大到小的顺序为 ② > ① > ③。

(2) 室温下, 浓度均为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 ①  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、②  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  和 ③  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  溶液中, 碳酸铵、硫酸铵电离出的铵根离子浓度几乎是硫酸氢铵的两倍, 硫酸铵中铵根离子单一水解, 硫酸氢铵中氢离子抑制铵根离子水解, 虽然碳酸铵发生相互促进的水解, 但铵根离子大于硫酸氢铵中铵根离子浓度, 因此  $c(\text{NH}_4^+)$  从大到小的顺序为 ② > ① > ③。

(3) ① 根据以上信息可知,  $\text{HSO}_4^-$  存在电离平衡, 是弱酸, 则  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  会水解, 溶液呈碱性。③ 室温下, pH=1 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中,  $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HSO}_4^-)}$

$$\frac{c(\text{SO}_4^{2-}) \times 0.1}{c(\text{HSO}_4^-)} = 1.2 \times 10^{-2}, \text{解得} \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{HSO}_4^-)} = 0.12。$$

### 10. (1) $\text{NH}_4\text{Cl}$ ①

(2)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  和  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$   $\text{NH}_4\text{Cl}$  和  $\text{HCl}$

(3) 小于 大于

## 素养提升卷(四)

### 一、选择题

1. C 2. D 3. D

4. C 解析:解答本题时首先要考虑  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  的电离( $\text{NH}_4\text{HSO}_4 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ),然后再考虑  $\text{NH}_4^+$  的水解( $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ )。溶液中的  $\text{H}^+$  来源于  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  的电离和  $\text{NH}_4^+$  的水解,  $\text{SO}_4^{2-}$  来源于  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  电离且不水解,  $\text{NH}_4^+$  来源于  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  电离且会发生水解,所以  $c(\text{H}^+) > c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+)$ , A 正确;  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$  符合电荷守恒, B 正确;由元素质量(物料)守恒得  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{SO}_4^{2-})$ , 结合电荷守恒知,  $c(\text{H}^+) = c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + c(\text{OH}^-)$ , C 错误;当 NaOH 溶液和  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  溶液等浓度等体积混合时,所得溶液中溶质为等物质的量的  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 显酸性,所以若使题中所得溶液呈中性 [ $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ], 则加入的 NaOH 溶液中 NaOH 的物质的量应大于  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  溶液中  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  的物质的量,故  $c(\text{Na}^+) > c(\text{SO}_4^{2-})$ , 根据电荷守恒,则  $c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+)$ , 所以  $c(\text{Na}^+) > c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ , D 正确。

5. C 解析:  $n(\text{CO}_2) = \frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$ ,  $n(\text{NaOH}) = 1 \text{ L} \times 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.15 \text{ mol}$ , 发生反应:  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHCO}_3$ , 根据 C 元素守恒,有  $n(\text{NaHCO}_3) + n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.1 \text{ mol}$ , 根据 Na 元素守恒,有  $n(\text{NaHCO}_3) + 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.15 \text{ mol}$ , 解得  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.05 \text{ mol}$ ,  $n(\text{NaHCO}_3) = 0.05 \text{ mol}$ , A 正确;根据电荷守恒,有  $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$ , B 正确;  $\text{CO}_3^{2-}$  的水解能力强于  $\text{HCO}_3^-$ , 溶液显碱性,因此离子浓度大小顺序是  $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ , C 错误;加热蒸干含  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的溶液,  $\text{NaHCO}_3$  不稳定,受热易分解:  $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , 因此最终得到的固体物质为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , D 正确。

6. B

7. C 解析:由  $\text{H}_2\text{A} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HA}^-$ ,  $\text{HA}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^{2-}$  知,  $\text{H}_2\text{A}$  溶液中无  $\text{H}_2\text{A}$ , 根据物料守恒有  $c(\text{A}^{2-}) + c(\text{HA}^-) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 正确;  $V[\text{NaOH}(\text{aq})] = 10 \text{ mL}$  时, NaOH 与  $\text{H}_2\text{A}$  反应生

成 NaHA, 溶液为  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaHA 溶液, 由题图可知, 此时  $\text{AG} = 6$ ,  $c(\text{H}^+) = 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{HA}^-$  的电离平衡常数  $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} \approx$

$\frac{10^{-4} \times 10^{-4}}{0.05} = 2 \times 10^{-7}$ , B 正确;  $\text{H}_2\text{A}$  的一级电离完全, NaHA 溶液中  $\text{HA}^-$  只电离不水解,  $\text{H}_2\text{A}$ 、NaHA 均抑制水的电离, 故溶液中溶质只为  $\text{Na}_2\text{A}$  时, 水的电离程度最大, E 点为  $\text{H}_2\text{A}$  溶液, G 点  $\text{AG} = 0$ , 说明溶液显中性, G 点为  $\text{Na}_2\text{A}$  和 NaHA 的混合溶液, 故由 E 点到 G 点, 水的电离程度不断增大, C 错误; P 点溶液中的溶质是等物质的量的  $\text{Na}_2\text{A}$  和 NaOH, 离子浓度的大小关系为  $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{A}^{2-}) > c(\text{H}^+)$ , D 正确。

### 二、选择题

8. D

9. AD 解析: 常温时,  $\text{CN}^-$  的水解常数  $K_h = 1.6 \times 10^{-5}$ , 则 HCN 的电离常数  $K_a = \frac{10^{-14}}{1.6 \times 10^{-5}} = 6.25 \times 10^{-10}$ 。  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 HCN 溶液和 NaCN 溶液等体积混合,  $\text{CN}^-$  水解程度大于 HCN 电离程度, 溶液呈碱性, 混合溶液的  $\text{pH} > 7$ , A 正确;  $\text{CN}^-$  水解促进水的电离、HCN 电离抑制水的电离,  $\text{CN}^-$  对水的电离的促进程度大于 HCN 对水的电离的抑制程度, 混合溶液中水的电离程度大于纯水的, B 错误;  $\text{CN}^-$  水解程度大于 HCN 电离程度, 混合溶液呈碱性, 混合溶液中存在  $c(\text{HCN}) > c(\text{Na}^+) > c(\text{CN}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ , C 错误; 若  $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸与  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCN 溶液等体积混合后溶液呈中性, 即  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 再结合电荷守恒得  $c(\text{Na}^+) = c(\text{CN}^-) + c(\text{Cl}^-)$ , 根据元素质量(物料)守恒,  $c(\text{Na}^+) = c(\text{CN}^-) + c(\text{HCN}) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{Cl}^-) = \frac{c}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c(\text{HCN}) = c(\text{Cl}^-) = \frac{c}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{CN}^-) = \left(0.3 - \frac{c}{2}\right) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 根据  $\text{CN}^-$  的水解常数  $K_h = 1.6 \times 10^{-5}$ , 则  $\frac{c(\text{HCN}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{CN}^-)} = \frac{\frac{c}{2} \times 10^{-7}}{0.3 - \frac{c}{2}} = 1.6 \times 10^{-5}$ , 所以  $c = \frac{96}{161}$ , D 正确。

10. C 解析:  $\text{H}_2\text{A}$  的电离平衡常数  $K_{a1} = \frac{c(\text{HA}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{A})}$ ,  $K_{a2} = \frac{c(\text{A}^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HA}^-)}$ , 则  $\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = \lg \frac{K_{a1}}{c(\text{H}^+)}$ ,  $\lg \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} = \lg \frac{K_{a2}}{c(\text{H}^+)}$ ,

