

2023 北京清华附中朝阳学校高二（上）期中

化 学

试卷共 10 页，考试时长 90 分钟。

可能用到的相对原子质量：Na 23 Cl 35.5 Mn 55

第一部分

共 21 题，每题 2 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

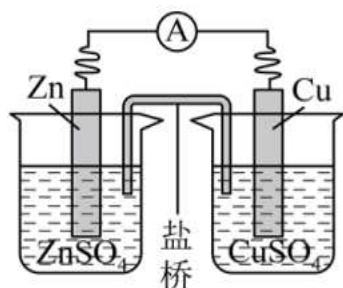
1. 下列物质水溶液呈碱性的是

- A. NH_4Cl B. NaHSO_4 C. CuSO_4 D. NaHCO_3

2. 下列说法正确的是

- A. 放热反应一定是自发反应 B. 熵增的反应不一定是自发反应
C. 固体溶解一定是熵减小的过程 D. 非自发反应在任何条件下都不能发生

3. 锌铜原电池装置如图，下列说法不正确的是



(含 KCl 饱和溶液的琼胶)

- A. 锌电极上发生氧化反应 B. 盐桥中的 K^+ 移向 ZnSO_4 溶液
C. 电子从锌片经电流计流向铜片 D. 铜电极上发生反应： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$

4. 对浓度均为 0.1mol/L 的① Na_2CO_3 溶液、② NaHCO_3 溶液，下列分析不正确的是

- A. ①、②中的离子种类相同
B. 通过焰色试验能区别①、②
C. 两种溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 大小：① > ②
D. ①、②均有 $c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) = 0.1\text{mol/L}$

5. 关于化学反应速率增大的原因，下列分析不正确的是

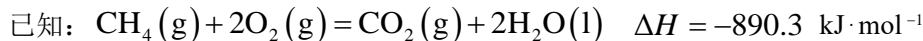
- A. 有气体参加的化学反应，增大压强使容器容积减小，可使单位体积内活化分子数增多
B. 增大反应物的浓度，可使活化分子之间发生的碰撞都是有效碰撞
C. 升高温度，可使反应物分子中活化分子的百分数增大
D. 使用适宜的催化剂，可使反应物分子中活化分子的百分数增大

6. $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 是工业制硫酸的重要反应，下列说法不正确的是



- A. 其他条件不变, 使用催化剂能同时提高反应速率和 SO_2 的平衡转化率
 B. 其他条件不变, 升高温度能加快反应速率, 但 SO_2 的平衡转化率降低
 C. 其他条件不变, 通入过量空气能提高 SO_2 的平衡转化率, 但化学平衡常数不变
 D. 其他条件不变, 增大压强能同时提高反应速率和 SO_2 的平衡转化率, 但生产成本增加

7. 甲烷是重要的能源物质, 下列关于甲烷的叙述不正确的是



- A. 甲烷的燃烧热是 $890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 B. 上述反应每消耗 1 mol CH_4 转移 8 mol e^-
 C. 甲烷燃料电池中, 通入甲烷的电极上发生还原反应
 D. 1 mol CH_4 完全燃烧生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 时, 放出的热量少于 890.3 kJ
 8. 下列对生产生活中事实的解释不正确的是



选项	事实	解释
A	合成氨选择铁触媒做催化剂	铁触媒能提高反应的活化能
B	用醋酸能除去水垢中的 CaCO_3	醋酸的酸性强于碳酸
C	用 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 净化天然水	Al^{3+} 和天然水中 HCO_3^- 的水解相互促进, 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体, 吸附水中悬浮物, 加速其沉降
D	用 BaSO_4 作内服造影剂	胃液中的 H^+ 对 BaSO_4 的沉淀溶解平衡基本没有影响, Ba^{2+} 可以保持在安全浓度范围内

- A. A B. B C. C D. D

9. 用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液滴定未知浓度的 NaOH 溶液。有关该实验说法中, 不正确的是

- A. 本实验可选用酚酞作指示剂
 B. 用酸式滴定管盛装 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液
 C. 用未知浓度的 NaOH 溶液润洗锥形瓶 2~3 次
 D. 滴定开始时平视读数, 滴定结束时俯视酸式滴定管读数, 测量结果偏低

10. 下列说法中正确的是

- A. 在 100°C 时, pH 约为 6 的纯水呈酸性
 B. 将 $1 \text{ mL } 1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ 盐酸稀释至 1000 mL , 所得溶液的 pH 为 9
 C. 在常温下, 当水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 为 $1 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ 时, 此溶液的 pH 可能为 1 或 13

D. 将 pH=2 的盐酸和醋酸各 1mL 分别稀释至 100mL, 所得醋酸的 pH 略大

11. 下列化学用语对事实的表述正确的是

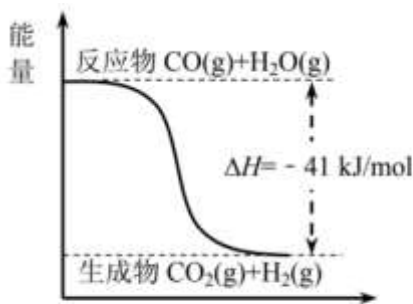
A. 将装有 NO_2 的玻璃球浸入热水中颜色加深: $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H > 0$

B. 用饱和 Na_2CO_3 溶液处理锅炉水垢中的 CaSO_4 : $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$

C. CuSO_4 溶液与方铅矿(PbS)反应生成铜蓝(CuS): $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{PbS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{CuS}(\text{s})$

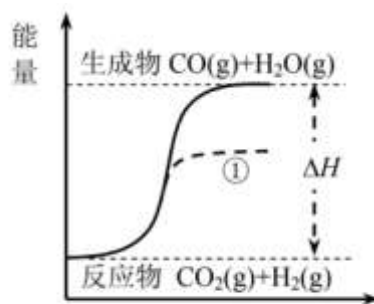
D. Na_2S 去除废水中的 Hg^{2+} : $\text{Hg}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{HgS} \downarrow$

12. 根据下图所得判断正确的是



反应过程

图 1



反应过程

图 2

已知: $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -44\text{kJ/mol}$

A. 图 1 反应为吸热反应

B. 图 1 反应使用催化剂时, 会改变其 ΔH

C. 图 2 中若 H_2O 的状态为液态, 则能量变化曲线可能为①

D. 断裂 $1\text{molCO}_2(\text{g})$ 和 $1\text{molH}_2(\text{g})$ 中化学键需要吸收的能量大于断裂 $1\text{molCO}(\text{g})$ 和 $1\text{molH}_2\text{O}(\text{g})$ 中化学键需要吸收的能量

13. 下列说法中正确的是

A. 中和等体积、等物质的量浓度的盐酸和醋酸, 中和盐酸所需 NaOH 的物质的量多

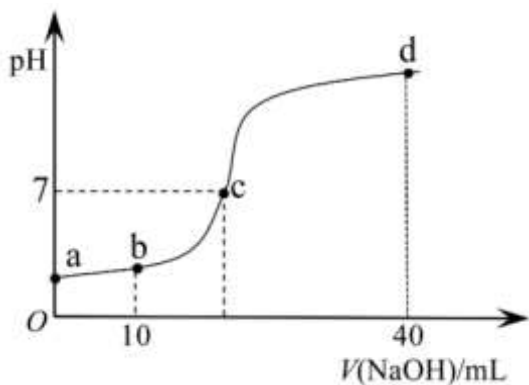
B. 将 pH=11 的 NaOH 溶液和氨水均稀释到原浓度的 $\frac{1}{2}$, 稀释后 NaOH 溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 大

C. 若盐酸的浓度是醋酸浓度的 2 倍, 则盐酸中 $c(\text{H}^+)$ 大于醋酸中 $c(\text{H}^+)$ 的 2 倍

D. 物质的量浓度相同的磷酸和磷酸钠溶液中的 $c(\text{PO}_4^{3-})$ 相同

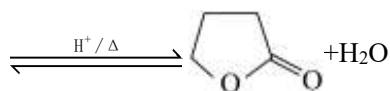
14. 常温时, 向 20mL 0.1mol/L 的 CH_3COOH 溶液中逐滴滴加 0.1mol/L 的 NaOH 溶液, 溶液 pH 随 NaOH 溶液的体积变化如下图所示。下列说法正确的是





- A. b 点: $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) < c(\text{CH}_3\text{COOH})$
- B. c 点: $V(\text{NaOH}) = 20\text{mL}$
- C. d 点: 离子浓度的大小关系为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+)$
- D. a \rightarrow d 过程中, 水电离出 $c(\text{H}^+)$ 不断增大

15. 298 K 时, $0.180 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ γ -羟基丁酸水溶液发生如下反应, 生成 γ -丁内酯: $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$



