

# 2023 北京北师大二附中高二 10 月月考

## 化 学

(考试时间: 60 分钟满分: 100 分) 2023.10.7

### I 卷 (共 50 分)

每小题只有一个选项符合题意

1. 下列溶液一定显酸性的是 ( )

A.  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$  的溶液

B. 含  $\text{H}^+$  的溶液

C.  $\text{pH} < 7$  的溶液

D. 加酚酞显无色的溶液

2. 下列关于化学反应方向的说法正确的是

A. 凡是放热反应都是自发反应

B. 凡是熵增大的反应都是自发反应

C. 凡是吸热反应都不是自发反应

D. 反应是否自发, 不只与反应热有关

3. 为测定一定时间内锌和稀硫酸反应的速率, 下列测量依据不可行的是

A.  $m(\text{Zn})$  的变化

B.  $c(\text{H}^+)$  的变化

C.  $c(\text{SO}_4^{2-})$  的变化

D.  $V(\text{H}_2)$  的变化

4. 对  $\text{H}_2\text{O}$  的电离平衡不产生影响的粒子是 ( )

A.  $\text{H}:\ddot{\text{S}}:\text{H}$

B.  $\text{(+17)} \begin{array}{c} \diagup \diagdown \\ 2 \quad 8 \quad 8 \\ \diagdown \diagup \end{array}$

C.  $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ | \quad || \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

D.  ${}_{26}\text{X}^{3+}$

5. 我国研究人员研制出一种新型复合光催化剂, 利用太阳光在催化剂表面实现高效分解水, 主要过程如图所示。



已知:  $\text{H}-\text{H} \xrightarrow[\text{键断裂}]{436 \text{ kJ/mol}} \text{H} + \text{H}$ ;  $\text{H}-\text{O} \xrightarrow[\text{键断裂}]{463 \text{ kJ/mol}} \text{O} + \text{H}$ ;  $\text{O}-\text{O} \xrightarrow[\text{键断裂}]{498 \text{ kJ/mol}} \text{O} + \text{O}$ 。下

列说法不正确的是

A. 过程 II 放出能量

B. 若分解 2 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 估算出反应吸收 482 kJ 能量

C. 催化剂能减小水分解反应的焓变

D. 催化剂能降低反应的活化能, 增大反应物分子中活化分子的百分数

6. 下列事实不能用勒夏特列原理解释的是

A. 加水稀释  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$  溶液, 其电离程度增大

B.  $\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}_4$  的混合气体升温后红棕色加深

C.  $\text{SO}_2$  催化氧化成  $\text{SO}_3$  的反应, 往往需要使用催化剂

D. 向水中加入少量 NaOH(s)后恢复至常温, 溶液的 pH 增大

7. 下列各离子组在指定的溶液中能够大量共存的是

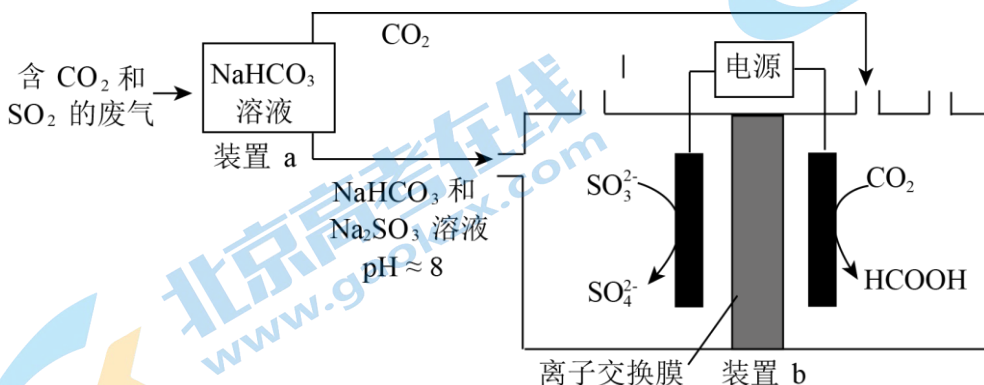
A. 无色溶液中:  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{K}^{+}$ 、 $\text{SCN}^{-}$ 、 $\text{Cl}^{-}$

B. pH=11 的 NaOH 溶液中:  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{NO}_3^{-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$

C. 由水电离出的  $c(\text{H}^{+})=1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液中:  $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{NH}_4^{+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^{-}$