$K_{a1} \gg K_{a2}$ 。同一溶液中  $c(H^+)$  相同,  $\lg c_{\text{水}}(H^+)$  相同时,  $\lg \frac{K_{a1}}{c(H^+)} > \lg \frac{K_{a2}}{c(H^+)}$ , 故曲线  $L_1$  表示  $\lg c_{\text{水}}(H^+)$  与  $\lg \frac{c(A^{2-})}{c(HA^-)}$  的变化关系, A 错误; Y 点时,  $\lg \frac{c(HA^-)}{c(H_2A)} = \lg \frac{c(A^{2-})}{c(HA^-)} > 1$ , 则  $\frac{c(HA^-)}{c(H_2A)} = \frac{c(A^{2-})}{c(HA^-)} > 1$ , 即  $c(A^{2-}) > c(HA^-) > c(H_2A)$ , B 错误; 由图可知, 当  $c(HA^-) = c(H_2A)$  时, 水的电离被抑制, 溶液呈酸性, 随  $c(H_2A)$  的减小,  $c(HA^-)$  增大,  $H_2A$  对水的电离抑制程度减弱,  $HA^-$  对水的电离促进程度增加, pH 增大, 当两者对水电离的促进和抑制作用相同时, 溶液呈中性, 水电离出的  $c(H^+) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由图知, 此时  $\frac{c(HA^-)}{c(H_2A)} = 10$ , 则  $K_{a1}(H_2A) = \frac{c(HA^-) \cdot c(H^+)}{c(H_2A)} = 10^{-6}$ , C 正确; Z 点时  $c(A^{2-}) = 1000c(HA^-)$ , 溶液中 A 元素主要以  $A^{2-}$  存在,  $A^{2-}$  水解使溶液呈碱性, 水解促进水电离, 但  $c_{\text{水}}(H^+) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 说明此时溶液中存在碱抑制水的电离, 故 Z 点  $\text{pH} > 7$ , D 错误。

### 三、非选择题

11. (1)  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$   
(2) 溶液的酸碱性 氯化铁溶液的浓度(合理即可)

| 步骤<br>编号 | 实验操作                                                                                         | 预期现象<br>和结论                                                                                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①        | 在试管中加入 2 mL 1 mol/L 氯化铁溶液, 观察溶液颜色, 加热一段时间                                                    | 加热后溶液颜色变深, 说明升温促进 $\text{FeCl}_3$ 水解                                                       |
| ②        | 在①溶液中通入 HCl 气体                                                                               | ①中溶液颜色变浅, 说明加入酸使 $\text{Fe}^{3+}$ 水解平衡左移, 酸抑制 $\text{FeCl}_3$ 水解                           |
| ③        | 用量筒量取 10 mL 1 mol/L 氯化铁溶液于烧杯中, 用 pH 计测出 pH; 另取 90 mL 蒸馏水加入烧杯中, 充分搅拌, 再用 pH 计测出 pH(忽略溶液总体积变化) | 前后测得 pH 之差小于 1, 说明加水稀释后, $\text{FeCl}_3$ 的水解平衡右移, 生成更多的 $\text{H}^+$ , 故增大氯化铁溶液的浓度, 不利于其水解 |

12. (1)  $A < D < C < B$  (2) BD (3)  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{HClO}$  (4)  $9.9 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
(5)  $\frac{b \times 10^{-7}}{a-b}$  (6)  $c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}^+)$   
13. (1)  $>$  (2)  $<$  (3) ①  $10^7 : 1$  ②  $>$

## 小测试(十九) 沉淀溶解平衡及其应用

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\times$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\checkmark$  6.  $\times$  7. B  
8. (1)  $1.3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  左移 不变  
(2)  $1.8 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  2  
(3)  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 > \text{AgCl}$  AgCl  
(4)  $4.7 \times 10^{-7}$   
(5) 有

### 【针对训练】

1. A 2. D  
3. A 解析:  $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ,  $c(\text{Cl}^-)$  或  $c(\text{Ag}^+)$  越大, 对 AgCl 的溶解抑制作用越大, AgCl 的溶解度就越小。注意 AgCl 的溶解度大小只与溶液中  $\text{Ag}^+$  或  $\text{Cl}^-$  的浓度有关, 而与溶液体积无关。A 项,  $c(\text{Cl}^-) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; B 项,  $c(\text{Cl}^-) = 0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; C 项,  $c(\text{Cl}^-) = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; D 项,  $c(\text{Ag}^+) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。  
4. D 5. A 6. A 7. A  
8. C 解析:  $V_2 = 3V_1$ , 说明  $n[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 2n[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ , 原溶液中  $\text{MgCl}_2$  和  $\text{CuCl}_2$  的物质的量浓度不相等, A 错误; 由题图可知,  $\text{CuCl}_2$  的物质的量浓度小且铜离子先沉淀, 说明  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的  $K_{\text{sp}}$  比  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的  $K_{\text{sp}}$  小, B 错误; A 点时溶质为 NaCl 和  $\text{MgCl}_2$ , B 点时溶质为 NaCl, C 点时溶质为 NaCl 和 NaOH, 镁离子水解促进水的电离, NaOH 抑制水的电离, NaCl 对水的电离无影响, 故水的电离程度:  $A > B > C$ , C 正确; 要想生成沉淀, 必须满足  $c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) > K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ , 铜离子浓度未知, 则无法判断是否生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀, D 错误。  
9. (1) 白色沉淀转化为红褐色沉淀  
(2)  $\text{NH}_4^+$  水解使溶液显酸性, 消耗  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  电离出的  $\text{OH}^-$ , 促进  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的沉淀溶解平衡正向移动  
(3) 猜想 1  
10. (1) 将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ , 便于生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀而与  $\text{Cu}^{2+}$  分离  
(2) C  
(3) C 3.  $2 \leq \text{pH} < 4.7$

**解析:**(1)根据实验目的,加入氧化剂是为了将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ ,便于生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀而与  $\text{Cu}^{2+}$  分离。

(2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 $\text{NaClO}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{KMnO}_4$  都具有氧化性,都能将亚铁离子氧化,但是  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 $\text{NaClO}$ 、 $\text{KMnO}_4$  与亚铁离子反应时会引入新的杂质离子, $\text{H}_2\text{O}_2$  是绿色氧化剂,得到的还原产物是水,不会引入杂质离子,所以选 C。

(3)加入物质 Y 的作用是调节 pH,将  $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,注意不能引入新的杂质离子,所以物质 Y 可以是  $\text{CuO}$ ;由题表可知,调节溶液的 pH 范围为  $3.2 \leq \text{pH} < 4.7$ 。

## 小测试(二十) $K_{\text{sp}}$ 的计算与图像分析

### 【预习自评】

1. × 2. ✓ 3. × 4. ✓ 5. ✓ 6. × 7. B

8. (1)  $1.65 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (2)  $2.0 \times 10^{-29}$

$$(3) \frac{S^2}{100}$$

**解析:**(1)设  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  中  $\text{Mg}^{2+}$  的浓度为  $x$ ,根据  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  在溶液中的沉淀溶解平衡:  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$ , 溶液中应有  $c(\text{Mg}^{2+}) = x$ ,  $c(\text{OH}^{-}) = 2x$ ,  $K_{\text{sp}} = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^{-}) = x \cdot (2x)^2 = 1.8 \times 10^{-11}$ ,  $x \approx 1.65 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2)  $K_{\text{sp}} = c^3(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{PO}_4^{3-}) = (2.0 \times 10^{-6})^3 \times (1.58 \times 10^{-6})^2 \approx 2.0 \times 10^{-29}$ 。