不同时刻测得 γ -丁内酯的浓度如下表。

t / min	20	50	80	100	120	160	220	∞
c/(mol·L ⁻¹)	0.024	0.050	0.071	0.081	0.090	0.104	0.116	0.132

注: 该条件下副反应、溶液体积变化忽略不计。下列分析正确的是

- A. 增大 γ -羟基丁酸的浓度可提高 γ -丁内酯的产率
- B. 298 K 时, 该反应的平衡常数为 2.75
- C. 反应至 120 min 时, γ -羟基丁酸的转化率 $< 50\%$
- D. 80~120 min 的平均反应速率: $v(\gamma\text{-丁内酯}) > 1.2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

16. 一定温度下, 在两个容积均为 2L 的恒容密闭容器中加入一定量的反应物, 发生反应



容器编号	温度/ $^{\circ}\text{C}$	起始物质的量/mol		平衡物质的量/mol
		NO(g)	CO(g)	CO ₂ (g)
I	t_1	0.4	0.4	0.2
II	t_2	0.4	0.4	0.24

下列说法不正确的是

- A. $t_1 > t_2$
- B. I中反应达到平衡时, NO 的转化率为 50%
- C. II中反应平衡常数 $K > 5$
- D. $t_1^\circ\text{C}$ 、2L 的容器中, 若四种气体的物质的量均为 0.4mol, 则 $v(\text{正}) > v(\text{逆})$

17. 在常温下, 有关下列 4 种溶液的叙述不正确的是

编号	①	②	③	④
溶液	醋酸	盐酸	氨水	氢氧化钠溶液
pH	3	3	11	11



- A. 4 种溶液中由水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 均为 $1 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 等体积的溶液①和②分别与足量锌充分反应, 溶液①产生氢气更多
- C. 将溶液②、③等体积混合, 所得溶液中: $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- D. 将 a mL 溶液②与 b mL 溶液④混合后, 若所得溶液的 $\text{pH} = 4$, 则 $a : b = 11 : 9$

18. 分析化学中以 K_2CrO_4 为指示剂, 用 AgNO_3 标准溶液滴定溶液中的 Cl^- , 测定 $c(\text{Cl}^-)$ 。

已知: i. K_2CrO_4 溶液中存在平衡: $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

ii. 25°C 时, $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 2.0 \times 10^{-12}$ (砖红色), $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ (白色)

下列分析不正确的是

- A. 实验中先产生白色沉淀, 滴定终点时产生砖红色沉淀
- B. 产生白色沉淀时, 存在 $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
- C. 当产生砖红色沉淀时, 如果 $c(\text{CrO}_4^{2-}) = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Cl^- 已沉淀完全
- D. 滴定时应控制溶液 pH 在合适范围内, 若 pH 过低, 会导致测定结果偏低

19. 某同学进行如下实验:

	实验步骤	实验现象
I	将 NH_4Cl 固体加入试管中, 并将湿润的 pH 试纸置于试管口, 试管口略向下倾斜, 对试管底部进行加热	试纸颜色变化: 黄色 \rightarrow 蓝色 ($\text{pH} \approx 10$) \rightarrow 黄色 \rightarrow 红色 ($\text{pH} \approx 2$); 试管中部有白色固体附着
II	将饱和 NH_4Cl 溶液滴在 pH 试纸上	试纸颜色变化: 黄色 \rightarrow 橙黄色 ($\text{pH} \approx 5$)

下列说法不正确的是

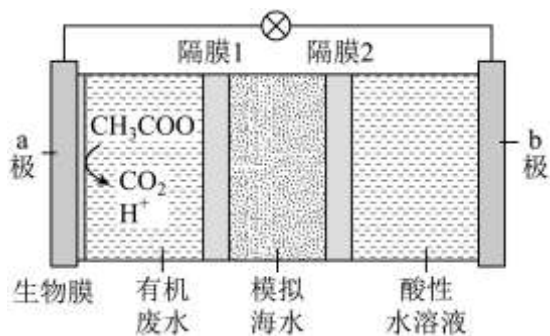
- A. 根据 I 中试纸变蓝, 说明 NH_4Cl 发生了分解反应

B. 根据 I 中试纸颜色变化, 说明氨气比氯化氢气体扩散速率快

C. I 中试纸变成红色, 是由于 NH_4Cl 水解造成的

D. 根据试管中部有白色固体附着, 说明不宜用加热 NH_4Cl 的方法制备 NH_3

20. 微生物脱盐电池是一种高效、经济的能源装置。利用微生物处理有机废水, 可获得电能, 同时实现海水淡化。现以 NaCl 溶液模拟海水, 采用惰性电极, 用下图装置处理有机废水(以含 CH_3COO^- 的溶液为例)。下列说法不正确的是



A. a 极电极反应为 $\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$

B. b 极为正极

C. 隔膜 1 为阴离子交换膜, 隔膜 2 为阳离子交换膜

D. 当电路中转移 2mol 电子时, 模拟海水理论上除盐 58.5g



21. 利用平衡移动原理, 分析一定温度下 Mg^{2+} 在不同 pH 的 Na_2CO_3 体系中的可能产物。

已知: i. 图 1 中曲线表示 Na_2CO_3 体系中各含碳粒子的物质的量分数与 pH 的关系。

ii. 2 中曲线 I 的离子浓度关系符合 $c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$; 曲线 II 的离子浓度关系符合

$c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$ [注: 起始 $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 不同 pH 下 $c(\text{CO}_3^{2-})$ 由图 1 得到]。

得到]。

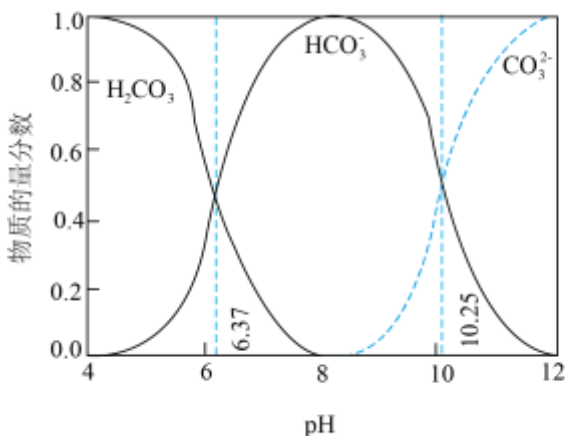


图1

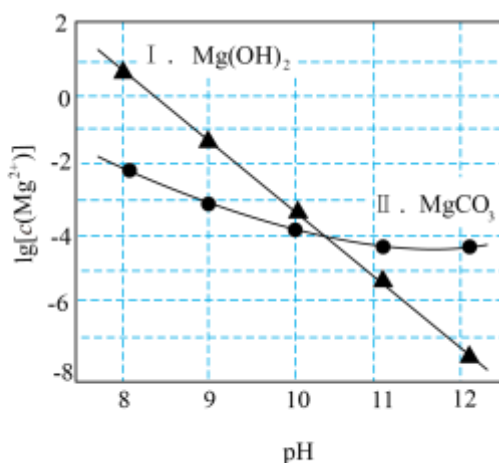


图2

下列说法不正确的是

A. 由图 1, $\text{pH} = 10.25, c(\text{HCO}_3^-) = c(\text{CO}_3^{2-})$

B. 由图 2, 初始状态 $\text{pH} = 11$ 、 $\lg [c(\text{Mg}^{2+})] = -6$, 无沉淀生成

C. 由图 2, 初始状态 $\text{pH} = 9$ 、 $\lg [c(\text{Mg}^{2+})] = -2$, 平衡后溶液中存在

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

D. 由图 1 和图 2, 初始状态 $\text{pH} = 8$ 、 $\lg [c(\text{Mg}^{2+})] = -1$, 发生反应:

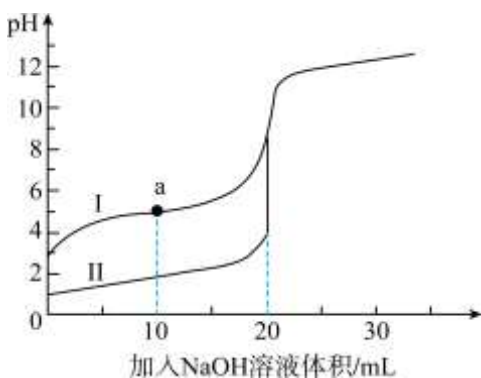


第二部分

本部分共 5 小题, 共 58 分。

22. 盐酸、醋酸、碳酸钠和碳酸氢钠都是生活中常用的物质。某小组进行了以下实验。

(1) 对比盐酸和醋酸与 NaOH 的反应。常温下, 用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液分别滴定 $20 \text{ mL} 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸和醋酸, 滴定过程中溶液 pH 的变化曲线如下图所示。