D. 含有  $\text{NO}_3^{-}$  的溶液中:  $\text{I}^{-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{H}^{+}$

8. 回收利用工业废气中的  $\text{CO}_2$  和  $\text{SO}_2$ , 实验原理示意图如下。



下列说法不正确的是

A. 废气中  $\text{SO}_2$  排放到大气中会形成酸雨

B. 装置 a 中溶液显碱性的原因是  $\text{HCO}_3^{-}$  的水解程度大于  $\text{HCO}_3^{-}$  的电离程度

C. 装置 a 中溶液的作用是吸收废气中的  $\text{CO}_2$  和  $\text{SO}_2$

D. 装置 b 中的总反应为  $\text{SO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{HCOOH} + \text{SO}_4^{2-}$

9. 常温下, 关于 100mL pH=2 的硫酸, 下列说法不正确的是

A. 溶液中  $c(\text{H}^{+})=1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

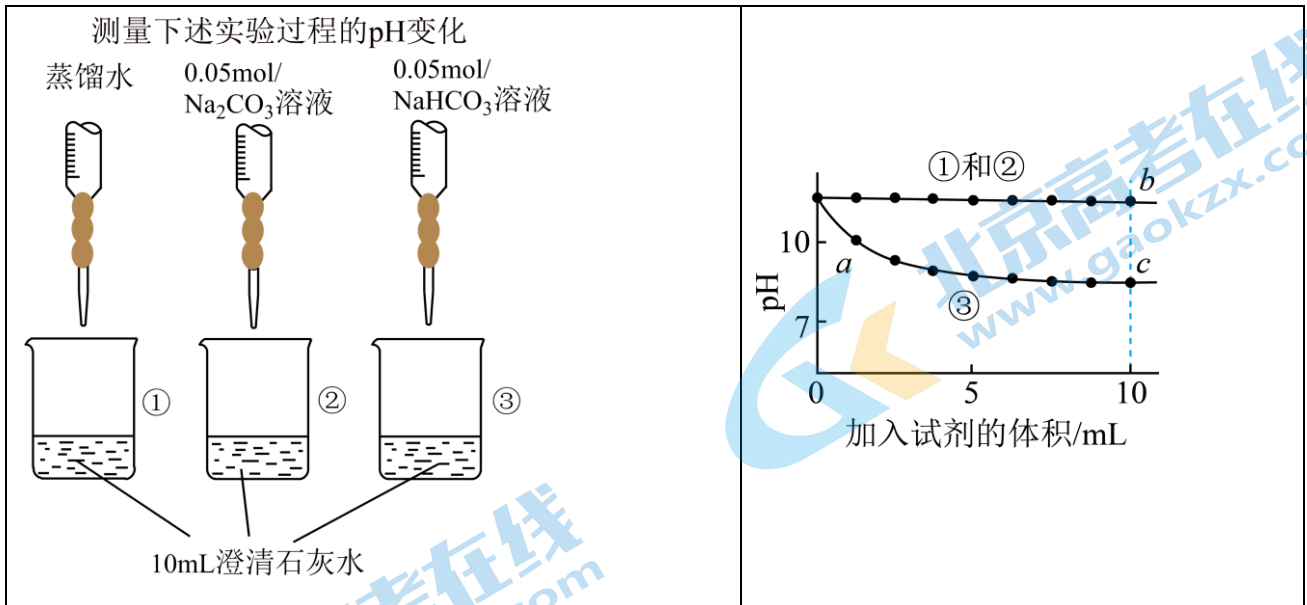
B. 溶液中  $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. 加水稀释至 1000mL, 溶液的 pH=3

D. 加入 100mL pH=12 的氨水, 溶液呈碱性

10. 实验小组利用传感器探究  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的性质。

实验操作	实验数据
------	------



下列分析不正确的是 ( )

- A. ①与②的实验数据基本相同, 说明②中的  $\text{OH}^-$  未参与该反应
- B. 加入试剂体积相同时, ②所得沉淀质量等于③所得沉淀质量
- C. b 点对应溶液中水的电离程度小于 c 点对应溶液中水的电离程度
- D. 从起始到 a 点过程中反应的离子方程式为:  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$

## II 卷 (共 50 分)

11. 水溶液广泛存在于生命体及其赖以生存的环境中, 研究水溶液的性质及反应有重要意义。室温下, 相关酸的电离平衡常数如下表所示:

酸	$\text{HNO}_2$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{HClO}$	$\text{H}_2\text{CO}_3$
电离平衡常数 $K_a$	$5.6 \times 10^{-4}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$4.0 \times 10^{-8}$	$K_{a_1} = 4.5 \times 10^{-7}$ $K_{a_2} = 4.7 \times 10^{-11}$

