

2023 北京北师大附中高二（上）期中

化 学

考生须知

1.本试卷有 2 道大题，共 12 页。考试时长 90 分钟，满分 100 分。

2.考生务必将答案填写在答题纸上。

3.可能用到的相对原子质量：H - 1 C - 12 O - 16 Na - 23

一、选择题(25 道小题，共 50 分，每小题只有 1 个选项符合题意)

1. 下列物质中，属于弱电解质的是

- A. 氨水 B. 二氧化硫 C. 冰醋酸 D. 铜线

2. 下列生活中常用的方法，其原理与盐类的水解反应有关的是

- A. 用明矾净水 B. 用酒精进行环境消毒
C. 用 3%的 H_2O_2 溶液清洗伤口 D. 用白醋清洗水壶中的水垢

3. 下列溶液一定显酸性的是 ()

- A. $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ 的溶液 B. 含 H^+ 的溶液
C. $\text{pH} < 7$ 的溶液 D. 加酚酞显无色的溶液

4. 下列离子反应方程式中，不属于水解反应的是

- A. $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$
B. $\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{OH}^-$
C. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
D. $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$

5. 25°C 时，水中存在电离平衡： $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad \Delta H > 0$ 。下列说法正确的是

- A. 将水加热， K_w 增大， pH 不变
B. 向水中加入少量 NaHSO_4 固体， $c(\text{H}^+)$ 增大， K_w 不变
C. 向水中加入少量 NaOH 固体，平衡逆向移动， $c(\text{OH}^-)$ 降低
D. 向水中加入少量 NH_4Cl 固体，平衡正向移动， $c(\text{OH}^-)$ 增大

6. 下列事实不能说明 HNO_2 是弱电解质的是

- A. 常温下 NaNO_2 溶液的 pH 大于 7
B. 常温下 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HNO_2 溶液的 pH 为 2.1
C. $\text{pH}=11$ 的 NaNO_2 溶液加水稀释到 100 倍， pH 大于 9
D. 用 HNO_2 溶液作导电实验，灯泡很暗



7. 下列解释实际应用的原理表达式中, 不正确的是

- A. 用排饱和食盐水法收集 Cl_2 : $(-1)+(-1)-(-1)\times(-1)\div(-1) \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$
- B. 热的纯碱溶液碱性增强: $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{OH}^-$
- C. 向 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 悬浊液中加入 FeCl_3 溶液: $3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{Fe}^{3+} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Mg}^{2+}$
- D. 用 TiCl_4 制备 TiO_2 : $\text{TiCl}_4 + (x+2)\text{H}_2\text{O}(\text{过量}) = \text{TiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O} \downarrow + 4\text{HCl}$

8. 物质的量浓度相同的下列溶液中, $c(\text{NH}_4^+)$ 最小的是

- A. NH_4Cl B. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ C. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ D. NH_4HSO_4

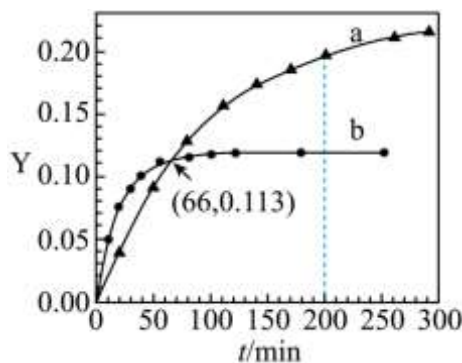
9. 医学研究证实: 痛风病与关节滑液中形成的尿酸钠(NaUr)有关(NaUr 增多, 病情加重), 其化学原理为:



- A. 大量饮水会增大痛风病发作的可能性 B. 秋冬季节更易诱发关节疼痛
- C. 饮食中摄入过多咸菜, 会加重痛风病病情 D. 患痛风病的人应少吃能代谢产生更多尿酸的食物

10. 已知反应: $2\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l}) \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{} \text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COH}(\text{CH}_3)_2(\text{l})$. 取等量 CH_3COCH_3 , 分别在 0°C 和 20°C 下,

测得其转化分数随时间变化的关系曲线 (Y-t) 如图所示. 下列说法正确的是



A. b 代表 0°C 下 CH_3COCH_3 的 Y-t 曲线

B. 反应进行到 20min 末, H_3COCH_3 的 $\frac{v(0^\circ\text{C})}{v(20^\circ\text{C})} > 1$

C. 升高温度可缩短反应达平衡的时间并能提高平衡转化率

D. 从 Y=0 到 Y=0.113, $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COH}(\text{CH}_3)_2$ 的 $\frac{\Delta n(0^\circ\text{C})}{\Delta n(20^\circ\text{C})} = 1$



11. 25°C 时, 在 10mL 浓度均为 0.1mol/L NaOH 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 混合溶液中, 滴加 0.1mol/L 的盐酸, 下列有关溶液中粒子浓度关系正确的是

A. 未加盐酸时: $c(\text{OH}^-) > c(\text{Na}^+) = c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

B. 加入 10mL 盐酸时: $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$

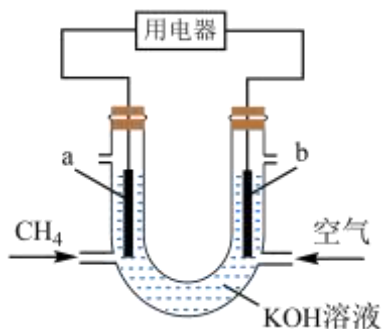
C. 加入盐酸至溶液 $\text{pH}=7$ 时: $c(\text{Cl}^-) = c(\text{Na}^+)$

D. 加入 20mL 盐酸时: $c(\text{Cl}^-) = c(\text{NH}_4^+) + c(\text{Na}^+)$

12. 下列各组离子在相应的条件下可能大量共存的是

- A. 常温下 $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}^+)} = 1 \times 10^{12}$ 的溶液中: NH_4^+ 、 Fe^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^-
- B. 含有 NO_3^- 的溶液中: Fe^{2+} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 H^+
- C. 常温下由水电离产生的 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: NO_3^- 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 SO_4^{2-}
- D. 常温下 $\frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Na^+ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 K^+

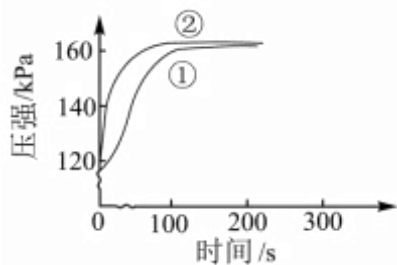
13. 甲烷燃料电池的工作原理如图, 下列说法正确的是



- A. a 极为正极
- B. K^+ 从 b 极经溶液流向 a 极
- C. 工作一段时间后, b 极附近的 pH 会减小
- D. a 极的电极反应为 $\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- - 8\text{e}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$