(3) 100 g 水中所含  $\text{CaCO}_3$  的质量为  $S$  g, 则  $n(\text{CaCO}_3) = \frac{S}{100} \text{ mol}$ ; 溶液的质量为  $(100 + S) \text{ g} \approx 100 \text{ g}$ , 因溶液浓度很小, 溶液的密度近似为  $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 故溶液的体积为  $0.1 \text{ L}$ ,  $c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{\frac{S}{100} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = \frac{S}{10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $K_{\text{sp}} = \frac{S^2}{100}$ 。

### 【针对训练】

1. D

2. C **解析:**根据溶度积的定义可知,三种离子沉淀时分别有  $c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-}) = 9.0 \times 10^{-6}$ ,  $c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = 5.0 \times 10^{-9}$ ,  $c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{F}^{-}) = 1.5 \times 10^{-10}$ , 溶液中  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{F}^{-}$  的浓度均为  $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则向该溶液中滴加  $\text{CaCl}_2$  溶液产生  $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaF}_2$  沉淀时,所需  $c(\text{Ca}^{2+})$  分别为  $\frac{K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})} = 9.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\frac{K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})} = 5.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\frac{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)}{c^2(\text{F}^{-})} =$

$1.5 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 所以这三种阴离子产生沉淀的先后顺序为  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{F}^{-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ , C 正确。

3. B **解析:**已知难溶化合物  $\text{A}_2\text{B}$  存在沉淀溶解平衡:  $\text{A}_2\text{B}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{A}^{+}(\text{aq}) + \text{B}^{2-}(\text{aq})$ , 在  $T^\circ\text{C}$  时饱和溶液的物质的量浓度为  $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $K_{\text{sp}}(\text{A}_2\text{B}) = c^2(\text{A}^{+}) \cdot c(\text{B}^{2-}) = (2a)^2 \cdot a = 4a^3$ , 向其饱和溶液中加入一定量易溶于水的盐 AC, 当  $\text{A}^{+}$  的物质的量浓度为  $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 则  $\text{B}^{2-}$  的物质的量浓度为  $\frac{4a^3}{b^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 正确。

4. D **解析:** $\text{AgCl}$  和  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  共存的悬浊液中,  $c(\text{Ag}^{+})$  是一定的, 但由于二者阴、阳离子的组成不同,  $K_{\text{sp}}$  的表达式不同, 因此  $\frac{c(\text{Cl}^{-})}{c(\text{CrO}_4^{2-})}$  不等于二者的  $K_{\text{sp}}$  之比, A 错误; 向  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  悬浊液中加入  $\text{NaCl}$  浓溶液, 当溶液中  $Q(\text{AgCl}) = c(\text{Cl}^{-}) \cdot c(\text{Ag}^{+}) > K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$  时, 就有  $\text{AgCl}$  沉淀析出, B 错误; 向  $\text{AgCl}$  饱和溶液中加入  $\text{NaCl}$  固体, 溶液中  $c(\text{Cl}^{-})$  增大, 导致  $\text{AgCl}(\text{s})$  的沉淀溶解平衡逆向移动,  $c(\text{Ag}^{+})$  减小, 同时析出  $\text{AgCl}$ , 析出沉淀后的溶液中  $c(\text{Cl}^{-}) > c(\text{Ag}^{+})$ , C 错误; 向浓度均为  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaCl}$  和  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  混合溶液中滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液(忽略溶液体积变化), 根据  $K_{\text{sp}}$  计算可得, 生成  $\text{AgCl}$  沉淀需要的  $c(\text{Ag}^{+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Cl}^{-})} = 1.8 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 生成  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  沉淀需要的  $c(\text{Ag}^{+}) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{c(\text{CrO}_4^{2-})}} = 3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则需要  $c(\text{Ag}^{+})$  前者小于后者, 即先析出  $\text{AgCl}$  沉淀, D 正确。

5. B **解析:**充分反应后,混合溶液体积为  $2 \text{ L}$ ,  $n(\text{Cl}^{-}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L} \times 2 = 0.4 \text{ mol}$ , 则  $c(\text{Cl}^{-}) = \frac{0.4 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 错误; 该温度下,  $K_{\text{a}}(\text{HF}) = \frac{c(\text{H}^{+}) \cdot c(\text{F}^{-})}{c(\text{HF})} = 4 \times 10^{-4}$ , 由于 HF 和水的电离都是微弱的,  $c(\text{H}^{+})$  近似等于  $c(\text{F}^{-})$ ,  $c(\text{HF}) \approx 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  HF 溶液中  $\frac{c^2(\text{H}^{+})}{c(\text{HF})} = 4 \times 10^{-4}$ ,  $c(\text{H}^{+}) = \sqrt{c(\text{HF}) \times K_{\text{a}}(\text{HF})} = 2 \sqrt{2 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^{+}) \approx 2.05$ , B 正确; 混合后发生反应:  $2\text{HF} + \text{CaCl}_2 = \text{CaF}_2 \downarrow + 2\text{HCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  过量, HF 完全反应, 生成的  $\text{CaCl}_2$  电离出少量的  $\text{F}^{-}$ , 故混合溶液中  $c(\text{Ca}^{2+}) > c(\text{F}^{-})$ , C 错误; 氢氟酸为弱酸, 盐酸为强酸, 酸性:  $\text{HF} < \text{HCl}$ ,  $2\text{HF} + \text{CaCl}_2 = \text{CaF}_2 \downarrow + 2\text{HCl}$  之所以能够发生, 是因为生成沉淀, D 错误。

6. B 7. B

8. D 解析:由 25 °C 时  $K_{sp}(\text{PbCO}_3) < K_{sp}(\text{PbSO}_4)$  可知,  $c(\text{Pb}^{2+})$  相同时,  $c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{CO}_3^{2-})$ ,  $-\lg c(\text{SO}_4^{2-}) < -\lg c(\text{CO}_3^{2-})$ , 则由题图可知, a 表示  $\text{PbCO}_3$  的沉淀溶解平衡曲线, A 正确;由题图可知, Y 点  $Q(\text{PbCO}_3) > K_{sp}(\text{PbCO}_3)$ , 则 Y 点溶液是  $\text{PbCO}_3$  的过饱和溶液, B 正确;当  $\text{PbSO}_4$  和  $\text{PbCO}_3$  沉淀共存时, 溶液中  $\frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{SO}_4^{2-}) \cdot c(\text{Pb}^{2+})}{c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{Pb}^{2+})} = \frac{K_{sp}(\text{PbSO}_4)}{K_{sp}(\text{PbCO}_3)} = \frac{1 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^{-11}} = 1 \times 10^5$ , C 正确;向 X 点对应的  $\text{PbSO}_4$  饱和溶液中加入少量  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  固体, 溶液中  $c(\text{Pb}^{2+})$  增大,  $c(\text{SO}_4^{2-})$  减小, 由题图可知, Y 点  $c(\text{Pb}^{2+})$  小于 X 点, D 错误。

9. (1) 0.29 (2)  $5.7 \times 10^{-17}$  (3)  $\text{H}^+ + \text{MnO}_2 + \text{H}_3\text{AsO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

(4) ①  $\text{CaSO}_4$  ②  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  是弱酸, 当溶液中 pH 调节为 8 左右时  $\text{AsO}_4^{3-}$  浓度增大,  $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$  大量沉淀