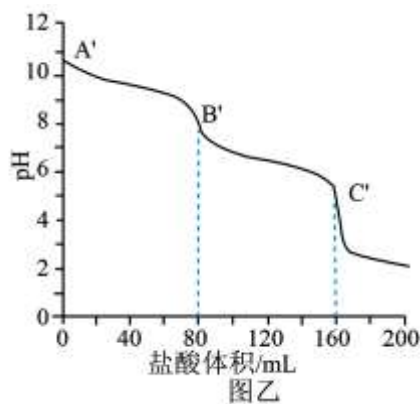
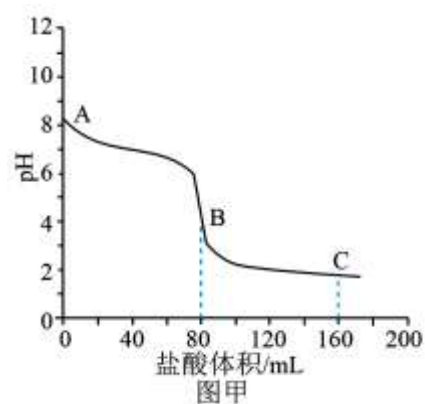


① 表示滴定盐酸的曲线是 _____ (填“ I ”或“ II ”)。

② a 点溶液中, 离子浓度由大到小的顺序为 _____。

③ $V[\text{NaOH}(\text{aq})] = 20 \text{ mL}$ 时, $c(\text{Cl}^-)$ _____ $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ (填“ $>$ ”“ $<$ ”或“ $=$ ”)。

(2) 向相同体积、相同浓度的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 溶液中分别滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸, 溶液 pH 变化如下。



① 图 _____ (填“甲”或“乙”)是 Na_2CO_3 的滴定曲线。

② $\text{A}' \sim \text{B}'$ 发生反应的离子方程式为 _____。

③下列说法正确的是_____ (填序号)。

- a. B' 点和 C' 点溶液中均满足: $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
- b. A、B、C 均满足: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$
- c. 水的电离程度: $A > B > C$

(3) 向 1mol/L 的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 溶液中分别滴加少量 FeCl_2 溶液, 均产生白色沉淀, 后者有气体产生。

资料:

i. 1mol/L 的 NaHCO_3 溶液中, $c(\text{CO}_3^{2-}) = 1 \times 10^{-2} \text{ molL}^{-1}$, $c(\text{OH}^-) = 2 \times 10^{-6} \text{ molL}^{-1}$

ii. 25℃ 时, $K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3) = 3.2 \times 10^{-11}$, $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 5.0 \times 10^{-17}$

① 补全 NaHCO_3 与 FeCl_2 反应的离子方程式: _____



② 通过计算说明 NaHCO_3 与 FeCl_2 反应产生的沉淀为 FeCO_3 而不是 $\text{Fe}(\text{OH})_2$: _____。

23. 常温下, 某小组同学用如下装置探究 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的沉淀溶解平衡。



实验装置	实验序号	传感器种类	实验操作
	①	电导率传感器	向蒸馏水中加入足量 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 粉末, 一段时间后再加入少量蒸馏水
	②	pH 传感器	向滴有酚酞的蒸馏水中加入 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 粉末, 隔一段时间后, 再向所得悬浊液中加入一定量稀硫酸

I. 实验①测得电导率随时间变化的曲线如图 1 所示。

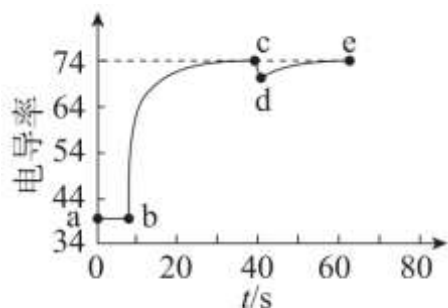
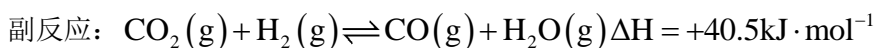


图 1

已知: i. 在稀溶液中, 离子浓度越大, 电导率越大。

(1) a 点电导率不等于 0 的原因是水能发生_____。



已知： CH_3OH 产率 = $\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{生成}}}{n(\text{CO}_2)_{\text{初始}}} \times 100\%$

(3) 一段时间后，测得体系中 $n(\text{CO}_2) : n(\text{CH}_3\text{OH}) : n(\text{CO}) = a : b : c$ 。 CH_3OH 产率 = _____ (用代数式表示)。

(4) 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 CO_2 转化率和 CH_3OH 与 CO 的物质的量之比 $[\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{CO})}]$ 如图 1 所示。

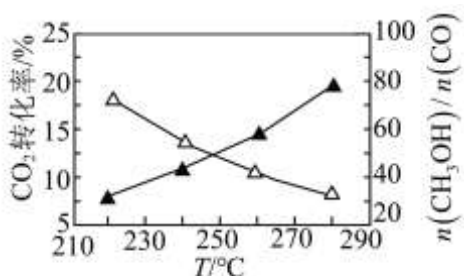


图1



由图 1 可知，随着温度的升高， CO_2 转化率升高， $\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{CO})}$ 的值下降。解释其原因：_____。

(5) 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 CO_2 转化率随温度的变化关系如图 2 所示。

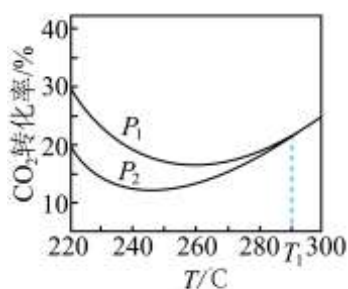


图2

① 压强 p_1 _____ p_2 (填“大于”或“小于”)。

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， CH_3OH 平衡产率最大的是_____ (填字母序号)。

- a. $220^\circ\text{C} 5\text{MPa}$ b. $220^\circ\text{C} 1\text{MPa}$ c. $300^\circ\text{C} 1\text{MPa}$

25. 高纯硫酸锰在电池材料等领域具有重要的用途，可用如下方法制备。

(1) 酸浸

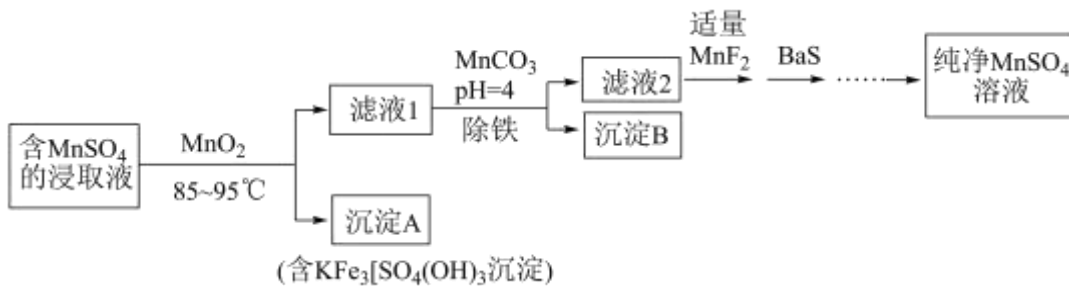


酸浸过程中的主要反应为(将离子方程式补充完整): _____。



(2) 净化

含 MnSO_4 的浸取液中有 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Pb^{2+} 等杂质离子，一种制备高纯硫酸锰的工艺流程如下。



已知: a. MnF_2 、 BaS 可溶于水

b. 部分难电解质的溶度积常数(25°C)如下表:

化学式	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	CaF_2	PbS	MnS
K_{sp}	2.8×10^{-39}	4.9×10^{-17}	1.9×10^{-13}	5.3×10^{-9}	8.0×10^{-28}	2.5×10^{-13}

①加入 MnO_2 的目的是: _____。

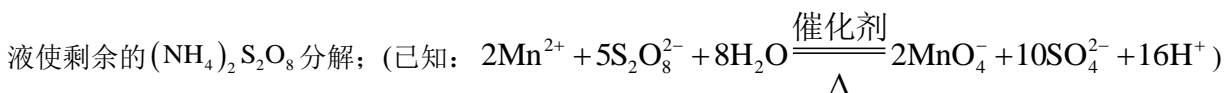
②常温下, 除铁过程中调节 $\text{pH} = 4$, 通过计算判断 Fe^{3+} 是否沉淀完全并简述理由_____。(一般认为溶液中离子浓度小于 $1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时沉淀完全)