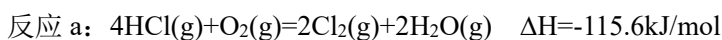


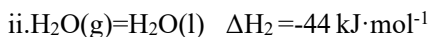
14. 在两个密闭的锥形瓶中, 0.05g 形状相同的镁条(过量)分别与 2mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸和醋酸反应, 测得容器内压强随时间的变化曲线如下图。下列说法不正确的是



- A. 曲线②代表盐酸与镁条反应
- B. 反应开始时, 盐酸与 Mg 反应的更快
- C. 反应中醋酸的电离被促进, 两种溶液最终产生的氢气总量基本相等
- D. 用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液完全中和上述两种酸溶液, 盐酸消耗 NaOH 溶液的体积更大

15. 用 Cl_2 生产某些含氯有机物时会产生副产物 HCl。利用反应 a 可实现氯的循环利用:



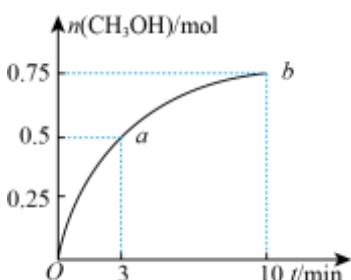


下列说法不正确的是

- A. 反应 a 中反应物的总能量高于生成物的总能量
- B. 反应 a 中涉及极性键、非极性键的断裂和生成
- C. $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_3 = -159.6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- D. 断开 1 mol H-O 键与断开 1 mol H-Cl 键所需能量相差约为 31.9 kJ

16. 某温度下,在容积为 1L 的密闭容器中充入 1mol CO_2 和 3.25mol H_2 , 发生

$\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$, 测得 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的物质的量随时间的变化如图所示, (已知, 此温度下,该反应的平衡常数 $K=2.25$) 下列说法正确的是



- A. 0-10min, $v(\text{H}_2)=0.075 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- B. 点 b 所对应的状态为化学平衡状态
- C. CH_3OH 的生成速率,点 a 低于点 b
- D. 欲增大平衡状态时 $\frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}_2)}$, 可保持其他条件不变,升高温度



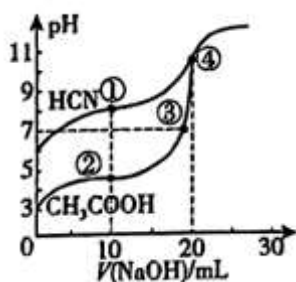
17. 常温下下列是几种弱酸的电离平衡常数:

| CH_3COOH | H_2S | HCIO |
|--------------------------|---|------------------------|
| 1.8×10^{-5} | $K_1=1.3 \times 10^{-7}$ $K_2=7.1 \times 10^{-15}$ | 4.69×10^{-11} |

下列说法正确的是

- A. 同物质的量浓度的 Na_2S 、 NaClO 、 CH_3COONa 溶液, pH 最大的是 NaClO 溶液
- B. 同物质的量浓度的 H_2S 、 HCIO 、 CH_3COOH 溶液, 酸性最强的是 CH_3COOH
- C. 同物质的量浓度的 S^{2-} 、 HS^- 、 ClO^- 、 CH_3COO^- 结合 H^+ 能力最强的是 ClO^-
- D. CH_3COOH 溶液与 Na_2S 溶液不能反应生成 NaHS

18. 常温下, 用 $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液分别滴定 $20.00 \text{ mL } 0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液和 HCN 溶液, 所得滴定曲线如图。下列说法不正确的是



- A. 点①所示溶液中， CN^- 的水解程度大于 HCN 的电离程度
- B. 点①和点②所示溶液中： $c(\text{CN}^-) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$
- C. 点③所示溶液中： $c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$
- D. 点④所示溶液中： $c(\text{Na}^+) > c(\text{CN}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

19. 下列说法中正确的是

- A. 向沸水中滴加 FeCl_3 饱和溶液一定有红褐色沉淀产生
- B. 制备 AlCl_3 、 NaCl 均可以采用将溶液直接蒸干的方法
- C. 向饱和食盐水中滴加浓盐酸，不会有沉淀析出
- D. 盐碱地(含较多 NaCl 、 Na_2CO_3)不利于作物生长，通过施加适量石膏可以降低土壤的碱性

20. 锂电池具有广泛应用。用废铝渣(含金属铝、锂盐等)获得电池级 Li_2CO_3 的一种工艺流程如下(部分物质已略去)：



下列说法不正确的是

- A. ①中加热后有 SO_2 生成
- B. ②生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的离子方程式： $2\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow$
- C. 由③推测溶解度： $\text{CaCO}_3 > \text{Li}_2\text{CO}_3$
- D. ④中不宜通入过多 CO_2 ，否则会造成 Li_2CO_3 产率降低

21. 室温下，1 L 含 0.1 mol CH_3COOH 和 0.1 mol CH_3COONa 的溶液 a 及加入一定量强酸或强碱后溶液的 pH 如下表（加入前后溶液体积不变）：

| | 溶液 a | 通入 0.01 mol HCl | 加入 0.01 mol NaOH |
|----|------|-----------------|------------------|
| pH | 4.76 | 4.67 | 4.85 |

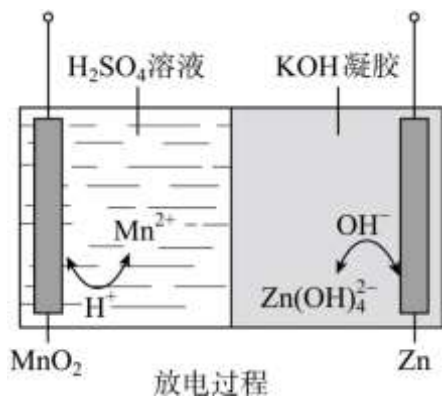
像溶液 a 这样，加入少量强酸或强碱后 pH 变化不大的溶液称为缓冲溶液。

下列说法不正确的是

- A. 溶液 a 和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液中 CH_3COOH 的电离程度前者小于后者

- B. 向溶液 a 中通入 0.01 mol HCl 时, CH_3COO^- 结合 H^+ 生成 CH_3COOH , pH 变化不大
- C. 向溶液 a 中加入 0.1 mol NaOH 固体, pH 基本不变
- D. 含 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 与 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Cl}$ 的混合溶液也可做缓冲溶液

22. 液体锌电池是一种电压较高的二次电池, 具有成本低、安全性强、可循环使用等特点, 其放电过程示意图如图。下列说法不正确的是



已知: ① $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$; ② KOH 凝胶中允许离子存在、生成或迁移。

- A. 充电过程中, 阴极的电极反应: $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e}^- = \text{Zn} + 4\text{OH}^-$
- B. 放电过程中, 正极的电极反应: $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
- C. 放电过程中, H^+ 由正极向负极迁移
- D. 在充、放电过程中, 凝胶中的 KOH 可再生