解析: (1) 由题表 2 可知, 该工厂排放的废水中  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{28.42}{98} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.29 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 若处理后的工厂废水中  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  的浓度均为  $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $K_{sp}(\text{FeAsO}_4) < K_{sp}(\text{AlAsO}_4)$ , 则依据  $K_{sp}(\text{FeAsO}_4) = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{AsO}_4^{3-}) = 5.7 \times 10^{-21}$  可知  $c(\text{AsO}_4^{3-})$  最大为  $5.7 \times 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3)  $\text{MnO}_2$  将三价砷( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ , 弱酸)氧化成五价砷( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ , 弱酸), 同时生成  $\text{Mn}^{2+}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 由此可写出该反应的离子方程式。

(4) ①硫酸钙难溶于硫酸, 所以 pH 调节为 2 时废水中有大量沉淀产生, 沉淀主要成分为  $\text{CaSO}_4$ 。

②  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  是弱酸, 电离出来的  $\text{AsO}_4^{3-}$  较少, 所以酸性条件下不易形成  $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$  沉淀, 当溶液中 pH 调节为 8 左右时  $\text{AsO}_4^{3-}$  浓度增大,  $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$  大量沉淀。

## 素养提升卷(五)

### 一、选择题

1. B 解析:向  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  悬浊液中滴加  $\text{FeCl}_3$  溶液, 可使  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  转化为红褐色沉淀  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , A 正确;碳酸氢钠属于抗酸药, 醋酸会与  $\text{NaHCO}_3$  反应, 从而降低药效, B 错误;氯化铁为强酸弱碱盐, 溶于水后易发生水解, 为抑制水解, 配制氯化铁溶液时需加入适量盐酸, C 正确;水垢中的  $\text{CaSO}_4$  可先用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液处理, 发生反应:  $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ , 将  $\text{CaSO}_4$  转化为疏松、易溶于酸的  $\text{CaCO}_3$ , 而后用酸

除去  $\text{CaCO}_3$ , D 正确。

2. D 解析:  $K_{sp}$  只与温度有关, 大多数难溶物的  $K_{sp}$  随温度升高而增大, 但也有少数物质的  $K_{sp}$  随温度升高而减小, A 错误;易溶于水的电解质在溶液中也存在溶解和结晶(沉淀)的平衡, 只是不饱和溶液中溶解速率大于结晶速率, 饱和溶液中溶解速率等于结晶速率, B 错误;在相同温度下, 阴、阳离子个数比相同的难溶电解质中,  $K_{sp}$  越小, 其溶解度也越小, 如果没有条件限制, 这个结论就不一定成立, C 错误;温度不变,  $K_{sp}$  不变, D 正确。

3. D 4. B

5. C 解析:由题图可知,  $K_{sp}[\text{Ag}_2\text{CrO}_4] = c(\text{CrO}_4^{2-}) \cdot c^2(\text{Ag}^+) = 10^{-11.95}$ , A 错误;纵坐标越大, 表示  $c(\text{Ag}^+)$  越小, a 点处  $c(\text{Ag}^+)$  小于相同  $c(\text{Cl}^-)$  时对应的平衡点的  $c(\text{Ag}^+)$ , 所以 a 点处  $Q(\text{AgCl}) < K_{sp}(\text{AgCl})$ , B 错误;由题图可知,  $K_{sp}(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) = 10^{-9.75}$ ,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{AgCl}(\text{s}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$  的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CrO}_4^{2-})}{c^2(\text{Cl}^-)} = \frac{c(\text{CrO}_4^{2-}) \cdot c^2(\text{Ag}^+)}{c^2(\text{Cl}^-) \cdot c^2(\text{Ag}^+)} = \frac{K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{[K_{sp}(\text{AgCl})]^2} = \frac{10^{-11.95}}{(10^{-9.75})^2} = 10^{7.55}$ , C 正确;据题图可知当  $c(\text{Cl}^-) = c(\text{CrO}_4^{2-})$  时, 生成  $\text{AgCl}$  沉淀所需的  $\text{Ag}^+$  浓度更小, 所以滴入硝酸银溶液时, 先生成  $\text{AgCl}$  沉淀, D 错误。

6. B 解析: A 项, 由实验一的现象知, 镁条和水反应生成  $\text{H}_2$  和难溶物  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , 正确; B 项,  $\text{NaCl}$  对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  在水中的溶解度无影响, 错误; C 项, 由实验二可知  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$  在水中的溶解过程是吸热的, 正确; D 项, 在  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  饱和溶液中滴加  $\text{CoCl}_2$  溶液后, 发生反应:  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{Co}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Co}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ , 则  $c(\text{Mg}^{2+}) : c(\text{Co}^{2+}) = [c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)] : [c(\text{Co}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)] = K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2] : K_{sp}[\text{Co}(\text{OH})_2] = 2\ 500 : 1$ , 正确。

7. B 解析:由图中 b、c 两点对应数据可知,  $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{OH}^-) = 10^{-38.1}$ ,  $K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 10^{-19.2}$ , 故  $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] < K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ , A 正确;向溶液中加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$  固体,  $\text{NH}_4^+$  结合  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$  的沉淀溶解平衡正向移动,  $c(\text{Fe}^{3+})$  增大, 故不能使溶液由 a 点变到 b 点, B 错误;只要温度不发生改变, 溶液中  $c(\text{H}^+)$  与  $c(\text{OH}^-)$  的乘积(即  $K_w$ )就不变, 故 c、d 两点代表的溶液中  $c(\text{H}^+)$  与  $c(\text{OH}^-)$  的乘积相等, C 正确; b、c 两点分别处在两条沉淀溶解平衡曲线上, 故  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$  分别在对应溶液达到

饱和,D正确。

## 二、选择题

8. C 解析: A 项,滴加至 A 点时,根据元素质量守恒知  $n(\text{K}^+) = 2n(\text{CO}_3^{2-}) + 2n(\text{HCO}_3^-) + 2n(\text{H}_2\text{CO}_3)$  (此时无二氧化碳生成),由题图 A 点知  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{CO}_3^{2-}) > n(\text{HCO}_3^-)$ ,则  $c(\text{K}^+) > 4c(\text{HCO}_3^-)$ ,正确; B 项,  $K_{a1} = \frac{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 4.31 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = \frac{c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-)} = 5.60 \times 10^{-11}$ , B 点时,  $n(\text{CO}_3^{2-}) = n(\text{HCO}_3^-)$ ,  $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)} = \frac{K_{a1}}{K_{a2}} = \frac{4.31 \times 10^{-7}}{5.60 \times 10^{-11}} \approx 7.70 \times 10^3$ ,正确; C 项,由 C 点知,  $n(\text{Cl}^-) > n(\text{HCO}_3^-) > n(\text{CO}_3^{2-})$ ,此时加入  $n(\text{HCl}) = 0.01 \text{ mol}$ ,溶液溶质为  $\text{KCl}$  和  $\text{KHCO}_3$ ,且等浓度,由元素质量守恒得  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{CO}_3^{2-}) + n(\text{HCO}_3^-) + n(\text{H}_2\text{CO}_3)$ ,又因为  $\text{HCO}_3^-$  的水解程度大于其电离程度,即  $n(\text{H}_2\text{CO}_3) > n(\text{CO}_3^{2-})$ ,所以  $c(\text{Cl}^-) > c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$ ,错误; D 项, D 点时,  $n(\text{Cl}^-) = 0.02 \text{ mol}$ ,说明  $\text{K}_2\text{CO}_3$  和盐酸恰好完全反应,生成的二氧化碳部分溶于水,则溶液的  $\text{pH} < 7$ ,正确。