③结合离子方程式说明选用 BaS 作为沉淀剂的原因: _____。

(3) “酸浸渣”中锰元素含量检测

i. 称取 $m \text{ g}$ 酸浸渣, 将其中的锰元素全部溶出成 Mn^{2+} , 过滤, 将滤液定容于 100 mL 容量瓶中;

ii. 取 25.00 mL 溶液于锥形瓶中, 加入少量催化剂和过量的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液, 加热、充分反应后, 煮沸溶液使剩余的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 分解; (已知: $2\text{Mn}^{2+} + 5\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{MnO}_4^- + 10\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$)



iii. 加入指示剂, 用 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液滴定, 至终点时消耗 $b \text{ mL}$, MnO_4^- 重新变为 Mn^{2+} 。

①“酸浸渣”中锰元素的质量分数为_____。

②ii中若未充分加热煮沸, 将会造成锰元素质量分数的测定结果_____ (填“偏大”“偏小”或“不影响”)。

26. 实验小组制备硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)并探究其性质。

资料：i. $S_2O_3^{2-} + 2H^+ = S \downarrow + SO_2 \uparrow + H_2O$ 。

ii. $Fe^{3+} + 3S_2O_3^{2-} \rightleftharpoons Fe(S_2O_3)_3^{3-}$ (紫黑色)。

iii. $Ag_2S_2O_3$ 是难溶于水、可溶于 $Na_2S_2O_3$ 溶液的白色固体。

(1) 实验室可利用反应： $2Na_2S + Na_2CO_3 + 4SO_2 = 3Na_2S_2O_3 + CO_2$ 制备 $Na_2S_2O_3$ ，装置如下图。



①用化学用语解释 Na_2S 和 Na_2CO_3 的混合溶液呈碱性的原因： $S^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HS^- + OH^-$ 、

_____。

②为了保证 $Na_2S_2O_3$ 的产量，实验中通入的 SO_2 不能过量。要控制 SO_2 的生成速率，可以采取的措施有：

_____ (写出一条)。

(2) 探究 $Na_2S_2O_3$ 溶液与不同金属的硫酸盐溶液间反应的多样性。

实验	试剂		现象
	试管	滴管	
	2mL 0.1mol/L $Na_2S_2O_3$ 溶液	Ag_2SO_4 溶液(浓度约为 0.03mol/L)	I. 局部生成白色沉淀，振荡后沉淀溶解，得到无色溶液
		0.03mol/L $Al_2(SO_4)_3$ 溶液	II. 一段时间后，生成沉淀
		0.03mol/L $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液	III. 混合后溶液先变成紫黑色，30s 时溶液几乎变为无色

① I 中产生白色沉淀的离子方程式为_____。

②经检验，现象 II 中的沉淀有 $Al(OH)_3$ 和 S，用平衡移动原理解释 II 中的现象：_____。

③经检验，现象 III 中的无色溶液中含有 Fe^{2+} 。III 中溶液变为无色的离子方程式为_____。

④从化学反应速率和限度的角度解释 III 中 Fe^{3+} 与 $S_2O_3^{2-}$ 反应的实验现象：_____。

以上实验说明： $Na_2S_2O_3$ 溶液与金属阳离子反应的多样性和阳离子的性质有关。

参考答案

第一部分

共 21 题，每题 2 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 【答案】D

【详解】A. NH_4Cl 溶液中 NH_4^+ 水解，结合水电离的氢氧根，溶液呈酸性，故 A 不符合题意；

B. NaHSO_4 在溶液中完全电离成钠离子、氢离子、硫酸根，溶液呈酸性，故 B 不符合题意；

C. CuSO_4 溶液中 Cu^{2+} 水解，结合水电离的氢氧根，溶液呈酸性，故 C 不符合题意；

D. NaHCO_3 溶液中碳酸氢根的水解程度大于其电离程度，溶液呈碱性，故 D 符合题意。

答案选 D。

2. 【答案】B

【详解】A. 反应自发进行的判断依据是 $\Delta H - T\Delta S < 0$ ，放热反应 $\Delta H < 0$ ，若 $\Delta S < 0$ ，高温下是非自发进行的反应，故 A 错误；

B. 依据 $\Delta H - T\Delta S < 0$ 反应自发进行， $\Delta H - T\Delta S > 0$ 属于非自发进行分析，熵增大反应 $\Delta S > 0$ ， $\Delta H > 0$ 低温下反应自发进行，高温下反应不能自发进行，熵增的反应不一定是自发反应，故 B 正确；

C. 混乱度越大，熵值越大，则固体溶解是一个熵增大的过程，故 C 错误；

D. 非自发反应在一定条件下也能发生，如碳酸钙的分解反应在常温下是非自发反应，但是在高温下能自发进行，故 D 错误；

故选 B。

3. 【答案】B

【分析】由图可知，该装置为原电池，Zn 比 Cu 活泼，Zn 作负极，电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ ，Cu 作正极，电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ，据此作答。

【详解】A. Zn 作负极，失电子，发生氧化反应，故 A 正确；

B. 原电池工作时，阳离子向正极移动，因而 K^+ 移向硫酸铜溶液，故 B 错误；

C. 原电池工作时，电子从负极(Zn)经电流计流向正极(Cu)，故 C 正确；

D. Cu 作正极，电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ，故 D 正确；

故选 B。

4. 【答案】B

【详解】A. 碳酸钠溶液中 CO_3^{2-} 水解生成 HCO_3^- 和 OH^- ， HCO_3^- 再水解生成 H_2CO_3 ； NaHCO_3 溶液中 HCO_3^- 水解生成 H_2CO_3 ，同时 HCO_3^- 电离生成 CO_3^{2-} 和 H^+ ，再结合水的电离存在，可知两溶液中离子种类相同，故 A 正确；

B. 两者均为钠盐，焰色试验现象相同，无法区分，故 B 错误；

C. 相同浓度的两溶液，碳酸钠的水解程度大于碳酸氢钠，则碳酸钠的碱性强于碳酸氢钠，故 C 正确；



D. 由物料守恒可知两溶液中均存在 $c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) = 0.1 \text{ mol/L}$ ，故 D 正确；

故选：B。

5. 【答案】B

【详解】A. 有气体参加的化学反应，增大压强，活化分子数目增多，活化分子百分数不变，则化学反应速率增大，故 A 正确；

B. 增大反应物的浓度，活化分子数目增多，活化分子之间发生的碰撞不一定是有效碰撞，故 B 错误；

C. 升高温度，活化分子百分数增大，则化学反应速率增大，故 C 正确；

D. 催化剂，降低了反应所需的活化能，活化分子百分数增大，化学反应速率增大，故 D 正确；

故选 B。

6. 【答案】A

【详解】A. 使用催化剂只能提高反应速率不能提高 SO_2 的平衡转化率，故 A 错误；

B. 该反应为放热反应，升高温度能加快反应速率，但平衡逆向移动， SO_2 的平衡转化率降低，故 B 正确；

C. 通入过量空气能提高 SO_2 的平衡转化率，温度不变，所以化学平衡常数不变，故 C 正确；

D. 增大压强能提高反应速率，该反应为分子数减小的反应，增大压强平衡正向移动， SO_2 的平衡转化率增大，但压强增大对设备要求提高，生产成本增加，故 D 正确；

故答案为 A。

7. 【答案】C

【详解】A. 燃烧热是 101kPa 时，1mol 纯物质完全燃烧生成指定产物时的反应热，常见元素的指定产物： $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ，则甲烷的燃烧热是 $890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，A 正确；

B. 上述反应中，碳元素从 -4 升高到 +4，升高了 8 价，则每消耗 1 mol CH_4 转移 8 mol e^- ，B 正确；

C. 甲烷燃料电池中，通入甲烷的电极上甲烷失去电子转变为二氧化碳或碳酸根离子等，碳元素从 -4 升高到 +4，发生了氧化反应，C 不正确；

D. 水蒸气能量比等量的液态水高，则 1 mol CH_4 完全燃烧生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 时，放出的热量比 1 mol CH_4 完全燃烧生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 时，即少于 890.3 kJ，D 正确；

答案选 C。

8. 【答案】A

【详解】A. 催化剂可以降低反应的活化能，故 A 错误；

B. 醋酸和 CaCO_3 反应能够生成二氧化碳和水，根据强酸制取弱酸的原理，醋酸的酸性强于碳酸，故 B 正确；

C. 天然水中含有 HCO_3^- ， Al^{3+} 和天然水中 HCO_3^- 的水解相互促进，生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体，吸附水中悬浮物，加速其沉降，所以用 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 净化天然水，故 C 正确；