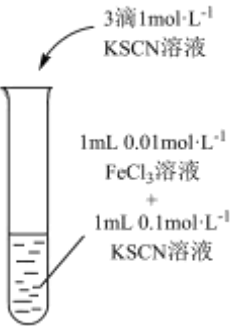
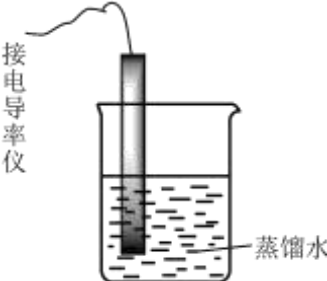
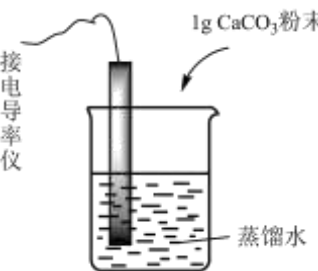
23. 下面关于中和滴定的实验操作叙述不正确的有

- ① 将锥形瓶用蒸馏水和待测定的盐酸溶液进行洗涤
- ② 取 20 mL 待测定的盐酸溶液, 注入锥形瓶中
- ③ 向锥形瓶中加入几滴酚酞试液为指示剂
- ④ 碱式滴定管用蒸馏水洗涤后, 直接注入已知浓度的 NaOH 溶液
- ⑤ 进行中和滴定时, 一旦锥形瓶内溶液由无色变成粉红色, 即可停止滴定
- ⑥ 记录数据, 进行必要的数据处理和得出结论。

- A. ①④⑥ B. ①②④ C. ①②④⑤ D. ②③⑤

24. 下列实验中, 对现象的解释不正确的是

| | | | | |
|----|---|---|---|---|
| 选项 | A | B | C | D |
|----|---|---|---|---|

| | | | | |
|-------|---|--|--|--|
| 装置及操作 |  装有NO ₂ 的密闭注射器 向右轻轻推动活塞压缩体积 |  3滴1mol·L ⁻¹ KSCN溶液 1mL 0.01mol·L ⁻¹ FeCl ₃ 溶液 + 1mL 0.1mol·L ⁻¹ KSCN溶液 |  接电导率仪 蒸馏水 分别测定 20°C和 80°C蒸馏水的电导率 |  接电导率仪 1g CaCO ₃ 粉末 蒸馏水 |
| 现象 | 气体红棕色先变深再变浅 | 溶液血红色加深 | 80°C蒸馏水的电导率大于20°C的 | 加入 CaCO ₃ 粉末后电导率增大 |
| 解释 | 压强增大，2NO ₂ ⇌ N ₂ O ₄ 平衡先逆向移动，再正向移动 | 增大反应物浓度，Fe ³⁺ + 3SCN ⁻ ⇌ Fe(SCN) ₃ 平衡正向移动 | 温度升高，水的电离平衡正向移动 | CaCO ₃ 在水中存在 CaCO ₃ (s) ⇌ Ca ²⁺ (aq) + CO ₃ ²⁻ (aq) |

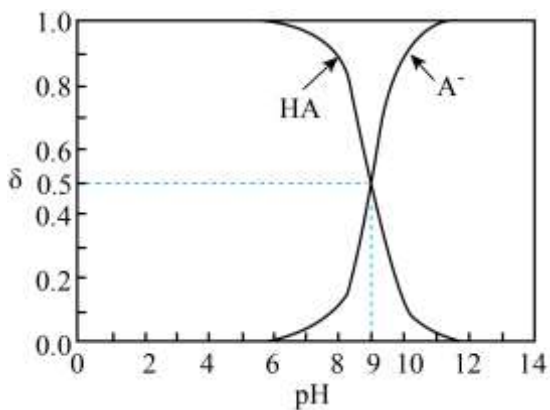
A. A

B. B

C. C

D. D

25. HA 为一元弱酸。已知溶液中 HA、A⁻ 的物质的量分数 δ 随溶液 pH 变化的曲线如下图所示。向 10mL 0.1mol·L⁻¹ HA 溶液中，滴加 0.1mol·L⁻¹ NaOH 溶液 x mL。下列说法中不正确的是



A. 由图可知，该温度下 HA 的 $K_a = 1 \times 10^{-9}$

B. x=0 时， $1 < \text{pH} < 7$

C. x=5 时， $c(\text{A}^-) = c(\text{HA})$

D. x=10 时， $c(\text{A}^-) + c(\text{HA}) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

二、填空题(5道小题，共 50 分)

26. 请回答下列问题：

I. 锅炉水垢既会降低燃料的利用率，造成能源浪费，也会影响锅炉的使用寿命，形成安全隐患，因此要定期去除锅炉水垢。

(1) 水垢中的 $Mg(OH)_2$ 可直接用盐酸除去，应用平衡移动原理分析、解释上述过程_____；

(2) 水垢中含有的 $CaSO_4$ ，可先用 Na_2CO_3 溶液处理，使之转化为疏松、易溶于酸的 $CaCO_3$ ，而后用酸去除。用离子方程式表示上述反应：_____。

II. 根据下表所列 2 种溶液在 25°C 时的相关数据，按要求填空：

| 溶液 | 物质的量浓度 | pH |
|----------------|----------|----|
| (I) CH_3COOH | 0.1mol/L | 3 |
| (II) NH_4Cl | 0.1mol/L | 6 |

(3) 用离子方程式表示(I)溶液显酸性的原因_____。

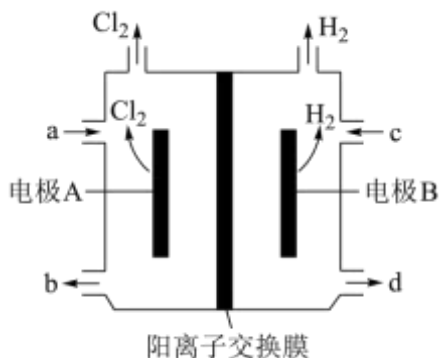
(4) 溶液(II)中各离子浓度由大到小的顺序是_____。

(5) 溶液(I)和(II)中由水电离出的 $c(H^+)$ 之比是 1: _____。



III. 海水是巨大的化学资源宝库，利用海水可以直接或间接获取很多物质。

(6) 下图是氯碱工业中电解饱和氯化钠溶液的示意图，饱和氯化钠溶液从 a 口进入，NaOH 溶液从_____ (填 b 或 d) 口导出；电解饱和氯化钠溶液的离子方程式为_____。