回答下列问题。

- (1)  $\text{HNO}_2$  的电离方程式是\_\_\_\_\_。
- (2) pH 相同的  $\text{HNO}_2$  溶液和  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液, 溶液的浓度  $c(\text{HNO}_2)$  \_\_\_\_\_  $c(\text{CH}_3\text{COOH})$  (填“<” “=” 或 “>”)。
- (3) 室温下, 用标准  $\text{NaOH}$  溶液滴定未知浓度的  $\text{HNO}_2$  溶液。
- ① 溶液中的  $n(\text{NO}_2^-)$  \_\_\_\_\_ (填“增大” “减小” “不变” 或 “无法判断”)。
- ②  $\text{NaNO}_2$  溶液显 \_\_\_\_\_ (填“酸性”、“碱性” 或 “中性”), 用离子方程式表示其原因: \_\_\_\_\_。
- ③ 当滴加  $\text{NaOH}$  溶液至溶液中的  $c(\text{NO}_2^-) = c(\text{Na}^+)$ , 此时溶液中的 pH \_\_\_\_\_ 7 (填“<” “=” 或 “>”), 判断的依据 \_\_\_\_\_。
- (4) 84 消毒液在生活中有广泛的应用, 其主要成份是  $\text{NaCl}$  和  $\text{NaClO}$ 。

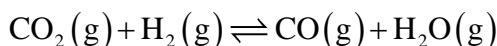
资料：HClO 的氧化性和杀菌消毒效果强于  $\text{ClO}^-$ 。

①待消杀物品喷洒上 84 消毒液后，露置于空气中 10~30 分钟可增强消毒效果，该过程中发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_，请结合电离平衡常数解释消毒效果增强的原因\_\_\_\_\_。

②为了防止消毒液在存储过程中失效，通常要在制备过程中使 NaOH 过量，请用平衡移动原理解释 NaOH 的作用\_\_\_\_\_。

12. 通过化学的方法实现  $\text{CO}_2$  的资源化利用是一种理想的  $\text{CO}_2$  减排途径。

I. 利用  $\text{CO}_2$  制备 CO：一定温度下，在恒容密闭容器中进行如下反应：

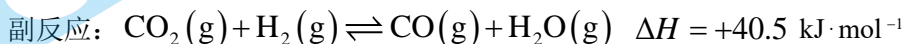
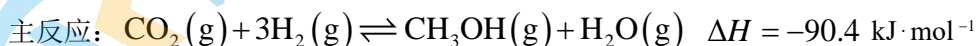


(1) 下列事实能说明上述反应达到平衡状态的是\_\_\_\_\_ (填字母序号)

- A. 体系内  $n(\text{CO}) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 1$       B. 体系压强不再发生变化  
C. 体系内各物质浓度不再发生变化      D. 体系内 CO 的物质的量分数不再发生变化

II. 利用  $\text{CO}_2$  制备甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )

一定条件下，向恒容密闭容器中通入一定量的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$ 。涉及反应如下：



$$\text{已知：} \text{CH}_3\text{OH 产率} = \frac{n(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{出点}}}{n(\text{CO}_2)_{\text{初始}}} \times 100\%$$

(2) 一段时间后，测得体系中  $n(\text{CO}_2) : n(\text{CH}_3\text{OH}) : n(\text{CO}) = a : b : c$ 。

$\text{CH}_3\text{OH}$  产率 = \_\_\_\_\_ (用代数式表示)。

(3) 探究温度对反应速率的影响 (其他条件相同)

实验测得不同温度下，单位时间内的  $\text{CO}_2$  转化率和  $\text{CH}_3\text{OH}$  与 CO 的物质的量之比  $\left[ \frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{CO})} \right]$

如图 1 所示。

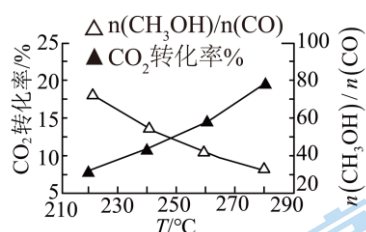


图 1

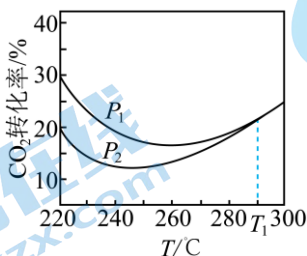


图 2

图 1 中，随着温度的升高， $\text{CO}_2$  转化率升高， $n(\text{CH}_3\text{OH})/n(\text{CO})$  的值下降。解释其原因\_\_\_\_\_。

(4) 探究温度和压强对平衡的影响 (其他条件相同)

不同压强下，平衡时  $\text{CO}_2$  转化率随温度的变化关系如图 2 所示。

①压强  $p_1$  \_\_\_\_\_ (填“大于”或“小于”)  $p_2$ 。

②图 2 中温度高于  $T_1$  时，两条曲线重叠的原因是\_\_\_\_\_。

③下列条件中， $\text{CH}_3\text{OH}$  平衡产率最大的是\_\_\_\_\_ (填字母序号)。

A.  $220^\circ\text{C}$  5MPa B.  $220^\circ\text{C}$  1MPa C.  $300^\circ\text{C}$  1MPa

13. 某小组实验验证反应  $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Ag} \downarrow + \text{Fe}^{3+}$  为可逆反应并测定其平衡常数。