D. BaSO_4 不溶于盐酸，胃液中的 H^+ 对 BaSO_4 的沉淀溶解平衡基本没有影响， Ba^{2+} 可以保持在安全浓度





范围内，所以用 BaSO_4 作内服造影剂，故 D 正确；

故选 A。

9. 【答案】C

【详解】A. 用 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl 溶液滴定未知浓度的 NaOH 溶液，滴定终点时生成 NaCl，溶液呈中性，酚酞的变色范围为 8~10，可选用酚酞作指示剂，故 A 正确；

B. HC 溶液呈酸性，中和滴定时，需要用酸式滴定管盛装 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl 溶液，故 B 正确；

C. 用未知浓度的 NaOH 溶液润洗锥形瓶 2~3 次，导致锥形瓶中氢氧化钠的物质的量偏大，滴定时消耗标准液的体积偏大，测定结果偏高，所以锥形瓶不能润洗，故 C 错误；

D. 滴定结束时俯视酸式滴定管读数，读出的标准液体积偏小，导致测量结果偏低，故 D 正确；

故选 C。

10. 【答案】C

【详解】A. 在 100°C 时，水中 $c(\text{H}^+)=c(\text{OH}^-)=10^{-6}\text{mol/L}$ ，pH 约为 6 的纯水呈中性，A 错误；

B. 将 $1\text{mL}1\times 10^{-6}\text{mol/L}$ 的盐酸稀释至 1000mL，所得溶液的 pH 接近于 7，B 错误；

C. 在常温下，当水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 为 $1\times 10^{-13}\text{mol/L}$ 时，水的电离被抑制，如加入酸，溶液中 $c(\text{H}^+)=10^{-1}\text{mol/L}$ ，pH=1，如加入碱，溶液中 $c(\text{H}^+)=10^{-13}\text{mol/L}$ ，pH=13，C 正确；

D. $1\text{mLpH}=2$ 的盐酸稀释至 100mL，氢离子浓度变为 10^{-4}mol/L ，溶液 pH=4，加水稀释，醋酸的电离平衡正向移动，氢离子的物质的量增大，故 $1\text{mLpH}=2$ 的醋酸稀释至 100mL，氢离子浓度大于 10^{-4}mol/L ，溶液 pH<4，D 错误；

答案选 C。

11. 【答案】D

【详解】A. 将装有 NO_2 的玻璃球浸入热水中颜色加深： $2\text{NO}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 可知平衡逆向移动，则逆向为吸热反应，正向为放热反应， $\Delta\text{H}<0$ ，故 A 错误；

B. 用碳酸钠溶液处理锅炉水垢中的硫酸钙，离子方程式为： $\text{CaSO}_4(\text{s})+\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})\rightleftharpoons\text{CaCO}_3(\text{s})+\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ，故 B 错误；

C. CuS 的溶解度小于 PbS，硫化铅可以转化为硫化铜，离子方程式： $\text{PbS}(\text{s})+\text{Cu}^{2+}(\text{aq})+\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})\rightleftharpoons\text{PbSO}_4(\text{s})+\text{CuS}(\text{s})$ ，故 C 错误；

D. 硫离子与汞离子的反应生成硫化汞沉淀，反应的离子方程式为 $\text{Hg}^{2+}+\text{S}^{2-}=\text{HgS}\downarrow$ ，故 D 正确；

答案选 D。

12. 【答案】D

【详解】A. 由图 1 曲线变化可知，反应物的总能量大于生成物的总能量，因此该反应为放热反应，故 A 错误；

B. 催化剂只能改变化学反应速率，不能改变反应的焓变，故 B 错误；

C. 已知：① $\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta\text{H}=-44\text{kJ}/\text{mol}$ ，由选项 C 分析得，② $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})=\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta\text{H}=+41\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，根据盖斯定律①+②可得： $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})=\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta\text{H}=-3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，该反应为放热反

应，而图 2 中的曲线①表示的是吸热反应，故 C 错误；

D. 由图 2 可知， $1\text{molCO}_2(\text{g})$ 和 $1\text{molH}_2(\text{g})$ 生成 $1\text{molCO}(\text{g})$ 和 $1\text{molH}_2\text{O}(\text{g})$ 为吸热反应，故断裂 $1\text{molCO}_2(\text{g})$ 和 $1\text{molH}_2(\text{g})$ 中化学键需要吸收的能量大于断裂 $1\text{molCO}(\text{g})$ 和 $1\text{molH}_2\text{O}(\text{g})$ 中化学键需要吸收的能量，故 D 正确。

答案选 D。

13. 【答案】C

【详解】A. 酸中和碱的能力与酸的物质的量及元数有关，与酸的强弱无关，所以中和等体积、等物质的量浓度的盐酸和醋酸溶液，二者消耗氢氧化钠的物质的量一样多，故 A 错误；

B. NaOH 是强电解质，而一水合氨是弱电解质，存在电离平衡，加水稀释至一倍时，前者的 $c(\text{OH}^-)$ 下降至一半，而后者的电离平衡右移，能电离出更多的氢氧根，故稀释过程中 $c(\text{OH}^-)$ 下降不到一半， $c(\text{OH}^-)$ 大于前者，故 B 错误；

C. 醋酸为弱酸，不能完全电离，如果盐酸的浓度是醋酸浓度的二倍，则盐酸的 H^+ 浓度大于醋酸的 2 倍，故 C 正确；

D. 磷酸是中强酸，在水溶液部分电离，磷酸钠是强电解质，在水溶液里完全电离，所以物质的量相同的磷酸钠溶液和磷酸溶液中所含的 $c(\text{PO}_4^{3-})$ 不同，故 D 错误。

答案选 C。

14. 【答案】C

【分析】a 点为 0.1mol/L 的 CH_3COOH 溶液，b 点是醋酸消耗一半，溶质为等量的醋酸和醋酸钠；c 溶液呈中性， $c(\text{H}^+)=c(\text{OH}^-)$ ；d 点为醋酸钠和氢氧化钠的混合溶液，据此分析。

【详解】A. b 点是醋酸消耗一半，溶质为等量的醋酸和醋酸钠混合溶液，此时溶液呈酸性，说明醋酸的电离程度大于醋酸根的水解程度，则 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{CH}_3\text{COOH})$ ，故 A 错误；

B. 若 c 点 $V=20\text{mL}$ ，则醋酸和氢氧化钠恰好完全反应，溶质为醋酸钠，醋酸钠水解使溶液显碱性，pH 不为 7，由此可知 c 点： $V(\text{NaOH}) < 20\text{mL}$ ，故 B 错误；

C. d 点为等浓度的醋酸钠和氢氧化钠的混合溶液，此时溶液呈碱性，离子浓度的大小关系为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+)$ ，故 C 正确；

D. 随氢氧化钠体积的增加，醋酸逐渐转变成醋酸钠，当 $V=20\text{mL}$ 时溶质完全是醋酸钠，因醋酸抑制水的电离，醋酸钠水解促进水的电离，此过程中水的电离程度逐渐增大；当 $V > 20\text{mL}$ 后，溶质为醋酸钠和氢氧化钠，氢氧化钠抑制水的电离，随氢氧化钠的增加水的电离程度逐渐减小，故 D 错误；

故选 C。

15. 【答案】B

【详解】A. 增大 γ -羟基丁酸的浓度可以使平衡正向移动， γ -丁内酯的产量增加，但不能提高 γ -丁内酯的产率，A 错误；



B. 该反应的平衡常数 $K = \frac{[\gamma\text{-丁内酯}]}{[\gamma\text{-羟基丁酸}]} = \frac{0.132}{0.180 - 0.132} = 2.75$, B 正确;

C. 反应至 120 min 时, $\gamma\text{-丁内酯}$ 的浓度为 $0.090 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 反应了的 $\gamma\text{-羟基丁酸}$ 的浓度为 $0.090 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 转化率为 $\frac{0.09}{0.18} \times 100\% = 50\%$, C 错误;

D. $80 \sim 120 \text{ min}$, $\Delta c(\gamma\text{-丁内酯}) = (0.09 - 0.071) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 平均反应速率: $v(\gamma\text{-丁内酯}) =$

$$\frac{\Delta c}{t} = \frac{0.019 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ min}} = 4.75 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{ D 错误};$$

答案选 B。

16. 【答案】D

【分析】温度为 t_1 时, 根据起始物质的量和平衡时的物质的量可列三段式:

	$2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$			
起始(mol)	0.4	0.4	0	0
变化(mol)	0.2	0.2	0.1	0.2
平衡(mol)	0.2	0.2	0.1	0.2

【详解】A. 该反应的正反应是放热反应, 温度升高, 平衡逆向移动, CO_2 的物质的量减小, 所以温度 $t_1 > t_2$, 故 A 正确;