27. 某烧碱样品因部分变质含 Na_2CO_3 ，某化学课外小组的同学用滴定法测定该烧碱样品中 NaOH 的质量分数。

【资料】常用的酸碱指示剂及其变色范围如下：

酚酞：pH < 8.2 无色 8.2 < pH < 10 浅红色 pH > 10 红色

甲基橙：pH < 3.1 红色 3.1 < pH < 4.4 橙色 pH > 4.4 黄色

【实验步骤】

I. 迅速地称取烧碱样品 0.50g，溶解后配制成 100mL 溶液，备用。

II. 将 0.1000mol/L HCl 标准溶液装入酸式滴定管，调零，记录起始读数 V_0 ；用碱式滴定管取 20.00mL 样品溶液于锥形瓶中，滴加 2 滴酚酞；以 HCl 标准溶液滴定至第一终点(此时溶质为 NaCl 和 $NaHCO_3$)，记录酸式滴定管的读数 V_1 ；然后再向锥形瓶内滴加 2 滴甲基橙，继续用 HCl 标准溶液滴定至第二终点，记录酸式

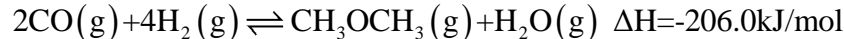
滴定管的读数 V_2 ，重复上述操作两次，记录数据如下：

| | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|
| 实验序号 | 1 | 2 | 3 |
| V_0/mL | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| V_1/mL | 21.72 | 21.68 | 21.70 |
| V_2/mL | 23.72 | 23.68 | 23.70 |



- (1) 步骤I中所需的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和 100mL_____。
- (2) 酸式滴定管用蒸馏水洗净后、装入标准溶液前，应进行的操作是_____。
- (3) 滴定至第一终点的过程中，发生反应的离子方程式为_____。
- (4) 判断滴定至第二终点的现象是溶液由_____色变为橙色。
- (5) 样品中 NaOH 的质量分数为_____%。(计算结果保留小数点后 1 位)
- (6) 下列操作会导致测得的 NaOH 质量分数偏高的是_____ (填字母序号)。
 - a. 达到第一终点前，锥形瓶中有气泡产生
 - b. 记录酸式滴定管读数 V_1 时，俯视标准液液面
 - c. 第一终点后继续滴定时，锥形瓶中有少许液体溅出

28. 二甲醚(CH_3OCH_3)是重要的化工原料，可用 CO 和 H_2 制得，总反应的热化学方程式为：



工业中采用“一步法”，通过复合催化剂使下列甲醇合成和甲醇脱水反应同时进行：

i. 甲醇合成反应：_____

ii. 甲醇脱水反应： $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ， $\Delta H = -24.0 \text{ kJ/mol}$

(1) 起始时向容器中投入 2mol CO 和 4mol H_2 ，测得某时刻上述总反应中放出的热量为 51.5kJ，此时 CO 的转化率为_____。

(2) 请补全甲醇合成反应的热化学方程式_____。

(3) 甲醇脱水反应： $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，是制备二甲醚的重要环节。

①某温度下，该反应的化学平衡常数是 360。在恒容密闭容器中加入一定量的 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ ，测得某时刻各组分浓度如下表所示。此时正反应速率_____逆反应速率(填“>”、“<”或“=”)。

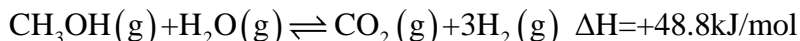
| | | | |
|------------|------------------------|---------------------------|----------------------|
| 物质 | CH_3OH | CH_3OCH_3 | H_2O |
| 浓度/(mol/L) | 0.02 | 0.4 | 0.4 |

②在一定温度下的恒容密闭容器中发生甲醇脱水反应，下列能说明该反应已达到平衡状态的是_____。

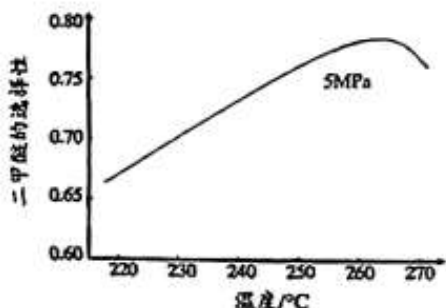
a. 相同时间内消耗 CH_3OH 的物质的量与消耗 CH_3OCH_3 的物质的量之比为 2：1

- b. 混合体系内各组分浓度不变
c. 恒容密闭容器内的压强不变

(4) 生产二甲醚的过程中存在以下副反应，与甲醇脱水反应形成竞争。



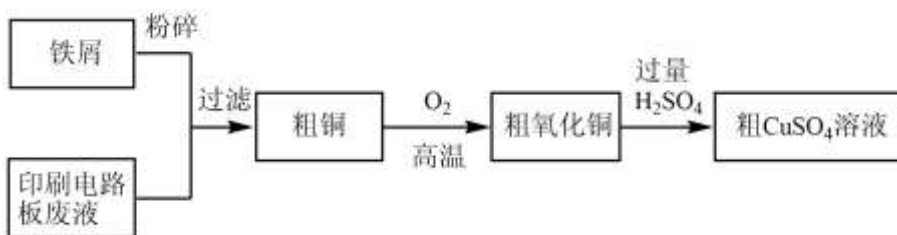
将反应物混合气按进料比 $n(\text{CO}):n(\text{H}_2)=1:2$ 通入反应装置，选择合适的催化剂。在不同温度下，反应相同时间，测得二甲醚的选择性如图所示。



资料：二甲醚的选择性是指转化为二甲醚的 CO 在全部转化的 CO 中所占的比例。温度低于 265°C 时，随着温度升高二甲醚选择性增加，原因是_____。

29. 印刷电路板废液主要含 CuCl_2 、 FeCl_2 以及少量的 FeCl_3 等物质，以废液为原料制备 CuSO_4 ，实现资源回收再利用，流程如下图所示。

(1) 粗 CuSO_4 溶液的制备



- ①上述流程中能加快反应速率的措施有_____。
②加入铁屑后，印刷电路板废液中发生的离子反应有_____。

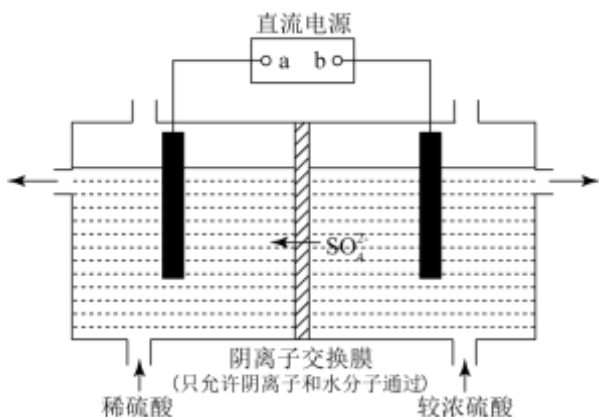
(2) CuSO_4 溶液的精制

- i. 经检验，粗 CuSO_4 溶液含有 Fe^{2+} 。
ii. 向粗 CuSO_4 溶液滴加 3% 的 H_2O_2 溶液，当溶液中 Fe^{2+} 完全氧化后，加 CuO 粉末调节溶液的 $\text{pH}=4$ 。
iii. 将溶液加热至沸，趁热减压过滤，得到精制 CuSO_4 溶液。