9. C 解析:  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液中存在质子守恒:  $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HS}^-) + 2c(\text{H}_2\text{S})$ , A 错误;向  $\text{AgCl}$  悬浊液中加入足量氨水,溶液变澄清,得到银氨溶液,离子方程式为  $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ , B 错误;反应  $2\text{AgCl}(\text{s}) + \text{S}^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{S}(\text{s}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$  的平衡常数  $K = \frac{c^2(\text{Cl}^-)}{c(\text{S}^{2-})} = \frac{c^2(\text{Cl}^-) \cdot c^2(\text{Ag}^+)}{c(\text{S}^{2-}) \cdot c^2(\text{Ag}^+)} = \frac{K_{sp}^2(\text{AgCl})}{K_{sp}(\text{Ag}_2\text{S})} = \frac{(2.0 \times 10^{-10})^2}{2.0 \times 10^{-48}} = 2 \times 10^{28}$ ,当浓度商  $Q = \frac{c^2(\text{Cl}^-)}{c(\text{S}^{2-})} < K$  时,反应正向移动, C 正确;根据题意可知,体系中有  $\text{AgCl}$  沉淀剩余,为  $\text{AgCl}$  饱和溶液,所以  $c(\text{Ag}^+) = \frac{K_{sp}(\text{AgCl})}{c(\text{Cl}^-)}$ , D 错误。

10. BD 解析: A 项,  $\text{CuCl}$  的饱和溶液中加入少量  $\text{NaCl}$  固体,  $\text{NaCl}$  会电离出氯离子,所以  $c(\text{Cl}^-)$  增大,错误; B 项,由题意可知,  $K_{sp}(\text{CuCl}) > K_{sp}(\text{CuBr}) > K_{sp}(\text{CuI})$ ,则  $\text{pCu}$  相同时,  $\text{pCl} < \text{pBr} < \text{pI}$ ,所以 x 代表  $\text{CuCl}$ , y 代表  $\text{CuBr}$ , z 代表  $\text{CuI}$ ,根据题图可知在 P 点,  $c(\text{Cu}^+) = c(\text{Cl}^-)$ ,正确; C 项,升高温度  $K_{sp}$  发生改变, M 点不会还在 y 曲线上,错误; D 项,  $\text{CuBr}(\text{s}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CuI}(\text{s}) + \text{Br}^-(\text{aq})$  的平衡常数  $K = \frac{c(\text{Br}^-)}{c(\text{I}^-)} = \frac{c(\text{Br}^-) \cdot c(\text{Cu}^+)}{c(\text{I}^-) \cdot c(\text{Cu}^+)} =$

$$\frac{K_{sp}(\text{CuBr})}{K_{sp}(\text{CuI})} = \frac{1.0 \times 10^{-9}}{1.0 \times 10^{-12}} = 1.0 \times 10^3, \text{正确。}$$

## 三、非选择题

11. (1)  $10^5$  (2) 8.5~11

解析: (1) 当溶液中  $\text{ZnS}$  与  $\text{CuS}$  共存时,说明二者均在溶液中达到了饱和,  $\frac{c(\text{Zn}^{2+})}{c(\text{Cu}^{2+})} =$

$$\frac{c(\text{Zn}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})}{c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})} = \frac{K_{sp}(\text{ZnS})}{K_{sp}(\text{CuS})} = \frac{10^{-25}}{10^{-30}} = 10^5。$$

(2) 由氢氧化锌和氢氧化铜的溶度积常数可知,常温下,氢氧化铜的溶解度小,要使两种离子均沉淀完全要确保氢氧化锌完全沉淀,  $c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{K_{sp}[\text{Zn}(\text{OH})_2]}{c(\text{Zn}^{2+})}} = \sqrt{\frac{10^{-17}}{10^{-6}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-5.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 8.5$ ,又因  $\text{pH} > 11$  时,  $\text{Zn}^{2+}$  会转化为  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ,因此  $\text{pH}$  还应小于 11,  $\text{pH}$  应满足的范围为 8.5~11。

12. (1)  $< 5.0 \times 10^{-9}$  (2) ABC (3) 3

解析: (1) 升高温度促进  $\text{BaSO}_4$  溶解,溶度积常数增大,则依据题图可知  $T_1 < T_2$ ;  $T_2$  时根据 c 点对应的离子浓度可知  $K_{sp}(\text{BaSO}_4) = c(\text{SO}_4^{2-}) \cdot c(\text{Ba}^{2+}) = 5.0 \times 10^{-5} \times 1.0 \times 10^{-4} = 5.0 \times 10^{-9}$ 。

(2) A 项,加入  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度增大,  $\text{Ba}^{2+}$  浓度减小,则可由 a 点变为 b 点,正确; B 项,在  $T_1$  曲线上方区域(不含曲线)的任意一点时离子积均大于溶度积,因此均有  $\text{BaSO}_4$  沉淀生成,正确; C 项,蒸发溶剂,  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  浓度均增大,因此可能由 d 点变为  $T_1$  曲线上 a、b 之间的某一点(不含 a、b),正确; D 项,升温,沉淀溶解平衡正向移动,  $c(\text{SO}_4^{2-})$ 、 $c(\text{Ba}^{2+})$  都会变大,不可能由 b 点变为 d 点,错误。

(3) 设每次用 1 L  $1.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液能处理 x mol  $\text{BaSO}_4$ ,根据  $\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  可知,  $c(\text{SO}_4^{2-}) = x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{CO}_3^{2-}) = (1.7 - x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $K = \frac{K_{sp}(\text{BaSO}_4)}{K_{sp}(\text{BaCO}_3)} = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{x}{1.7 - x} = \frac{5.0 \times 10^{-9}}{1.19 \times 10^{-7}} \approx 0.042$ ,解得  $x \approx 0.069$ ,处理次数  $= \frac{0.2 \text{ mol}}{0.069 \text{ mol}} \approx 3$ 。

13. (1) ①  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$

②  $c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{CO}_3^{2-})$  ③ = ④  $10^{-5}$

(2) ①  $\text{Cu}^{2+} < ② 6$

解析: (1) ① 溶液 IV 的溶质为  $\text{NaClO}$ ,  $\text{ClO}^-$  水解使溶液显碱性,离子方程式为  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$ 。② 溶液 III 的溶质为  $\text{NaHCO}_3$ ,

$\text{HCO}_3^-$  为阴离子中浓度最大的,  $\text{HCO}_3^-$  既可水解又可电离, 离子方程式分别为  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ 、 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$ , 由题表中数据得, 常温下其溶液  $\text{pH}=8.4$ , 显碱性, 即水解程度大于电离程度, 则  $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{CO}_3^{2-})$ , 阴离子浓度大小为  $c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{CO}_3^{2-})$ 。③溶液 II (醋酸铵溶液) 显中性, 则  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  和  $\text{NH}_4^+$  的水解程度相同即水解常数相等, 又因水解常数  $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{K_w}{K_b}$ , 所以  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 。④溶液 I 的  $\text{pH}=5$ ,  $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 这些  $\text{H}^+$  全部是由水电离产生的, 即  $c(\text{H}^+)_{\text{水}} = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) ①3 种沉淀中金属离子和  $\text{OH}^-$  的个数比均为 1:2,  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  三种离子浓度相同时,  $\text{Cu}^{2+}$  开始沉淀时  $\text{pH}$  最小, 最先沉淀。②沉淀完全时溶液中的  $c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}}{c(\text{Cu}^{2+})}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-20}}{0.2 \times 10^{-3}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \sqrt{10^{-16}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{pOH}=8$ ,  $\text{pH}=6$ 。