(1) 实验验证

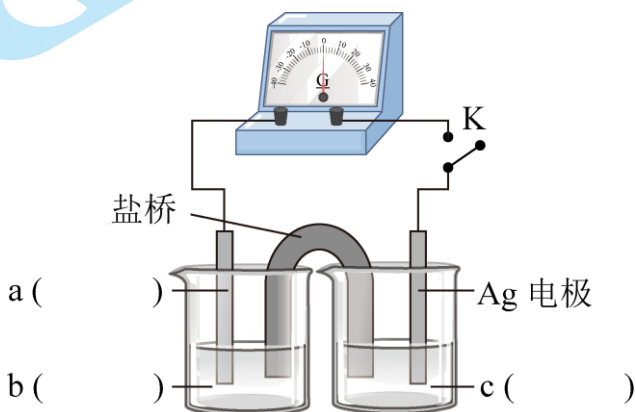
实验 I：将  $0.0100 \text{ mol/L}$   $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  溶液与  $0.0400 \text{ mol/L}$   $\text{FeSO}_4$  溶液 ( $\text{pH}=1$ ) 等体积混合，产生灰黑色沉淀，溶液呈黄色。

实验 II：向少量 Ag 粉中加入  $0.0100 \text{ mol/L}$   $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液 ( $\text{pH}=1$ )，固体完全溶解。

①取 I 中沉淀，加入浓硝酸，证实沉淀为 Ag。现象是\_\_\_\_\_。

②II 中溶液选用  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ，不选用  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  的原因是\_\_\_\_\_。

③小组同学采用电化学装置从平衡移动角度进行验证。补全电化学装置示意图，写出操作及现象\_\_\_\_\_。



(2) 测定平衡常数

实验 III：一定温度下，待实验 I 中反应达到平衡状态时，取  $v \text{ mL}$  上层清液，用  $c_1 \text{ mol/L}$  的 KSCN 标准溶液滴定  $\text{Ag}^+$ ，至出现稳定的浅红色时消耗 KSCN 标准溶液  $v_1 \text{ mL}$ 。

资料： $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- = \text{AgSCN} \downarrow$  (白色)  $K = 10^{12}$

$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- = \text{FeSCN}^{2+}$  (红色)  $K = 10^{2.3}$

①滴定过程中  $\text{Fe}^{3+}$  的作用是\_\_\_\_\_。

②测得平衡常数  $K =$ \_\_\_\_\_。

(3) 思考问题

①取实验 I 的浊液测定  $c(\text{Ag}^+)$ ，会使所测  $K$  值\_\_\_\_\_ (填“偏大”、“无影响”、“偏小”)。

②不用实验 II 中清液测定  $K$  的原因是\_\_\_\_\_。

# 参考答案

## I 卷 (共 50 分)

每小题只有一个选项符合题意

1. 【答案】A

【详解】A.  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$  的溶液, 则一定是酸性溶液, 故 A 符合题意;

B. 酸、碱、盐溶液中都含  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$ , 含  $\text{H}^+$  的溶液不一定显酸性, 故 B 不符合题意;

C. 温度未知,  $\text{pH} < 7$  的溶液不一定为酸性溶液, 故 C 不符合题意;

D. 加酚酞显无色的溶液, 说明  $\text{pH} < 8.2$ , 但不一定是酸性溶液, 故 D 不符合题意;

故选 A。

2. 【答案】D

【分析】判断化学反应进行方向:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$  的反应可以自发进行,  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S > 0$  的反应不能自发进行。

【详解】A. 判断反应的自发性不能只根据焓变, 要用熵变和焓变的复合判据, A 项错误;

B. 判断反应的自发性不能只根据熵变, 要用熵变和焓变的复合判据, B 项错误;

C. 由分析可知, 吸热反应也有可能是自发反应, C 项错误;

D. 反应是否自发, 不只与反应热有关, 还与熵变有关, D 项正确;

答案选 D。

3. 【答案】C

【详解】A.  $m(\text{Zn})$  的变化越快, 锌和稀硫酸反应的速率越快, 该测量依据可行, A 项正确;

B.  $c(\text{H}^+)$  的变化越快, 锌和稀硫酸反应的速率越快, 该测量依据可行, B 项正确;

C. 锌和稀硫酸反应的离子方程式为:  $\text{Zn} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  不参与该反应, 所以测量  $c(\text{SO}_4^{2-})$  的变化无法测得锌和稀硫酸反应的速率, C 项错误;