①用离子方程式说明加入 H_2O_2 溶液的作用：_____。

②已知：25°C 时， $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2.2 \times 10^{-20}$ ， CuSO_4 饱和溶液中 Cu^{2+} 的物质的量浓度为 $1.41 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。ii 中调节溶液 $\text{pH}=4$ ，请结合计算说明此时 Cu^{2+} 是否开始沉淀_____。

(3) 工业生产中也可采用电解的方法由 Cu 制得 CuSO_4 ，如图所示



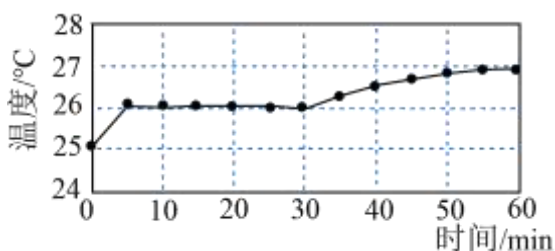
- ①与直流电源 a 端相连的电极材料是_____ (填“铜片”或“石墨”)
- ②将进口处较浓硫酸换成 Na_2SO_4 溶液进行实验, 发现得到的 CuSO_4 溶液 pH 比替换前升高, 结合电极反应解释 pH 升高的原因是_____。

30. 某小组研究了铜片与 $5.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HNO}_3$ 反应的速率, 实验现象记录如下表。

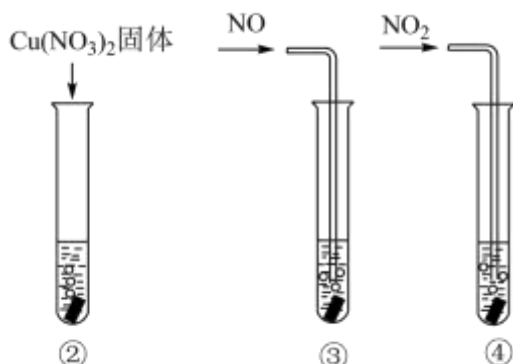
| 实验 | 时间段 | 现象 |
|----|----------|--------------------------------|
| ① | 0~15min | 铜片表面出现极少气泡 |
| | 15~25min | 铜片表面产生较多气泡, 溶液呈很浅的蓝色 |
| | 25~30min | 铜片表面均匀冒出大量气泡 |
| | 30~50min | 铜片表面产生较少气泡, 溶液蓝色明显变深, 液面上方呈浅棕色 |

为探究影响该反应速率的主要因素, 小组进行如下实验。

实验I: 监测上述反应过程中溶液温度的变化, 所得曲线如下图:



实验II: ②~④试管中加入大小、形状相同的铜片和相同体积、 $5.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HNO}_3$, 结果显示: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 NO 对 Cu 和 HNO_3 反应速率的影响均不明显, NO_2 能明显加快该反应的速率。



实验III：在试管中加入铜片和 $5.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HNO}_3$ ，当产生气泡较快时，取少量反应液于试管中，检验后发现其中含有 NO_2^- 。

- (1) 根据表格中的现象，描述该反应的速率随时间的变化情况：_____。
- (2) 实验I的结论：温度升高_____ (填“是”或“不是”) 反应速率加快的主要原因。
- (3) 实验II的目的是：_____。
- (4) 小组同学查阅资料后推测：该反应由于生成某中间产物而加快了反应速率。请结合实验II、III，在下图方框内填入相应的微粒符号，以补全催化机理。①_____；②_____。



- (5) 为验证(4)中猜想，还需补充一个实验：_____ (请写出操作和现象)。



参考答案

一、选择题(25道小题,共50分,每小题只有1个选项符合题意)

1. 【答案】C

【分析】电解质是溶于水或在熔融状态下能够导电的化合物；非电解质是溶于水或在熔融状态下不能够导电的化合物；弱电解质是指在水溶液里部分电离的电解质，包括弱酸、弱碱、水与少数盐；

【详解】A. 氨水为混合物，不是电解质，故A错误；

B. 二氧化硫自身不能电离出离子，不导电，为非电解质，故B错误；

C. 冰醋酸在水溶液中只能部分电离，属于弱电解质，故C正确；

D. 铜为金属单质，不是电解质，故D错误；

故选C。

2. 【答案】A

【详解】A. 用明矾净水，是利用明矾中所含 Al^{3+} 水解生成的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体具有吸附水中悬浮颗粒物并使之沉降的能力，使水体发生净化，A符合题意；

B. 用酒精进行环境消毒，是利用酒精能使细菌表面蛋白质发生变性，从而杀死细菌，B不符合题意；

C. 用3%的 H_2O_2 溶液清洗伤口，是利用 H_2O_2 具有强氧化性，能够杀死细菌而达到给伤口消毒的目的，C不符合题意；

D. 用白醋清洗水壶中的水垢，是利用醋酸显酸性，且酸性比碳酸强，能溶解水垢，从而达到去除水垢的目的，D不符合题意；

故选A。

3. 【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 H^+ 和 OH^- ，含 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。

4. 【答案】C

【详解】A. $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ ， NH_4^+ 离子结合水电离的 OH^- 生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，该反应是水解反应，故A不符合题意；

B. $\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{OH}^-$ ， HSO_3^- 离子结合水电离的 H^+ 生成 H_2SO_3 ，该反应是水解反应，故B不符合题意；

C. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ， HCO_3^- 离子电离为 H^+ 和 CO_3^{2-} ，该反应是电离反应，故C符合题意；

D. $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ ， Al^{3+} 离子结合水电离的 OH^- 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，该反应是水解反应，