B. 由以上分析可知, I 中反应达到平衡时, NO 的转化率为 $\frac{0.2 \text{ mol}}{0.4 \text{ mol}} \times 100\% = 50\%$, 故 B 正确;

C. 由以上分析可知, I 中反应达到平衡时, 各物质的物质的量浓度分别为 NO: 0.1 mol/L , CO:

0.1 mol/L , N_2 : 0.05 mol/L , CO_2 : 0.1 mol/L , 则 t_1 温度下反应的平衡常数 $K = \frac{0.05 \times 0.1^2}{0.1^2 \times 0.1^2} = 5$, II 的温度比 I

低, 则 II 中反应平衡常数 $K > 5$, 故 C 正确;

D. $t_1^\circ\text{C}$ 、2L 的容器中, 若四种气体的物质的量均为 0.4 mol , 则各物质的物质的量浓度均为 0.2 mol/L ,

则 $Q = \frac{0.2 \times 0.2^2}{0.2^2 \times 0.2^2} = 5 = K$, 所以 $v(\text{正}) = v(\text{逆})$, 故 D 错误;

故选 D。

17. 【答案】C

【详解】A. 酸溶液中氢氧根离子来自水的电离, 碱溶液中氢离子来自水的电离, 由 pH 可知四种溶液中水电离的 $c(\text{H}^+)$ 均为 $1 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 A 正确;

B. 等 pH 值得强酸和弱酸, 弱酸因不完全电离, 因此弱酸浓度大于强酸, 等体积时, 醋酸的物质的量大于盐酸, 与足量锌反应生成的氢气醋酸多, 故 B 正确;

C. 氨水是弱碱不完全电离, pH=11 的氨水与 pH=3 的盐酸等体积混合后, 氨水过量有剩余, 混合后溶液呈碱性, 则 $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, 故 C 错误;

D. 将 a mL 溶液②与 b mL 溶液④混合后, 若所得溶液的 pH = 4, 则混合后 $c(\text{H}^+) =$



$$\frac{1.0 \times 10^{-3} \times a \times 10^{-3} \text{L} - 1.0 \times 10^{-3} \times b \times 10^{-3} \text{L}}{a \times 10^{-3} \text{L} + b \times 10^{-3} \text{L}} = 1.0 \times 10^{-4}, \quad a:b = 11:9, \quad \text{故 D 正确};$$

故选: C。

18. 【答案】D

【详解】A. K_2CrO_4 为指示剂, 则硝酸银应该先和氯离子反应, 然后再和铬酸根离子反应, 故实验中先产生白色沉淀, 滴定终点时产生砖红色沉淀, A 正确;

B. 白色沉淀是氯化银, 存在沉淀溶解平衡, $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$, B 正确;

C. 当 $c(\text{CrO}_4^{2-}) = 5.0 \times 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 此时

$$c(\text{Ag}^+) = \sqrt{\frac{K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{c(\text{CrO}_4^{2-})}} = \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{-12}}{5.0 \times 10^{-3}}} = 2.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \quad \text{则}$$

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{K_{sp}(\text{AgCl})}{c(\text{Ag}^+)} = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{2.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 9 \times 10^{-6} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \quad \text{则氯离子沉淀完全, C 正确};$$

D. 根据 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, 则滴定时若 pH 过低则铬酸根离子浓度低, 需要更多的银离子, 消耗更多的硝酸银, 会导致测定结果偏高, D 错误;

故选 D。

19. 【答案】C

【分析】实验 I 中对 NH_4Cl 固体试管加热, 湿润的 pH 试纸黄色 \rightarrow 蓝色(pH \approx 10) \rightarrow 黄色 \rightarrow 红色(pH \approx 2), 说明加热过程中生成了氨气, 氨气遇水形成一水合氨, 一水合氨为弱碱, 使试纸变蓝, 同时产生了氯化氢气体, 氯化氢极易溶于水形成盐酸, 中和了一水合氨恢复到黄色, 最后变为红色, 该过程可证明氯化铵受热发生分解生成氨气和氯化氢气体, 试纸先变蓝后变红, 说明氨气扩散的速度比氯化氢快; 试管中部有白色固体附着, 说明氯化铵分解产生的氨气和氯化氢在扩散过程中由化合生成氯化铵;

实验 II 中将氯化铵溶液滴在 pH 试纸上, 试纸颜色变化: 黄色 \rightarrow 橙黄色(pH \approx 5), 说明氯化铵溶液中铵根离子水解使溶液显酸性, 据此分析解答。

【详解】A. 氯化铵是强酸弱碱盐, 其水溶液显酸性, 会使湿润的 pH 试纸变红, 根据 I 中试纸变蓝, 说明 NH_4Cl 发生了分解反应, 故 A 正确;

B. 根据分析, 根据 I 中试纸颜色变化, 说明氨气比氯化氢气体扩散速率快, 故 B 正确;

C. 根据分析, I 中试纸变成红色, 是由于 NH_4Cl 分解产生的氯化氢造成的, 故 C 错误;

D. 根据分析, 根据试管中部有白色固体附着, 说明氯化铵分解产生的氨气和氯化氢在扩散过程中由化合生成氯化铵, 则不宜用加热 NH_4Cl 的方法制备 NH_3 , 故 D 正确;

答案选 C。

20. 【答案】D

【分析】据图可知 a 极上 CH_3COO^- 转化为 CO_2 和 H^+ , C 元素被氧化, 所以 a 极为该原电池的负极, 则 b 极为正极。



【详解】A. a 极为负极, CH_3COO^- 失电子被氧化成 CO_2 和 H^+ , 结合电荷守恒可得电极反应式为 $\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2\uparrow + 7\text{H}^+$, 故 A 正确;

B. 由以上分析可知 b 极为正极, 故 B 正确;

C. 为了实现海水的淡化, 模拟海水中的氯离子需要移向负极, 即 a 极, 则隔膜 1 为阴离子交换膜, 钠离子需要移向正极, 即 b 极, 则隔膜 2 为阳离子交换膜, 故 C 正确;

D. 当电路中转移 1mol 电子时, 根据电荷守恒可知, 海水会有 1mol Cl^- 移向负极, 同时有 1mol Na^+ 移向正极, 即除去 1mol NaCl , 质量为 58.5g, 则转移 2mol 电子时, 模拟海水理论上除盐 117g, 故 D 错误;

故选: D。

21. 【答案】C

【详解】A. 水溶液中的离子平衡 从图 1 可以看出 $\text{pH} = 10.25$ 时, 碳酸氢根离子与碳酸根离子浓度相同, A 项正确;

B. 从图 2 可以看出 $\text{pH} = 11$ 、 $\lg [c(\text{Mg}^{2+})] = -6$ 时, 该点位于曲线 I 和曲线 II 的下方, 不会产生碳酸镁沉淀或氢氧化镁沉淀, B 项正确;

C. 从图 2 可以看出 $\text{pH} = 9$ 、 $\lg [c(\text{Mg}^{2+})] = -2$ 时, 该点位于曲线 II 的上方, 会生成碳酸镁沉淀, 根据物料守恒, 溶液中 $c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) < 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, C 项错误;

D. $\text{pH} = 8$ 时, 溶液中主要含碳微粒是 HCO_3^- , $\text{pH} = 8$, $\lg [c(\text{Mg}^{2+})] = -1$ 时, 该点位于曲线 II 的上方, 会生成碳酸镁沉淀, 因此反应的离子方程式为 $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MgCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$, D 项正确;

故选 C。

第二部分

本部分共 5 小题, 共 58 分。

22. 【答案】(1) ①. II ②. $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ③. >

(2) ①. 乙 ②. $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$ ③. ac

(3) ①. $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ ②. 1mol/L 的 NaHCO_3 溶液中,

$c(\text{CO}_3^{2-}) = 1 \times 10^{-2} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 开始生成 FeCO_3 沉淀时 $c(\text{Fe}^{2+}) = \frac{3.2 \times 10^{-11}}{10^{-2}} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 3.2 \times 10^{-9} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

$K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 5.0 \times 10^{-17}$, 开始生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀时 $c(\text{Fe}^{2+}) = \frac{5 \times 10^{-17}}{(2 \times 10^{-6})^2} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.25 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以向

NaHCO_3 溶液中滴加少量 FeCl_2 溶液生成 FeCO_3 沉淀

【小问 1 详解】

① HCl 是强电解质, 在水溶液中完全电离, 则 $c(\text{H}^+) = c(\text{HCl}) = 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 溶液的 $\text{pH} = 1$, 所以曲线 II 是盐酸滴定曲线, 故答案为: II;