D.  $V(\text{H}_2)$  的变化越快, 锌和稀硫酸反应的速率越快, 该测量依据可行, D 项正确;

答案选 C。

4. 【答案】B

【详解】A. 硫化氢为酸, 电离出氢离子会抑制水的电离, A 不符合题意;

B. 氯离子为强酸根离子, 不会影响水的电离平衡, B 符合题意;

C. 乙酸根离子为弱酸根离子, 水解促进水的电离, 不 C 符合题意;

D. 图示为 26 号元素形成的铁离子, 铁离子水解促进水的电离, D 不符合题意;

故选 B

5. 【答案】C

【详解】A. 过程 II 为形成新化学键过程, 因此放出能量, A 正确;

B. 电解  $2\text{mol H}_2\text{O}(\text{g})$ , 需要断开  $4\text{mol H-O}$  键, 共吸收  $1852\text{kJ}$  能量, 同时生成  $2\text{mol H-H}$  键和  $1\text{mol O=O}$  键, 共释放  $1370\text{kJ}$  能量, 因此反应吸收  $482\text{kJ}$  能量, B 正确;

C. 根据盖斯定律, 使用催化剂只能改变反应的历程, 不能改变反应的焓变, C 错误;

D. 催化剂可实现高效分解水, 其原理是降低反应的活化能, 增大单位体积内活化分子数, 从而增大活化分子百分数, D 正确;

故选 C。

#### 6. 【答案】C

【详解】A. 加水稀释  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液, 平衡正向移动, 醋酸又电离, 因此醋酸电离程度增大, 能用勒夏特列原理解释, 故 A 不符合题意;

B.  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  是吸热反应,  $\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}_4$  的混合气体升温, 平衡逆向移动, 气体红棕色加深, 能用勒夏特列原理解释, 故 B 不符合题意;

C.  $\text{SO}_2$  催化氧化成  $\text{SO}_3$  的反应, 往往需要使用催化剂, 反应速率加快, 平衡不移动, 不能用勒夏特列原理解释, 故 C 符合题意;

D. 向水中加入少量  $\text{NaOH(s)}$  后恢复至常温, 氢氧根浓度增大, 抑制水的电离, 溶液的 pH 增大, 能用勒夏特列原理解释, 故 D 不符合题意。

综上所述, 答案为 C。

#### 7. 【答案】B

【详解】A.  $\text{Cu}^{2+}$  的水溶液显蓝色, 在无色溶液中不能大量存在, A 不符合题意;

B. pH=11 的  $\text{NaOH}$  溶液显碱性, 含有大量  $\text{OH}^-$ ,  $\text{OH}^-$  与  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  不能发生任何反应, 可以大量共存, B 符合题意;

C. 由水电离出的  $c(\text{H}^+)=1.0\times 10^{-13} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}<1.0\times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 水的电离受到了抑制作用, 溶液可能显酸性, 也可能显碱性。在酸性溶液中,  $\text{H}^+$  与  $\text{HCO}_3^-$  会发生反应而不能大量共存; 在碱性溶液中,  $\text{OH}^-$  与  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$  也会发生反应, 不能大量共存, C 不符合题意;

D. 在含有  $\text{NO}_3^-$  的溶液中:  $\text{NO}_3^-$  与  $\text{I}^-$ 、 $\text{H}^+$  或  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{H}^+$  会发生氧化还原反应, 不能大量共存, D 不符合题意;

故合理选项是 B。

#### 8. 【答案】C

【详解】A.  $\text{SO}_2$  是酸性氧化物, 废气中  $\text{SO}_2$  排放到空气中会形成硫酸型酸雨, 故 A 正确;

B. 装置 a 中溶液的溶质为  $\text{NaHCO}_3$ , 溶液显碱性, 说明  $\text{HCO}_3^-$  的水解程度大于电离程度, 故 B 正确;

C. 装置 a 中  $\text{NaHCO}_3$  溶液的作用是吸收  $\text{SO}_2$  气体,  $\text{CO}_2$  与  $\text{NaHCO}_3$  溶液不反应, 不能吸收  $\text{CO}_2$ , 故 C 错误;

D. 由电解池阴极和阳极反应式可知, 装置 b 中总反应为  $\text{SO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{HCOOH} + \text{SO}_4^{2-}$ , 故 D 正确;

选 C。

9. 【答案】B

【详解】A. pH=2 的硫酸溶液中  $c(\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 正确;

B. 一个  $\text{H}_2\text{SO}_4$  分子中有两个  $\text{H}^+$ ,  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}^+)/2 = 0.5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 错误;

C. 加水稀释至 1000mL,  $c(\text{H}^+) = \frac{1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 溶液的 pH=3, C 正确;

D. 加入 100mL pH=12 的氨水  $c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 氨水是弱碱不完全电离, 氨水的浓度远大于  $\text{OH}^-$  的浓度, 因此反应结束氨水过量, 溶液呈碱性, D 正确;