故 D 不符合题意；

故答案选 C。

5. 【答案】B

【详解】A. 水的电离是吸热过程，升高温度，平衡向电离方向移动， K_w 增大， $c(H^+)$ 增大，则 pH 减小，A 错误；

B. 向水中加入少量固体硫酸氢钠，硫酸氢钠在水溶液中电离出钠离子、氢离子和硫酸根离子，导致 $c(H^+)$ 增大，平衡逆向移动， K_w 只受温度的影响温度不变， K_w 不变，B 正确；

C. 向水中加入少量固体 NaOH， $c(OH^-)$ 增大，平衡逆向移动， $c(H^+)$ 降低 $c(OH^-)$ 增大，C 错误；

D. 向水中加入少量固体 NH_4Cl ，铵根离子会和氢氧根离子之间反应， $c(OH^-)$ 减小，导致平衡正向移动， $c(H^+)$ 增大，D 错误；

答案选 B。

6. 【答案】D

【分析】亚硝酸为弱电解质，则利用其电离不完全来分析，利用酸不能完全电离或盐类水解的规律来分析 HNO_2 是弱电解质。

【详解】A. 由盐类水解的规律，强酸强碱盐的水溶液为中性，但弱酸强碱盐水的 pH 大于 7，则说明盐对应的 HNO_2 是弱电解质，故 A 不选；

B. 0.1mol/L 的亚硝酸溶液的 pH 约为 2.1，说明亚硝酸部分电离，说明 HNO_2 是弱电解质，故 B 不选；

C. pH=11 的 $NaNO_2$ 溶液加水稀释到 100 倍，pH 大于 9，说明亚硝酸跟发生了水解，说明 HNO_2 是弱电解质，故 C 不选；

D. 灯泡很暗只能说明导电微粒的浓度较低，与 HNO_2 是弱电解质无关，故 D 选。

故选 D。



7. 【答案】B

【详解】A. 氯气溶于水发生 $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + Cl^- + HClO$ ，饱和食盐水中氯离子浓度较大，抑制氯气的溶解，选项 A 正确；B. 纯碱溶液存在 $CO_3^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + 2OH^-$ ，水解为吸热反应，加热促进水解，碱性增强，选项 B 不正确；C. 氢氧化铁的溶解度比氢氧化镁的小，则向 $Mg(OH)_2$ 悬浊液中加入 $FeCl_3$ 溶液发生 $3Mg(OH)_2 + 2Fe^{3+} = 2Fe(OH)_3 + 3Mg^{2+}$ ，选项 C 正确；D. 四氯化钛水解，则用 $TiCl_4$ 制备 TiO_2 的离子反应为 $TiCl_4 + (x+2)H_2O(过量) = TiO_2 \cdot x H_2O \downarrow + 4HCl$ ，选项 D 正确。

答案选 B。

点睛：本题考查离子反应方程式的书写，涉及化学平衡、水解平衡、沉淀转化等离子反应，综合性较大，氯气与水的反应为可逆反应；碳酸根离子水解分步进行，以第一步为主；氢氧化铁的溶解度比氢氧化镁的小，沉淀转化为可逆反应；四氯化钛水解生成沉淀和 HCl。

8. 【答案】B

【分析】物质的量浓度相同的溶液中，在不考虑水解等其他因素的情况下，A、B、C和D溶液中 $c(\text{NH}_4^+)$ 为1:1:2:1，据此分析解题。

【详解】 NH_4Cl 中 NH_4^+ 的水解不受影响； $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 中存在 CH_3COO^- ，促进 NH_4^+ 的水解，导致 NH_4^+ 的水解程度增大， $c(\text{NH}_4^+)$ 较小； $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中虽然 NH_4^+ 的水解不受影响，但是由于 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中 $c(\text{NH}_4^+)$ 是其他选项的两倍，所以 $c(\text{NH}_4^+)$ 浓度大； NH_4HSO_4 中存在 H^+ ，将抑制 NH_4^+ 的水解，使得 NH_4^+ 的水解程度减小， $c(\text{NH}_4^+)$ 较大；综上所述， $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 中 $c(\text{NH}_4^+)$ 最小；

故答案选B。

9. 【答案】A

【详解】A. 大量饮水，会使平衡向逆反应方向移动，尿酸钠浓度减小，从而降低痛风病发作的可能性，故A错误；

B. 尿酸转化为尿酸钠的反应为放热反应，秋冬季节时，温度降低，平衡向正反应方向移动，尿酸钠浓度增大可能会导致病情加重，所以寒冷季节更易诱发关节疼痛，故B正确；

C. 饮食中摄入过多食盐，会使钠离子浓度增大，平衡向正反应方向移动，尿酸钠浓度增大可能会导致病情加重，故C正确；

D. 患痛风病的人吃能代谢产生更多尿酸的食物，会使尿酸浓度增大，平衡向正反应方向移动，尿酸钠浓度增大可能会导致病情加重，所以患痛风病的人应少吃能代谢产生更多尿酸的食物，故D正确；

故选A。

10. 【答案】D

【详解】A、温度越高反应速率就越快，到达平衡的时间就越短，由图像可看出曲线b首先到达平衡，所以曲线b表示的是 20°C 时的Y-t曲线，A错误；

B、当反应进行到20min时，从图像中可以看出b曲线对应的转化分数高于a曲线对应的转化分数，这说明b曲线在 20°C 时对应的反应速率快，所以 $v(0^\circ\text{C})/v(20^\circ\text{C}) < 1$ ，B错误；

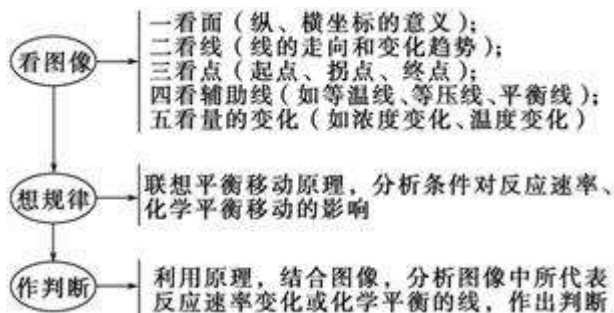
C、根据图像温度越高 CH_3COCH_3 转化的越少，说明升高温度平衡向逆反应方向进行，即正反应是放热反应，C错误；

D、根据图像可以看出当反应进行到66min时a、b曲线对应的转化分数均相同，都是0.113，这说明此时生成的 $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COH}(\text{CH}_3)_2$ 一样多，所以从 $Y=0$ 到 $Y=0.113$ ， $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COH}(\text{CH}_3)_2$ 的 $\Delta n(0^\circ\text{C})/\Delta n(20^\circ\text{C})=1$ ，D正确；

答案选D。

【点睛】做题时注意观察曲线的变化趋势，以及温度对化学反应速率的影响，本题的关键是根据图像正确判断反应是吸热还是放热。平衡图像题的一般解题流程为：





11. 【答案】B

【详解】A、混合溶液中，浓度均为 0.1mol/L NaOH 和 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 为弱电解质，故 $c(\text{Na}^+) > c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})$ ，A 错误；

B、加入 10mL 盐酸时， $c(\text{Cl}^-) = c(\text{Na}^+)$ ，又根据电荷守恒得到： $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$ ，所以 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，B 正确；

C、根据电荷守恒得到： $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$ ， $\text{pH} = 7$ 时，即 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，所以 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-)$ ， $c(\text{Cl}^-) > c(\text{Na}^+)$ ，C 错误；

D、加入 20mL 盐酸时， $c(\text{Cl}^-) = 2c(\text{Na}^+)$ ，由于 NH_4^+ 的水解， $c(\text{NH}_4^+) < c(\text{Na}^+)$ ，所以 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+) + c(\text{Na}^+)$ ，D 错误；

此题选 B。

12. 【答案】C

【详解】A. 常温下 $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}^+)} = 1 \times 10^{12}$ 的溶液中 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ，呈碱性， NH_4^+ 、 Fe^{2+} 都与 OH^- 反