②a 点处溶液中溶质成分应是等物质的量的 CH_3COOH 和 CH_3COONa , 此时溶液中电荷守恒关系是 $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$, 根据图中信息, 此时溶液 $\text{pH} < 7$, 呈酸性, 所以 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, 则 $c(\text{Na}^+) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$, CH_3COONa 是强电解质而完全电离, CH_3COOH 是弱电解质而不完全电离, 所以 $c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+)$, 则存在 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$;

③ $V[\text{NaOH}(\text{aq})] = 20\text{mL}$ 时, 盐酸与醋酸均恰好完全反应, 生成正盐, 完全中和的两个盐溶液中, CH_3COO^- 水解, Cl^- 不水解, 故 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$;

【小问 2 详解】

①同浓度的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 溶液, Na_2CO_3 溶液的 pH 大于 NaHCO_3 , 所以图乙是 Na_2CO_3 的滴定曲线;

②A'~B' 是碳酸钠和盐酸反应生成碳酸氢钠和氯化钠, 反应的离子方程式为 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$;

③a. B' 时溶液为碳酸氢钠溶液, 此时溶液显碱性, 以水解为主, 有 $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, C' 时碳酸氢钠反应完生成 CO_2 和水, 溶液中主要是溶解的碳酸, 碳酸电离程度很小, 故 $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, 故 a 正确;

b. A 为碳酸氢钠溶液, 根据电荷守恒有 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$, 而 B、C 点加入了 HCl , 电荷守恒等式为 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$, 故 b 错误;

c. A 为碳酸氢钠溶液, HCO_3^- 水解促进水电离; B 点为 NaCl 溶液, NaCl 对水电离无影响; C 点为氯化钠、盐酸的混合液, HCl 抑制水电离, A、B、C 三点溶液中, 水的电离程度由大到小的顺序为 $A > B > C$, 故 c 正确;

答案为 ac;

【小问 3 详解】

①向 NaHCO_3 溶液中滴加少量 FeCl_2 溶液生成 FeCO_3 沉淀和二氧化碳气体, 发生的离子反应方程式 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;

② 1mol/L 的 NaHCO_3 溶液中, $c(\text{CO}_3^{2-}) = 1 \times 10^{-2} \text{mol/L}$, 开始生成 FeCO_3 沉淀时 $c(\text{Fe}^{2+}) = \frac{3.2 \times 10^{-11}}{10^{-2}} \text{mol/L} = 3.2 \times 10^{-9} \text{mol/L}$;

$K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 5.0 \times 10^{-17}$, 开始生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀时 $c(\text{Fe}^{2+}) = \frac{5 \times 10^{-17}}{(2 \times 10^{-6})^2} \text{mol/L} = 1.25 \times 10^{-5} \text{mol/L}$, 所以

向 NaHCO_3 溶液中滴加少量 FeCl_2 溶液生成 FeCO_3 沉淀。

23. 【答案】(1) 微弱电离

(2) c (3) ①. < ②. 平衡 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 向着沉淀溶解的方向移动, 溶液中离子浓度增大

(4) DE 段 pH 大于 7, 溶液显碱性, 氢氧化镁过量



(5) 先变为无色, 最后变为淡粉色

(6) 5.6×10^{-2}

【分析】I. ab段, H_2O 是弱电解质, 能发生微弱的电离, 电离方程式为 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$; bc段, 向蒸馏水中加入足量 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 粉末, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 溶解, 产生 Mg^{2+} 和 OH^- , 电导率增大; cd段, 再加入少量蒸馏水, 相当于稀释, Mg^{2+} 和 OH^- 浓度减小, 电导率减小; de段, 沉淀溶解平衡移动, cd段再加入少量蒸馏水, Mg^{2+} 和 OH^- 浓度减小, 使得 $Q[\text{Mg}(\text{OH})_2] < K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$, 平衡向着沉淀溶解的方向移动。

II. AB段 pH 不断增大, 氢氧化镁不断溶解, BC段 pH 不变, 存在平衡

$\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$, CD段加入稀硫酸, 消耗氢氧化镁, pH 减小, 稀硫酸消耗完, 氢氧化镁继续溶解, pH 增大, DE段 pH 不变, 建立新的平衡。

【小问 1 详解】

H_2O 是弱电解质, 能发生微弱的电离, 电离方程式为 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$, 因此 a 点电导率不等于 0;

【小问 2 详解】

cd段, 再加入少量蒸馏水, 相当于稀释, Mg^{2+} 和 OH^- 浓度减小, 电导率减小, 则在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 悬浊液中加入少量水的时刻为 c 点;

【小问 3 详解】

cd段再加入少量蒸馏水, Mg^{2+} 和 OH^- 浓度减小, 使得 d 时刻 $Q[\text{Mg}(\text{OH})_2] < K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$, 平衡 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 向右移动, 即平衡向着沉淀溶解的方向移动;

【小问 4 详解】

由图像可知, 最后的 pH 大于 7, 溶液显碱性, 氢氧化镁过量, 所以 A 点时加入的 $n[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ 大于 C 点时加入的 $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$;

【小问 5 详解】

由图像可知, AB段 pH 不断增大, 氢氧化镁不断溶解, BC段 pH 不变, 存在平衡

$\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$, 此时溶液 $\text{pH} > 10$, 因此实验②中溶液变红, CD段加入稀硫酸, 消耗氢氧化镁, pH 减小, 稀硫酸消耗完, 氢氧化镁继续溶解, pH 增大, 最终溶液的 pH 值范围为 $9 < \text{pH} < 10$, 由酚酞的变色范围知, 此时溶液变为淡粉色;

【小问 6 详解】

25°C 时, 水体 pH 约为 9, 则 $c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由

$K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = c(\text{Mg}^{2+})c^2(\text{OH}^-) = 5.6 \times 10^{-12}$ 得,

$$c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} = \frac{5.6 \times 10^{-12}}{(1.0 \times 10^{-5})^2} = 5.6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

24. 【答案】(1) $\frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$ (2) CD



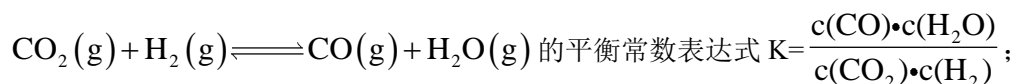
$$(3) \frac{b}{a+b+c} \times 100\%$$

(4) 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 CO_2 转化率升高， CH_3OH 产率下降；

(5) ①. > ②. T_1 温度后，体系中主要发生副反应，则两条曲线几乎交于一点 ③. A

【小问 1 详解】

平衡常数等于反应物浓度幂次方乘积和生成物浓度幂次方乘积的比值，反应



【小问 2 详解】

A. 反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 体系内始终存在 $n(\text{CO}) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 1$ ，不能说明反应达到平衡，这与起始投入量有关，故 A 不选；

B. 反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 体系压强始终不变，压强不再发生变化不能说明反应达到平衡，故 B 不选；

C. 体系内各物质浓度不再发生变化，说明达到反应平衡，故 C 符合题意；

D. 体系内 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，故 D 符合题意；

故答案为：CD；

【小问 3 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：

$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，体系中 $n(\text{CO}_2) : n(\text{CH}_3\text{OH}) : n(\text{CO}) = a : b : c$ ，根据碳元

素守恒，起始的 $n(\text{CO}_2) = a + b + c$ ， CH_3OH 产率 $\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n_{\text{总}}(\text{CO}_2)} \times 100\% = \frac{b}{a + b + c} \times 100\%$ ；

【小问 4 详解】

随着温度的升高， CO_2 转化率升高， CH_3OH 产率下降，其原因为主反应为放热反应，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 CO_2 转化率升高， CH_3OH 产率下降；

【小问 5 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， CO_2 的平衡转化率或 CH_3OH 的平衡产率越大，图中压强 p_1 时 CO_2 的平衡转化率或 CH_3OH 的平衡产率大于 p_2 时 CO_2 平衡转化率或 CH_3OH 的平衡产率，所以 $p_1 > p_2$ ；

② T_1 温度前，主要发生主反应： $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ， T_1 温度后主要发生副反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，该反应是气体体积不变化的吸热反应，压强改变对平衡



没有影响， $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为吸热反应， T_1 温度后，体系中主要发生副反应，则两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， CO_2 的平衡转化率或 CH_3OH 的平衡产率越大，低温时发生主反应，平衡产率最大的是 220°C 、 5MPa ，故答案为：A。

25. 【答案】(1) ①. $2\text{FeS}_2+15\text{MnO}_2+28\text{H}^+=15\text{Mn}^{2+}+2\text{Fe}^{3+}+4\text{SO}_4^{2-}+14\text{H}_2\text{O}$ ②. 28H^+ ③. $14\text{H}_2\text{O}$