## 小测试(二十一) 原电池的工作原理

### 【预习自评】

1. × 2. × 3. × 4. ✓ 5. × 6. × 7. × 8. A  
9. (1) ①正(或铜) ②65 g

(2) 不可以。因为  $\text{AgNO}_3$  溶液能和  $\text{KCl}$  溶液反应生成  $\text{AgCl}$  沉淀, 盐桥中可以是装有含  $\text{KNO}_3$  饱和溶液的琼胶。

### 【针对训练】

1. D  
2. B 解析: 该装置为原电池, 铁片作负极, 碳棒作正极, A 错误; 碳棒为正极, 铜离子在碳棒上得电子生成铜沉积在碳棒上, 碳棒质量增加, B 正确; 该装置为原电池, 能将化学能转化为电能, C 错误; 外电路中电子由铁片流出经过电流计流向碳棒, D 错误。  
3. B 4. B 5. A  
6. C 解析: 加入适量的  $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液, 增大了氢离子的浓度, 也增大了氢离子的物质的量, 生成氢气的总量会增多, A 错误; 加入适量蒸馏水, 氢离子的浓度减小, 化学反应速率减小, B 错误; 加入数滴硫酸铜溶液, 与足量锌片构成锌铜原电池, 加快反应速率, 且没有改变氢离子的物质的量, 不影响生成氢气的总量, C 正确; 加入适量的硫酸钠溶液, 氢离子的浓度减小, 化学反应速率减小, D 错误。

7. B

8. D 解析: 由题图并结合原电池原理分析可知,  $\text{Fe}^{3+}$  得到电子变为  $\text{Fe}^{2+}$ , 被还原,  $\text{I}^-$  失去电子变为  $\text{I}_2$ , 被氧化, A、B 正确; 电流表读数为零时, 反应达到化学平衡状态, C 正确; 向甲中加入  $\text{FeCl}_2$  固体, 平衡向逆反应方向移动, 此时  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化,  $\text{I}_2$  被还原, 故甲中石墨电极为负极, 乙中石墨电极为正极, D 错误。

9. (1)  $\text{Mg} - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+}$   $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$   
(2) 铝片  $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2 \uparrow$   
(3) Mg Al (4) AD (5) 不可靠 在两电极之间连上一个电流表测电流方向, 判断原电池的正、负极

## 小测试(二十二) 化学电源

### 【预习自评】

1. ✓ 2. ✓ 3. ✓ 4. × 5. × 6. ✓ 7. ×  
8. ×

9. BD 解析: Fe 和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液不反应, Ag 和  $\text{CuSO}_4$  溶液也不反应, 该体系不能构成原电池, A 错误; Cu 和  $\text{AgNO}_3$  溶液反应, 该体系能构成原电池, B 正确; 电子由负极沿导线流向正极, C 错误; 在原电池中, 阳离子移向正极, 阴离子移向负极, D 正确。

10. (1) 锌粉  $\text{Ag}_2\text{O}$  KOH 溶液  
(2)  $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$   
 $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$

### 【针对训练】

1. D 解析: 根据电池总反应式可知, Zn 失电子作负极, 则石墨作正极, A 错误; 放电时,  $\text{NH}_4^+$  得电子发生还原反应, 被还原, B 错误; 该装置是原电池, 将化学能转化为电能, C 错误; 放电时, 电子从负极(即 Zn 电极)沿导线流向正极(即石墨电极), D 正确。  
2. A 3. C 4. B  
5. A 解析: 该电池的 a 极, 氢气失电子生成氢离子, 发生氧化反应, A 正确; 电解质溶液呈酸性, 产生的电极产物在电解质溶液中要能稳定存在, 正极反应为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ , B 错误; 在原电池中阳离子向正极移动, 即氢离子通过质子交换膜移动到 b 极, C 错误; 电池中存在化学能转化为热能的能量转化, 则化学能不可能 100% 转化为电能, D 错误。  
6. B 解析: 该燃料电池的电解质溶液为强碱溶液, 放电时, 通入氧气的一极为正极, 发生还原反应, 电极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ ; 通入乙醇的

一极为负极,发生氧化反应,电极反应式为  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 16\text{OH}^- - 12\text{e}^- = 2\text{CO}_3^{2-} + 11\text{H}_2\text{O}$ ,则 A 错误,B 正确;由负极反应式可知,消耗 0.2 mol 乙醇,转移电子的物质的量为 2.4 mol,C 错误;由正极反应式可知,正极附近溶液的氢氧根离子浓度增大,溶液碱性增强,pH 增大,D 错误。

7. B

8. D 解析:“工作电极”上  $\text{NO}_2$  转化为  $\text{NO}$ ,化合价降低,作原电池的正极,则“对电极”为负极,A 错误;“工作电极”上发生的电极反应为  $\text{NO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ,B 错误;传感器工作时, $\text{H}^+$  由“对电极”移向“工作电极”,C 错误;“对电极”为负极,“对电极”的材料可能为活泼金属锌,D 正确。

9. (1)  $\text{SOCl}_2 + 2\text{SOCl}_2 + 4\text{e}^- = 4\text{Cl}^- + \text{S} + \text{SO}_2 \uparrow$   
(2) 出现白雾,有刺激性气味气体生成  $\text{SOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{HCl} \uparrow$   
(3) 构成电池的主要成分 Li 能与氧气、水反应, $\text{SOCl}_2$  也与水反应  
(4)  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Fe}$   $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$  固体

解析:(1) $\text{SOCl}_2$  中 S 元素得电子,化合价降低,从题给电池反应可推出产物为  $\text{Cl}^-$ 、S、 $\text{SO}_2$  (或用总反应式减去负极反应式)。

(2)题中已给出信息:碱液吸收时的产物是  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  和  $\text{NaCl}$ ,则没有碱液吸收时的产物应为  $\text{SO}_2$  和  $\text{HCl}$ ,进而推出现象。

## 小测试(二十三) 电解原理

### 【预习自评】

1.  $\times$  2.  $\checkmark$  3.  $\checkmark$  4.  $\checkmark$  5.  $\times$  6.  $\checkmark$  7. D

8. (1) 负极 (2) 阳极  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$  氧化

(3) 阴 阳  $2\text{HCl} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$

### 【针对训练】

1. B 2. B

3. B 解析:Y 电极上产生能使湿润的淀粉-KI 试纸变蓝的黄绿色气体,即产生氯气,则 Y 电极为阳极,与 Y 电极相连的 b 为电源正极,X 电极为阴极,与 X 电极相连的 a 为电源负极。根据分析可知 a 为电源负极,A 错误;X 电极为阴极,铜离子在阴极被还原生成铜单质,所以 X 电极质量增加,B 正确;Y 电极为阳极,若换成 Cu,则 Cu 被氧化生成铜离子,电极质量减小,C 错误;X 电极为阴极, $\text{Cu}^{2+}$  在电极表面得电子发生还原反应,D 错误。

4. A

5. C 解析:设混合溶液的体积为 4 L,物质的量浓度均为  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,溶液中硫酸铜和氯化钠的物质的

量分别为 3 mol 和 1 mol,根据转移电子守恒,第一阶段:阳极上氯离子放电,阴极上铜离子放电,电解的方程式是  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow$ ,氯离子完全反应时,剩余铜离子 2.5 mol;第二阶段:阳极上氢氧根离子放电,阴极上铜离子放电,电解的方程式是  $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Cu} + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ;第三阶段:阳极上氢氧根离子放电,阴极上氢离子放电,电解的方程式是  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 。