应，不能大量共存，故 A 不符合题意；

B. NO_3^- 在 H^+ 的溶液中具有强氧化性，能够氧化 Fe^{2+} 、 SO_3^{2-} ，不能大量共存，故 B 不符合题意；

C. 常温下由水电离产生的 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-1} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的溶液中呈酸性或碱性， NO_3^- 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 H^+ 之间不反应，在酸性溶液中能大量共存，故 C 符合题意；

D. 常温下 $\frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-10} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的溶液呈酸性， H^+ 、 HCO_3^- 之间反应生成二氧化碳气体和水，不能大量

共存，故 D 不符合题意；

故答案选 C。

13. 【答案】D

【分析】甲烷碱性燃料电池中，甲烷发生失电子的氧化反应，即通入甲烷的 A 电极为负极、通入空气的 B 电极为正极，负极上甲烷失电子生成碳酸根离子，电极反应式为 $\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- - 8\text{e}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ ，正极上 O_2 得电子发生还原反应，电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ ，溶液中的阳离子移向正极 B，阴离子移向负极 A，据此分析解答。

【详解】A. 燃料电池中，燃料发生氧化反应，即通入甲烷的 a 电极为负极，故 A 错误；

B. 甲烷碱性燃料电池中，a 电极为负极、b 为正极， K^+ 从 a 极经溶液流向 b 极，故 B 错误；

C. b 电极为正极, 电极反应式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$, b 极附近碱性增强、pH 增大, 故 C 错误;

D. a 电极为负极, 负极反应式为 $CH_4 + 10OH^- - 8e^- = CO_3^{2-} + 7H_2O$, 故 D 正确;

故答案选 D。

【点睛】本题考查燃料原电池工作原理, 为高频考点, 明确各个电极上发生的反应是解题关键, 注意结合电解质的酸碱性书写电极反应式。

14. 【答案】D

【分析】 $n(HCl) = n(CH_3COOH) = 2\text{mol/L} \times 0.002\text{L} = 0.004\text{mol}$, $n(Mg) = \frac{0.05}{24} \approx 0.0021$, Mg 和酸以 1: 2 反

应, 所以 Mg 过量,

A. 开始一段时间内 $c(H^+)$: 盐酸 > 醋酸, 则开始一段时间内生成气体体积: 盐酸 > 醋酸, 密闭容器中气体物质的量越大, 气体压强越大;

B. 氢离子浓度越大, 反应速率越快;

C. 反应中消耗 H^+ 而促进醋酸电离, 两种溶液最终生成氢气的量与 $n(\text{酸})$ 成正比;

D. $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 溶液完全中和上述两种酸溶液, 消耗 $V(\text{NaOH})$ 与 $n(\text{酸})$ 成正比;

据此分析解题。

【详解】A. 开始一段时间内 $c(H^+)$: 盐酸 > 醋酸, 则开始一段时间内生成气体体积: 盐酸 > 醋酸, 则曲线 ② 代表的是盐酸与镁条反应时容器内压强随时间的变化曲线, 故 A 正确;

B. 开始一段时间内 $c(H^+)$: 盐酸 > 醋酸, 则反应开始时, 盐酸与 Mg 反应的更快, 故 B 正确;

C. 反应中消耗 H^+ 而促进醋酸电离, 则反应中醋酸的电离被促进, 两种溶液最终生成氢气的量与 $n(\text{酸})$ 成正比, 两种酸的物质的量相等, 所以两种溶液最终产生的氢气总量基本相等, 故 C 正确;

D. 根据以上分析知, 两种酸的物质的量相等, $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 溶液完全中和上述两种酸溶液, 消耗 $V(\text{NaOH})$ 与 $n(\text{酸})$ 成正比, 所以两种酸消耗 $V(\text{NaOH})$ 相等, 故 D 错误;

故答案选 D。

【点睛】本题考查化学反应速率影响因素及图象分析判断, 侧重考查分析判断及知识综合应用能力, 明确化学反应速率影响原理是解本题关键, 注意要先进行过量计算。

15. 【答案】C

【详解】A. 由反应 a: $4HCl(g) + O_2(g) = 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$ $\Delta H = -115.6\text{kJ/mol}$, 该反应为放热反应, 即反应物的总能量高于生成物的总能量, 故 A 不选;

B. 由 $4HCl(g) + O_2(g) = 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$ 可知, 反应 a 中涉及极性键、非极性键的断裂和生成, 故 B 不选;

C. 根据盖斯定律可知, $4HCl(g) + O_2(g) = 2Cl_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H_3 = -203.6\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故选 C;

D. 设 H-O 的键能为 E_1 , H-Cl 的键能为 E_2 , 由题意有

$$\Delta H = \sum E_{\text{断}} - \sum E_{\text{成}} = (498 + 4E_2)\text{kJ/mol} - (2 \times 243 + 4E_1)\text{kJ/mol} = -115.6\text{kJ/mol}, \text{ 则}$$

$$E_1 - E_2 = 31.9\text{kJ/mol}, \text{ 故 D 不选。}$$

答案选 C。



16. 【答案】B

【分析】据定义计算反应速率，并利用不同物质表示的反应速率之间的关系进行换算；据可逆反应进行过程中正逆反应速率的变化，比较有关速率的大小；利用 Q_c 与 K 的关系判断是否化学平衡状态；用平衡移动原理判断平衡移动方向。

【详解】A 项：0~10min, $n(\text{CH}_3\text{OH})$ 增加 0.75mol, $v(\text{CH}_3\text{OH})=0.75\text{mol}/(1\text{L}\times 10\text{min})=0.075\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 则 $v(\text{H}_2)=0.075\text{mol}/(1\text{L}\times 10\text{min})\times 3=0.225\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, A 项错误；

B 项：据图中数据，点 b 所在状态有 0.25mol CO_2 、1.0mol H_2 、0.75mol CH_3OH 、0.75mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，将它们的浓度代入 Q_c 表达式，得 $Q_c=2.25=K$ ，为化学平衡状态，B 项正确；

C 项：从起始到平衡过程中， CH_3OH 的生成速率（正反应速率）逐渐减小，即正反应速率点 a 高于点 b，C 项错误；

D 项：欲使平衡状态时 $\frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}_2)}$ 增大，即使平衡右移。因 $\Delta H < 0$ ，可保持其他条件不变降低温度，D 项错误。