(2) ①. 将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ②. $\text{pH}=4$ 时， $c(\text{OH}^-)=10^{-10}\text{mol/L}$ ，根据氢氧化铁的溶度积常数， $c(\text{Fe}^{3+})=\frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)}=\frac{2.8\times 10^{-39}}{1\times 10^{-30}}=2.8\times 10^{-9}\text{mol/L}<1\times 10^{-5}\text{mol/L}$ ，可判断铁离子已沉淀完全 ③. $\text{Pb}^{2+}+\text{S}^{2-}=\text{PbS}\downarrow$ ， $\text{Ba}^{2+}+\text{SO}_4^{2-}=\text{BaSO}_4\downarrow$ ，在除去铅离子的同时确保没有引进杂质离子钡离子。

(3) ①. $\frac{44a\times b\times 10^{-3}}{m}\times 100\%$ ②. 偏大



【小问1详解】

酸浸过程有氢离子参与，则反应物中有 H^+ ，则产物中有 H_2O ，已知 FeS_2 的系数为2，则产物中 SO_4^{2-} 的系数为4，反应中 FeS_2 中Fe共失去2个电子，S失去28个电子，则Mn得到30个电子， MnO_2 前系数为15， Mn^{2+} 前系数为15，则离子方程式为 $2\text{FeS}_2+15\text{MnO}_2+28\text{H}^+=15\text{Mn}^{2+}+2\text{Fe}^{3+}+4\text{SO}_4^{2-}+14\text{H}_2\text{O}$ 。

【小问2详解】

含 MnSO_4 的浸取液中加入 MnO_2 ，将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ，滤液1中加入 MnCO_3 调 $\text{pH}=4$ ，使铁离子转化成氢氧化铁沉淀，滤液2中加适量 MnF_2 ，除去钙离子，再加 BaS ，除去 Pb^{2+} ，最后经过系列操作得到纯净 MnSO_4 溶液。

①加入 MnO_2 的目的是将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} 。

② $\text{pH}=4$ 时， $c(\text{OH}^-)=10^{-10}\text{mol/L}$ ，根据氢氧化铁的溶度积常数， $c(\text{Fe}^{3+})=\frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)}=\frac{2.8\times 10^{-39}}{1\times 10^{-30}}=2.8\times 10^{-9}\text{mol/L}<1\times 10^{-5}\text{mol/L}$ ，可判断铁离子已沉淀完全。

③ BaS 中 S^{2-} 与 Pb^{2+} 生成 PbS 沉淀， Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 反应生成 BaSO_4 沉淀，在除去铅离子的同时确保没有引进杂质离子钡离子，离子方程式为 $\text{Pb}^{2+}+\text{S}^{2-}=\text{PbS}\downarrow$ ， $\text{Ba}^{2+}+\text{SO}_4^{2-}=\text{BaSO}_4\downarrow$ 。

【小问3详解】

①iii中 Fe^{2+} 与 MnO_4^- 反应，根据得失电子守恒可知，消耗 Fe^{2+} 的物质的量与消耗 MnO_4^- 的物质的量比值为5:1，已知消耗 Fe^{2+} 的量为 $a\times b\times 10^{-3}\text{mol}$ ，则消耗 MnO_4^- 的物质的量为 $\frac{1}{5}a\times b\times 10^{-3}\text{mol}$ ，根据Mn元素守恒，可知酸浸渣中锰元素的质量为 $\frac{1}{5}a\times b\times 10^{-3}\text{mol}\times 55\text{g/mol}\times 4=44a\times b\times 10^{-3}\text{g}$ ，故酸浸渣中锰元素的质量

量分数为 $\frac{44a \times b \times 10^{-3}}{m} \times 100\%$ 。

②ii中若未充分煮沸, $S_2O_8^{2-}$ 会将iii中的亚铁离子氧化成铁离子, 则消耗的硫酸亚铁铵体积偏大, 导致测定结果偏大。

26. 【答案】(1) ①. $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$ ②. 控制反应温度或调节硫酸的滴加速度

(2) ①. $2Ag^+ + S_2O_3^{2-} = Ag_2S_2O_3 \downarrow$ ②. $Al^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3H^+$, $S_2O_3^{2-}$ 与 H^+ 反应生成 S, SO_2 、 H_2O , 导致 $c(H^+)$ 降低, 水解平衡正向移动, 因而生成 $Al(OH)_3$ 沉淀 ③. $2Fe^{3+} + H_2O + S_2O_3^{2-} = 2Fe^{2+} + SO_4^{2-} + S \downarrow + 2H^+$

④. Fe^{3+} 与 $S_2O_3^{2-}$ 反应生成紫黑色 $Fe(S_2O_3)_3^{3-}$ 的化学反应速率大, 化学反应的限度相对小些; 而 Fe^{3+} 与 $S_2O_3^{2-}$ 反应生成 Fe^{2+} 的化学反应的限度相对大, 反应速率相对小些

【分析】将 70% 的浓硫酸通过分液漏斗滴入烧瓶中与 Na_2SO_3 发生复分解反应产生 SO_2 气体, 气体通过导气管通入到盛有 Na_2S 、 Na_2CO_3 混合溶液的烧瓶中, 发生反应: $2Na_2S + Na_2CO_3 + 4SO_2 = 3Na_2S_2O_3 + CO_2$ 制备 $Na_2S_2O_3$, 过量的 SO_2 及产生的 H_2S 等气体经 $NaOH$ 尾气处理后再进行排放。制取得到的 $Na_2S_2O_3$ 与不同的金属阳离子的盐溶液反应, 金属阳离子种类不同, 二者相对量的多少不同, 反应产物不同, 反应现象就不同。

【小问 1 详解】

① Na_2S 和 Na_2CO_3 都是强碱弱酸盐, 在混合溶液中 S^{2-} 、 CO_3^{2-} 都会发生水解反应, 消耗水电离产生的 H^+ , 使水的电离平衡正向移动, 最终达到平衡时, 溶液中 $c(OH^-) > c(H^+)$, 溶液呈碱性, 用离子方程式表示为: $S^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HS^- + OH^-$ 、 $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$;

② 为了保证 $Na_2S_2O_3$ 的产量, 实验中通入的 SO_2 不能过量。要控制 SO_2 的生成速率, 可以采取的措施有: 控制反应温度或调节硫酸的滴加速度。

【小问 2 详解】

① 向盛有 2mL 0.1mol/L $Na_2S_2O_3$ 溶液的试管中滴加 0.03mol/L 的 Ag_2SO_4 溶液, 看到局部生成白色沉淀, 产生的白色沉淀是 $Ag_2S_2O_3$, 该反应的离子方程式为: $2Ag^+ + S_2O_3^{2-} = Ag_2S_2O_3 \downarrow$; 振荡后沉淀溶解, 得到无色溶液, 这是由于过量的 $Na_2S_2O_3$ 与 $Ag_2S_2O_3$ 反应产生可溶性络合物 $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$;

② 向盛有 2mL 0.1mol/L $Na_2S_2O_3$ 溶液的试管中滴加 0.03mol/L $Al_2(SO_4)_3$ 溶液, 一段时间后, 生成沉淀, 经检验, 该现象中的沉淀有 $Al(OH)_3$ 和 S, 这是由于 $Al_2(SO_4)_3$ 是强酸弱碱盐, 在溶液中 Al^{3+} 发生水解反应: $Al^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3H^+$, 水解使溶液显酸性, $S_2O_3^{2-}$ 与 H^+ 反应生成 S, SO_2 、 H_2O , 导致 $c(H^+)$ 降低, 水解平衡正向移动, 因而生成 $Al(OH)_3$ 沉淀;

③ 经检验, 现象III中的无色溶液中含有 Fe^{2+} , 说明 Fe^{3+} 和 $S_2O_3^{2-}$ 反应生成了 S、 Fe^{2+} 和 SO_4^{2-} , 根据得失电子守恒和电荷守恒配平离子方程式为: $2Fe^{3+} + H_2O + S_2O_3^{2-} = 2Fe^{2+} + SO_4^{2-} + S \downarrow + 2H^+$;

④ 向盛有 2mL 0.1mol/L $Na_2S_2O_3$ 溶液的试管中滴加 0.03mol/L 的 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液, 混合后溶液先变成紫黑色, 30s 时溶液几乎变为无色, 经检验, 此无色溶液中含有 Fe^{2+} , 这是由于 Fe^{3+} 与 $S_2O_3^{2-}$ 反应生成紫黑色 $Fe(S_2O_3)_3^{3-}$ 的化学反应速率大, 化学反应的限度相对小些; 而 Fe^{3+} 与 $S_2O_3^{2-}$ 反应生成 Fe^{2+} 的化学反应的限



度相对大，反应速率相对小些。