故答案选 B。

10. 【答案】D

【详解】A. 澄清石灰水中滴加碳酸钠, 发生  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$ , ①与②的实验数据基本相同, 可说明②中的  $\text{OH}^-$  未参与该反应, 故 A 正确;

B. 碳酸钠和碳酸氢钠浓度相同, 加入试剂体积相同时, 二者物质的量相同, 与氢氧化钙完全反应, 生成的碳酸钙的质量相同, 故 B 正确;

C. 加入碳酸钠溶液, 反应后溶液中 NaOH 浓度较大, 抑制水的电离, 则 b 点对应溶液中水的电离程度小于 c 点对应溶液中水的电离程度, 故 C 正确;

D. 从起始到 a 点, 氢氧化钙过量, 碳酸氢钠完全反应, 反应生成碳酸钙沉淀和水、氢氧化钠, 发生  $\text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ , 故 D 错误。

故选 D。

II 卷 (共 50 分)

11. 【答案】(1)  $\text{HNO}_2 = \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$

(2) > (3) ①. 增大 ②. 碱性 ③.  $\text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$  ④. = ⑤. 根据电荷守恒可知,

存在  $c(\text{NO}_2^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$ , 当滴加 NaOH 溶液至溶液中的  $c(\text{NO}_2^-) = c(\text{Na}^+)$ , 此时溶液中  $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$

(4) ①.  $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HClO} + \text{HCO}_3^-$  ②. 碳酸酸性大于次氯酸大于碳酸氢根离子, NaClO 溶液露置于空气中, 次氯酸钠和空气中二氧化碳反应转化为次氯酸 ③. 次氯酸钠为强碱弱酸盐, 存在水解  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$ , 次氯酸不稳定容易分解使得消毒液失效, 过量氢氧化钠可以抑制其水解

【小问 1 详解】

$\text{HNO}_2$  是一元弱酸, 不完全电离, 电离方程式  $\text{HNO}_2 = \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$ ;

【小问 2 详解】

由 K 值可知, 亚硝酸酸性更弱, 则 pH 相同的  $\text{HNO}_2$  溶液和  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液, 亚硝酸浓度更大, 溶液的浓度  $c(\text{HNO}_2) > c(\text{CH}_3\text{COOH})$ ;

【小问 3 详解】



①加入氢氧化钠,  $\text{HNO}_2 = \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$  平衡正向移动, 使得溶液中的  $n(\text{NO}_2^-)$  增大。

②  $\text{NaNO}_2$  为强碱弱酸盐, 亚硝酸根离子水解使得溶液显碱性,  $\text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$ 。

③根据电荷守恒可知, 存在  $c(\text{NO}_2^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$ , 当滴加  $\text{NaOH}$  溶液至溶液中的  $c(\text{NO}_2^-) = c(\text{Na}^+)$ , 此时溶液中  $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ , 溶液显中性,  $\text{pH}=7$ ;

#### 【小问 4 详解】

①由于碳酸酸性大于次氯酸大于碳酸氢根离子,  $\text{NaClO}$  溶液露置于空气中, 次氯酸钠和空气中二氧化碳反应转化为次氯酸和碳酸氢钠, 反应为  $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HClO} + \text{HCO}_3^-$ , 使得溶液消毒效果增强;

②次氯酸钠为强碱弱酸盐, 存在水解  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$ , 次氯酸不稳定容易分解使得消毒液失效, 过量氢氧化钠可以抑制其水解, 防止消毒液在存储过程中失效。

12. 【答案】(1) CD (2)  $\frac{b}{a+b+c} \times 100\%$

(3) 主反应为放热反应, 副反应为吸热反应, 升温副反应正向进行, 主反应逆向进行, 故  $\text{CO}_2$  转化率升高,  $\text{CH}_3\text{OH}$  产率下降。

(4) ①.  $P_1 > P_2$  ②. 副反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  是气体体积不变化的吸热反应, 压强改变对平衡没有影响, 副反应为放热反应,  $T_1$  温度后, 体系中主要发生副反应, 则三条曲线几乎交于一点 ③. A

【分析】通过  $\text{CO}_2$  资源化利用, 考察平衡状态的判定, 温度对反应速率的影响, 产率的计算等, 结合化学反应原理相关内容进行解题。

#### 【小问 1 详解】

A. 体系内  $n(\text{CO}):n(\text{H}_2\text{O})=1:1$  不能说明反应达到平衡, 这与起始投入量有关, A 错误;

B. 由于方程左右两端化学计量数之和相等, 则体系压强不再发生变化不能说明反应达到平衡, B 错误;

C. 体系内各物质浓度不再发生变化, 说明达到反应平衡, C 正确;

D. 体系内  $\text{CO}$  的物质的量分数不再发生变化, 说明体系内各物质的量不再变化, 说明达到反应平衡, D 正确;

故选 CD;