6. C

7. C 解析:A 应通  $\text{HCl}$ ,B 加  $\text{CuO}$ ,C 加  $\text{H}_2\text{O}$ ,D 不需加任何物质。

8. AD 解析:湿润的淀粉-KI 试纸的 C 端变为蓝色,说明 C 端上碘离子失去电子变为碘单质,C 端为阳极,则 F 为电源的正极,E 为电源的负极,A 正确;E 为负极,则 A 中 Fe 为阴极,溶液中银离子在阴极得到电子变为银单质,B 错误;题干中未说明气体所处状况,无法计算气体体积,C 错误;F 为正极,Cu 为阳极,因此 Cu 极反应为  $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ ,D 正确。

9. (1) 电解池  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$

(2)  $\text{B} \rightarrow \text{A}$  此时乙池中  $c(\text{Ag}^+)$  大于甲池,B 电极作正极 0.1

解析:(1)实验开始时先闭合  $\text{K}_1$ ,断开  $\text{K}_2$ ,此时该装置为电解池,A 电极与电源负极相连作阴极, $\text{Ag}^+$  在阴极得电子生成 Ag 单质,电极反应式是  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$ 。

(2)根据已知信息“ $\text{Ag}^+$  浓度越大,氧化性越强”,电解一段时间后甲、乙两池中  $\text{Ag}^+$  浓度不相同,乙池中  $\text{Ag}^+$  浓度较大。断开  $\text{K}_1$ ,闭合  $\text{K}_2$  时,B 电极上可发生电极反应  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$ ,B 电极作原电池(浓差电池)的正极,A 电极作负极,故电流的方向为  $\text{B} \rightarrow \text{A}$ 。当反应至两池中  $\text{Ag}^+$  浓度相等时,电势差为零,电流计指针重新归零,此时 A 极减轻 10.8 g,B 极增重 10.8 g,共转移 0.1 mol 电子,溶液中迁移的  $\text{NO}_3^-$  也为 0.1 mol。

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

(2)  $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Cu} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$

(3) 能,因为硫酸铜溶液已转变为硫酸溶液,反应变为电解水的反应

(4) 向丙烧杯中加入一定量水

解析:(1)乙中 c 电极质量增加,则 c 处发生的电极反应为  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ,即 c 为阴极,由此可推出 b 为阳极,a 为阴极,M 为负极,N 为正极。而

$\text{Cu}^{2+}$  只能和  $\text{SO}_4^{2-}$  结合, 可以确定 B 为硫酸铜; 由常温下各烧杯中溶液的 pH 与电解时间  $t$  的关系图, 可以确定 A 为 KOH 或 NaOH, C 为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  或  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 。甲中为 KOH 或 NaOH 溶液, 相当于电解  $\text{H}_2\text{O}$ , 阳极 b 处为  $\text{OH}^-$  放电, 即  $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。

(2) 乙烧杯中是电解  $\text{CuSO}_4$  溶液, 反应方程式为  $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Cu} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

(3) 乙中铜全部析出后, 电解质变为  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 所以电解反应仍能继续进行。

## 小测试(二十四) 电解原理的应用

### 【预习自评】

1. × 2. × 3. × 4. × 5. ✓ 6. ✓ 7. ✓

8. C 解析: 电解精炼铜时, 粗铜为电解池的阳极, 纯铜为电解池的阴极, A 正确; 电解质溶液中含  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  在阴极上得到电子析出铜, B 正确; 粗铜为电解池的阳极, 阳极上比铜活泼的金属锌、铁、镍等会先于金属铜失电子, C 错误; 纯铜为电解池的阴极, 电极反应为  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ , D 正确。

9. (1) 负 (2)  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$

$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO} + \text{H}_2 \uparrow$

解析: 要生成 NaClO,  $\text{Cl}_2$  需被 NaOH 充分吸收, 则应在消毒液发生器 c 电极上产生  $\text{Cl}_2$ , 故 a 为负极, b 为正极, c 为阳极, d 为阴极。

### 【针对训练】

1. D

2. B 解析: 在金属表面镀银, 应把镀件挂在电镀池的阴极, 镀层金属银作阳极, 电镀液是含有银离子的溶液, AgCl 溶解度太小, 不适合作电镀液, 硝酸银溶液满足条件, B 正确。

3. C 解析: A 项, 电解精炼铜时, 粗铜应作阳极, 与直流电源的正极相连, 错误; B 项, 金属的活动性顺序为  $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag}$ , 阳极上 Zn、Fe、Cu 放电, 而阴极的电极反应为  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ , 根据得失电子守恒可知, 阴极析出的 Cu 的物质的量大于阳极参与反应的 Cu 的物质的量, 溶液中硫酸铜的浓度减小, 错误; C 项, 根据电极反应:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ , 电路中每通过  $3.01 \times 10^{23}$  个 (0.5 mol) 电子, 得到的精铜的质量为  $0.25 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 16 \text{ g}$ , 正确; D 项, 金属的活动性顺序为  $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag}$ , 因此 Ag 不会放电, 而是以单质的形式沉积下来, 错误。

4. C

5. C 解析: 铝土矿的主要成分是  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 可用石墨作

电解池的阴、阳极电解氧化铝冶炼铝, A 正确;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点较高, 加入冰晶石和氟化钙可降低氧化铝的熔点, B 正确; 氯化铝是共价化合物, 熔融状态下不导电, 无法电解, C 错误; 用石墨电极电解氧化铝, 高温下阳极生成的氧气能氧化碳生成 CO、 $\text{CO}_2$ , 则冶炼过程中, 阳极材料可能会因不断被消耗而需要定期更换, D 正确。

6. C 解析: 串联电路中, 相同时间内各电极得电子或失电子的物质的量相同, 各电极上放出气体的物质的量之比为定值。不必注意电极增重是多少, 只要判断出生成何种气体及生成一定物质的量该气体所得失电子的物质的量, 就可以通过得失电子守恒判断气体体积之比。第一个烧杯中放出  $\text{Cl}_2$ , 第二个烧杯中放出  $\text{Cl}_2$  和  $\text{H}_2$ , 第三个烧杯中放出  $\text{O}_2$ 。在有 1 mol 电子转移时, 生成的气体的物质的量分别是 0.5 mol、0.5 mol、0.5 mol 和 0.25 mol。所以共放出有色气体 ( $\text{Cl}_2$ ) 0.5 mol + 0.5 mol = 1 mol, 无色气体 ( $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2$ ) 0.5 mol + 0.25 mol = 0.75 mol。

7. B 解析: 根据图示可知, 在 b 电极上产生  $\text{N}_2$ , N 元素失去电子化合价升高, 所以 b 电极为阳极, 连接电源的正极, A 错误; a 电极上产生  $\text{H}_2$ , a 电极为阴极, 电极反应式为  $2\text{NH}_3 + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{NH}_2^-$ , B 正确; 电解过程中, 阳离子  $\text{K}^+$  会向阴极区产生定向移动, 最终导致阴极附近  $\text{K}^+$  浓度增大, C 错误; 每反应产生 1 mol  $\text{H}_2$ , 转移 2 mol 电子, 每反应产生 1 mol  $\text{N}_2$ , 转移 6 mol 电子, 故阴极产生的  $\text{H}_2$  与阳极产生的  $\text{N}_2$  的物质的量之比是 3 : 1, D 错误。