#### 【小问 2 详解】

根据主反应:  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 副反应:

$\text{C}(\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}))$ , 体系中  $n(\text{CO}_2):n(\text{CH}_3\text{OH}):n(\text{CO})=a:b:c$ , 则起始的

$$n(\text{CO}_2) = a + b + c, \text{CH}_3\text{OH} \text{ 产率} = \frac{n(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{生}} \text{ 或}}{n(\text{CO}_2)_{\text{始}}} \times 100\% = \frac{b}{a + b + c} \times 100\% .$$

#### 【小问 3 详解】

主反应为放热反应，副反应为吸热反应，升温副反应正向进行，主反应逆向进行，故  $\text{CO}_2$  转化率升高， $\text{CH}_3\text{OH}$  产率下降；

【小问 4 详解】

①主反应： $\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  是气体体积减小的反应，温度一定时压强越大， $\text{CO}_2$  的平衡转化率或  $\text{CH}_3\text{OH}$  的平衡产率越大，图中压强  $P_1$  时  $\text{CO}_2$  的平衡转化率或  $\text{CH}_3\text{OH}$  的平衡产率大于  $p_2$  时  $\text{CO}_2$  平衡转化率或  $\text{CH}_3\text{OH}$  的平衡产率，所以  $P_1 > P_2$ ；

②副反应  $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  是气体体积不变化的吸热反应，压强改变对平衡没有影响，副反应为放热反应， $T_1$  温度后，体系中主要发生副反应，则三条曲线几乎交于一点；

③主反应： $\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  是气体体积减小的反应，温度一定时压强越大， $\text{CO}_2$  的平衡转化率或  $\text{CH}_3\text{OH}$  的平衡产率越大，低温时发生主反应，平衡产率最大的是  $220^\circ\text{C}$  5MPa，故选 A。

13. 【答案】(1) ①. 灰黑色固体溶解，产生红棕色气体 ②. 防止酸性条件下，硝酸根离子氧化  $\text{Fe}^{2+}$  干扰实验结果 ③. a: 铂/石墨电极，b:  $\text{FeSO}_4$  或  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  或二者混合溶液，c:  $\text{AgNO}_3$  溶液；

操作和现象：闭合开关 K，Ag 电极上固体逐渐溶解，指针向左偏转，一段时间后指针归零，再向左侧烧杯中加入滴加较浓的  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液，与之前的现象相同；或者闭合开关 K，Ag 电极上有灰黑色固体析出，指针向右偏转，一段时间后指针归零，再向左侧烧杯中加入滴加较浓的  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液，Ag 电极上固体逐渐减少，指针向左偏转

$$(2) \quad ①. \text{指示剂作用} \quad ②. \frac{0.01 - \frac{c_1 v_1}{v}}{\frac{c_1 v_1}{v} \left( 0.01 + \frac{c_1 v_1}{v} \right)}$$

(3) ①. 偏小 ②. Ag 完全反应，无法判断体系是否达到化学平衡状态

【分析】控制变量的实验探究中要注意变量的唯一性，通过控制变量进行对比实验研究某一因素对实验结果的影响；滴定实验的步骤是：滴定前的准备：滴定管：查漏→洗涤→润洗→装液→调液面→记录，锥形瓶：注液体→记体积→加指示剂；滴定：眼睛注视锥形瓶溶液颜色变化；终点判断：记录数据；数据处理：通过数据进行计算；

【小问 1 详解】

①由于 Ag 能与浓硝酸发生反应： $\text{Ag}+2\text{HNO}_3(\text{浓})=\text{AgNO}_3+\text{NO}_2\uparrow+\text{H}_2\text{O}$ ，故当观察到的现象为灰黑色固体溶解，产生红棕色气体，即可证实灰黑色固体是 Ag，故答案为：灰黑色固体溶解，产生红棕色气体。

②由于  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  溶液电离出硝酸根离子与溶液中的  $\text{H}^+$  结合成由强氧化性的  $\text{HNO}_3$ ，能氧化  $\text{Fe}^{2+}$ ，而干扰实验，故实验 II 使用的是  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液，而不是  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  溶液，故答案为：防止酸性条件下，硝酸根

离子氧化  $\text{Fe}^{2+}$  干扰实验结果;

③由装置图可知, 利用原电池原理来证明反应  $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Ag} \downarrow + \text{Fe}^{3+}$  为可逆反应, 两电极反应为:

$\text{Fe}^{2+} - \text{e}^- = \text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$ , 故另一个电极必须是与  $\text{Fe}^{3+}$  不反应的材料, 可用石墨或者铂电极, 左侧烧杯中电解质溶液必须含有  $\text{Fe}^{3+}$  或者  $\text{Fe}^{2+}$ , 采用  $\text{FeSO}_4$  或  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  或二者混合溶液, 右侧烧杯中电解质溶液必须含有  $\text{Ag}^+$ , 故用  $\text{AgNO}_3$  溶液, 组装好仪器后, 加入电解质溶液, 闭合开关 K, 装置产生电流, 电流从哪边流入, 指针则向哪个方向偏转, 根据 b 中所加试剂的不同, 电流方向可能不同, 因此可能观察到的现象为: Ag 电极逐渐溶解, 指针向左偏转, 一段时间后指针归零, 说明此时反应达到平衡, 再向左侧烧杯中加入滴加较浓的  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , 与之前的现象相同, 表明平衡发生了移动; 另一种现象为: Ag 电极上有灰黑色固体析出, 指针向右偏转, 一段时间后指针归零, 说明此时反应达到平衡, 再向左侧烧杯中加入滴加较浓的  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液, Ag 电极上固体逐渐减少, 指针向左偏转, 表明平衡发生了移动, 故答案为:

a: 铂/石墨电极, b:  $\text{FeSO}_4$  或  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  或二者混合溶液, c:  $\text{AgNO}_3$  溶液; 操作和现象: 闭合开关 K, Ag 电极上固体逐渐溶解, 指针向左偏转, 一段时间后指针归零, 再向左侧烧杯中加入滴加较浓的  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液, 与之前的现象相同; 或者闭合开关 K, Ag 电极上有灰黑色固体析出, 指针向右偏转, 一段时间后指针归零, 再向左侧烧杯中加入滴加较浓的  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液, Ag 电极上固体逐渐减少, 指针向左偏转。

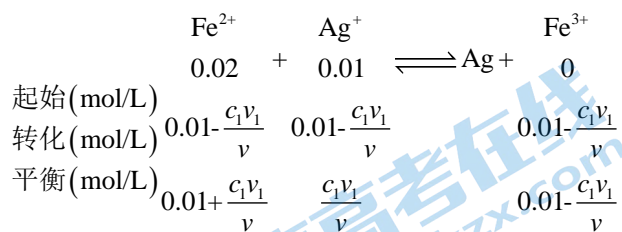
#### 【小问 2 详解】

① $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  反应生成红色  $\text{FeSCN}^{2+}$ , 因  $\text{Ag}^+$  与  $\text{SCN}^-$  反应相较于  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  反应更加容易及彻底, 当溶液变为稳定浅红色, 说明溶液中的  $\text{Ag}^+$  恰好完全滴定, 且溶液中  $\text{Fe}^{3+}$  浓度不变, 说明上述反应答案平衡, 故溶液中  $\text{Fe}^{3+}$  的作用是滴定反应的指示剂, 故答案为: 指示剂。

②取 I 中所得上清液  $v$  mL, 用  $c_1$  mol/L 的 KSCN 溶液滴定, 至溶液变为稳定浅红色时, 消耗  $v_1$  mL, 已知:

$\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- = \text{AgSCN} \downarrow$   $K = 10^{12}$ , 说明反应几乎进行完全, 故有 I 中上层清液中  $\text{Ag}^+$  的浓度为

$c(\text{Ag}^+) = \frac{c_1 v_1}{v}$  mol/L, 根据平衡三段式进行计算如下:



故反应的平衡常数  $K = \frac{0.01 - \frac{c_1 v_1}{v}}{\frac{c_1 v_1}{v} \left( 0.01 + \frac{c_1 v_1}{v} \right)}$ 。

#### 【小问 3 详解】

①若取实验 I 所得浊液测定  $\text{Ag}^+$  浓度, 则浊液中还有 Ag, 因存在平衡  $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Ag} \downarrow + \text{Fe}^{3+}$ , 且随

着反应  $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- = \text{AgSCN} \downarrow$ ，使得上述平衡逆向移动，则测得平衡体系中的  $c(\text{Ag}^+)$  偏大，即  $\frac{c_1 v_1}{v}$  偏大，故所得到的  $K$  偏小；

②由于实验 II 中  $\text{Ag}$  完全溶解，故无法判断体系是否达到化学平衡状态，因而不用实验 II 所得溶液进行测定并计算  $K$ ，故答案为： $\text{Ag}$  完全反应，无法判断体系是否达到化学平衡状态。



## 关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 50W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承“精益求精、专业严谨”的建设理念，不断探索“K12 教育+互联网+大数据”的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供“衔接和桥梁纽带”作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数千场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。

推荐大家关注北京高考在线网站官方微信公众号：**京考一点通**，我们会持续为大家整理分享最新的高中升学资讯、政策解读、热门试题答案、招生通知等内容！