8. D 解析: 根据实验装置图, 电源正极对应 I 室为阳极室, 电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ; 电源负极对应 III 室为阴极室, 电极反应式为  $\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Co}$ 。  $\text{H}^+$  通过阳离子交换膜由 I 室进入 II 室,  $\text{Cl}^-$  通过阴离子交换膜由 III 室进入 II 室。A 项, 工作时, I 室因消耗  $\text{H}_2\text{O}$ , 溶液 pH 减小, II 室因  $\text{H}^+$  由 I 室迁移过来而使溶液 pH 减小, 错误; B 项, 生成 1 mol Co, 转移 2 mol  $\text{e}^-$ , 消耗 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$ , I 室溶液质量理论上减少 18 g, 错误; C 项, 移除两交换膜后, 石墨电极上发生的电极反应式为  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ , 错误; D 项, 电解总反应为  $2\text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{Co} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ , 正确。

9. (1) a  $\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{NO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (或  $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ )

(2)  $\text{LiOH}$   $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$  B

(3) 负  $4\text{Al}_2\text{Cl}_7^- + 3\text{e}^- = \text{Al} + 7\text{AlCl}_4^-$   $\text{H}_2$

## 小测试(二十五) 金属的腐蚀与防护

### 【预习自评】

1. ✓ 2. ✗ 3. ✗ 4. ✓ 5. ✗ 6. ✓ 7. C

8. D

9. (1) ①  $2\text{Fe}-4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}$  ②  $\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}+4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$  (2) 吸氧 (3) 析氢 锌(或其他比 Fe 活泼的金属)

### 【针对训练】

1. D 解析: 当钢铁表面的水膜酸性很弱或呈中性时, 铁在负极放电, 氧气在正极上放电, 发生的是钢铁的吸氧腐蚀, A 正确; 当钢铁表面的水膜酸性较强时, 铁在负极放电, 水膜中的氢离子在正极放电生成氢气, 发生的是析氢腐蚀, B 正确; 在电解池中, 阴极被保护, 故要保护钢铁, 应使钢铁作电解池的阴极, C 正确; 在原电池中, 正极被保护, 将锌板换成铜板后, 铜板作正极被保护, 钢铁作负极被腐蚀, 起不到对钢铁的保护作用, D 错误。

2. D

3. A 解析: 测定中和热的装置少了烧杯外的隔热层以及杯盖等多个保温隔热措施的装置, 实验误差大, B 错误; 要比较  $\text{AgCl}$  和  $\text{Ag}_2\text{S}$  溶解度大小, 应该向  $\text{AgNO}_3$  溶液中加入足量的  $\text{NaCl}$  溶液, C 错误; 食盐水浸泡过的铁钉所处的环境是中性溶液环境, 发生的是吸氧腐蚀, 不是析氢腐蚀, 无法达到实验目的, D 错误。

4. C 5. C

6. D 解析: 硫酸盐还原菌中的蛋白质在高温下易变性, 失去催化效果, 则输送暖气的管道不易发生此类腐蚀, 故 A 不符合题意; 在 pH 为 7~8 的弱碱性条件下, 原电池的正极发生还原反应, 由图示可知正极反应式为  $\text{SO}_4^{2-}+5\text{H}_2\text{O}+8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{HS}^-+9\text{OH}^-$ , 故 B 不符合题意; 腐蚀在硫酸盐还原菌作用下进行, Fe 腐蚀的最终产物中 Fe 元素的化合价不会呈 +3 价, 故 C 不符合题意; 管道上刷富锌油漆, 构成  $\text{Zn}-\text{Fe}$  原电池, Fe 为正极, 可以延缓管道的腐蚀, 故 D 符合题意。

7. D 解析: 由题表可知, 随 pH 的升高, 碳钢腐蚀速率先减慢后逐渐加快, A 错误; 碱性条件下钢铁发生吸氧腐蚀, 煮沸除氧气后的碱性溶液中氧气浓度降低, 碳钢腐蚀速率会减慢, B 错误; 在 pH=14 的溶液中, 碳钢发生吸氧腐蚀, 负极反应为  $4\text{OH}^-+\text{Fe}-3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{FeO}_2^-+2\text{H}_2\text{O}$ , C 错误。

8. D 解析: 若 X 为碳棒, 开关 K 置于 A 处, Fe 作电解池的阴极, 属于外加电流法, A 正确; 若 X 为碳

棒, 开关 K 置于 B 处, Fe 作原电池的负极, 电极反应为  $\text{Fe}-2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ , D 错误; 若 X 为锌棒, 开关 K 置于 A 处, Fe 作电解池的阴极, 属于外加电流法, 开关 K 置于 B 处时, Fe 作原电池的正极, 属于牺牲阳极法, B、C 均正确。

9. (1) 阳 阴  $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$  (2) b 牺牲阳极法,  $\text{Zn}-2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ , 锌板被腐蚀溶解

(3)  $2\text{Fe}^{3+}+3\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}(\text{OH})_3+3\text{Mg}^{2+}$

解析: (1) 电镀时, 镀件作阴极, 镀层金属作阳极, 故铁表面镀铜时, 铜作阳极, 铜离子向阴极移动, 阴极的电极反应式为  $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$ 。

(2) 为了减缓海水对铁闸门 A 的腐蚀, 利用牺牲阳极法, 材料 B 作负极, 其活动性大于铁, 故选择锌板, 锌板被腐蚀溶解, 需定期拆换。

10. (1) 吸氧 ACD

(2) 逐渐减慢 氧气的浓度

(3) ①  $\text{O}_2+4\text{e}^-+2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$

②  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液(或铁氰化钾溶液)

③  $\text{Fe}-2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$  ④ b

(4)  $3\text{Fe}-8\text{e}^-+4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4+8\text{H}^+$

解析: (1) 图甲中左侧具支试管中的铁钉发生吸氧腐蚀, 消耗氧气, 导致具支试管中压强减小, 右侧试管的导管中液面上升。用纯氧气代替试管内空气, 氧气的浓度增大, 反应速率加快, A 正确; 用酒精灯加热具支试管提高温度, 试管内气体受热膨胀, 压强增大, 不能更快、更清晰地观察到液柱上升, B 错误; 将铁钉换成铁粉和炭粉混合粉末, 会形成许多微小的原电池, 使反应速率加快, C 正确; 换成更细的导管, 高度变化更灵敏, 且滴加红墨水使导管内液面变化更明显, D 正确。

(2) 利用题表中数据, 分析每隔 2 min 导管内液柱高度变化值即可判断腐蚀速率的变化, 1~3 min、3~5 min、5~7 min、7~9 min 时间段内液柱上升高度分别为 1.3 cm、0.9 cm、0.7 cm、0.5 cm, 故铁腐蚀的速率随时间逐渐减慢; 铁的锈蚀是铁与氧气、水的反应, 反应过程中不断消耗氧气, 容器内氧气的浓度不断减小, 导致反应速率逐渐减慢, 相同时间内液柱上升的高度逐渐减小。

(3) ① 图乙中铁钉发生吸氧腐蚀, 滴加酚酞后 a 点附近出现红色, 则说明有氢氧根离子产生, 电极反应式为  $\text{O}_2+4\text{e}^-+2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ 。② b 点为 Fe 失电子生成  $\text{Fe}^{2+}$ , b 点周围出现蓝色沉淀说明加入的是铁氰化钾溶液。③ b 点电极反应式为  $\text{Fe}-2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ 。④ b 点作电池的负极, 腐蚀更严重。(4) 阳极为 Fe, Fe 失电子生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 电极反应式为  $3\text{Fe}-8\text{e}^-+4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4+8\text{H}^+$ 。