本题选 B。



【点睛】图中 b 点之后的曲线未画出，不能由图象臆断反应到达化学平衡。此时必须应用 Q_c 与 K 的关系判断是否为化学平衡。

17. 【答案】B

【详解】根据电离平衡常数得到酸性为： $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{S} > \text{HClO} > \text{HS}^-$ ，根据越弱越水解得到离子的水解能力为： $\text{CH}_3\text{COO}^- < \text{HS}^- > \text{ClO}^- > \text{S}^{2-}$ ，所以同物质的量浓度的 Na_2S 、 NaClO 、 CH_3COONa 溶液，pH 最大的是 Na_2S 溶液，选项 A 错误。酸性为： $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{S} > \text{HClO} > \text{HS}^-$ ，所以同物质的量浓度的 H_2S 、 HClO 、 CH_3COOH 溶液，酸性最强的是 CH_3COOH ，选项 B 正确。阴离子结合氢离子的能力越强，实际就表示其水解能力越强（阴离子水解都是结合水电离的氢离子），根据上面的判断，水解能力最强的是 S^{2-} ，所以选项 C 错误。根据强酸制弱酸的原则，因为 $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{HS}^-$ ，所以 CH_3COOH 溶液与 Na_2S 溶液能反应生成 NaHS ，选项 D 错误。

18. 【答案】B

【详解】A. 点①溶液中溶质为等物质的量浓度的 HCN 、 NaCN ， HCN 电离导致溶液呈酸性、 CN^- 水解导致溶液呈碱性，等物质的量浓度的 NaCN 、 HCN 溶液呈碱性，说明 CN^- 的水解程度大于 HCN 的电离程度，故 A 正确；

B. 点①和点②所示溶液加入的 NaOH 体积相等，则这两点溶液中 $c(\text{Na}^+)$ 相等，点①溶液呈碱性，则 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ，根据电荷守恒得 $c(\text{CN}^-) < c(\text{Na}^+)$ ，点②溶液呈酸性， $c(\text{OH}^-) < c(\text{H}^+)$ ，根据电荷守恒得 $c(\text{Na}^+) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ ，则 $c(\text{CN}^-) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ ，故 B 错误；

C. 点③溶液呈中性，则 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，根据电荷守恒得 $c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ ，水电离程度较小，所以存在 $c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，故 C 正确；

D. 点④溶液中溶质为醋酸钠，溶液的 $\text{pH} > 7$ ，溶液呈碱性，则 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ，根据电荷守恒得 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ ，水电离程度较小，所以存在 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ，

故 D 正确;

故答案选 B。

19. 【答案】D

【详解】A. 向沸水中滴加 FeCl_3 饱和溶液能得到氢氧化铁胶体, 故 A 错误;

B. 氯化铝能水解, 将 AlCl_3 溶液直接蒸干, 得到氢氧化铝, 故 B 错误;

C. 向饱和食盐水中滴加浓盐酸, 氯离子浓度增大, 会有氯化钠晶体析出, 故 C 错误;

D. 盐碱地(含较多 NaCl 、 Na_2CO_3)施加适量石膏, 生成碳酸钙沉淀, 碳酸根离子浓度降低,

$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ 平衡逆向移动, 土壤的碱性降低, 故 D 正确;

选 D。

20. 【答案】C

【分析】废铝渣(含金属铝、锂盐等)加入浓硫酸, 在 280°C 发生反应, 经过滤后得到的滤渣中含有不与浓硫酸反应的沉淀, 滤液中含有硫酸铝、硫酸锂, 硫酸铝、硫酸锂与饱和碳酸钠反应后得到氢氧化铝沉淀和硫酸钠溶液, 碳酸锂沉淀与氢氧化钙溶液反应生成氢氧化锂和碳酸钙, 将氢氧化锂溶液通入二氧化碳得到碳酸锂固体, 由此分析。

【详解】A. ①表示废铝渣(含金属铝、锂盐等)加入浓硫酸, 在 280°C 发生氧化还原反应, 浓硫酸作氧化剂, 化合价降低, 得到的还原产物有 SO_2 生成, 故 A 不符合题意;

B. 滤液中含有硫酸铝、硫酸锂, 硫酸铝和碳酸钠发生双水解反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀和 CO_2 , 离子方程式为: $2\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow$, 故 B 不符合题意;

C. 由③可知, 碳酸锂沉淀与氢氧化钙溶液反应生成氢氧化锂和碳酸钙, 发生了沉淀的转化, 既有溶解度小的沉淀转化为溶解度更小的沉淀, 溶解度: $\text{Li}_2\text{CO}_3 > \text{CaCO}_3$, 故 C 符合题意;

D. ④表示氢氧化锂和二氧化碳反应生成碳酸锂, 不宜通入过多 CO_2 , 否则会生成碳酸氢锂, 造成 Li_2CO_3 产率降低, 故 D 不符合题意;

答案选 C。

21. 【答案】C

【分析】含 $0.1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}$ 和 $0.1 \text{ mol CH}_3\text{COONa}$ 的溶液中, 如果加入少量的强酸或强碱, 反应后不会改变溶液的大致组成, pH 变化不大; 如果加入较多的强酸或强碱, 则会改变溶液的组成和性质。

【详解】A、1 L 含 $0.1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}$ 和 $0.1 \text{ mol CH}_3\text{COONa}$ 的溶液 a 中, CH_3COONa 电离出 CH_3COO^- , 对 CH_3COOH 的电离有抑制作用, 因此溶液 a 中 CH_3COOH 的电离程度小于 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ CH}_3\text{COOH}$ 溶液中 CH_3COOH 的电离程度, 故 A 正确;

B、向溶液 a 中通入 0.01 mol HCl 时, CH_3COO^- 结合 H^+ 生成 CH_3COOH , 反应后溶液组成为 $0.11 \text{ mol CH}_3\text{COOH}$ 和 $0.09 \text{ mol CH}_3\text{COONa}$, 溶液组成没有大的变化, pH 变化不大, 故 B 正确;

C、向溶液 a 中加入 0.1 mol NaOH 固体, $0.1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}$ 完全反应, 得到 CH_3COONa 溶液, 显碱性, pH 变化大, 故 C 错误;

D、含 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 与 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NH}_4\text{Cl}$ 的混合溶液, 加入少量强酸或强碱, 溶液组成不会明显改变, 故也可叫缓冲溶液, 故 D 正确。



答案选 C。

22. 【答案】C

【分析】液体锌电池放电时 Zn 作负极，发生氧化反应，失电子生成 $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ，负极电极反应式为 $\text{Zn}+4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ， MnO_2 所在电极作正极，发生还原反应生成 Mn^{2+} ，正极反应式为 $\text{MnO}_2+4\text{H}^++2\text{e}^- = \text{Mn}^{2+}+2\text{H}_2\text{O}$ ，放电时，阳离子由负极移向正极、阴离子由正极移向负极；充电时，原电池正负极分别与外加电源正负极相接，作电解池的阳极、阴极，阴阳极电极反应式与负极、正极反应式正好相反，据此分析解答。

【详解】A. 原电池负极反应为 $\text{Zn}+4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ，充电时，原电池负极与外加电源负极相接，作电解池的阴极，阴极电极反应式与负极反应式正好相反，即 $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e}^- = \text{Zn}+4\text{OH}^-$ ，故 A 正确；

B. 液体锌电池中 MnO_2 所在电极作正极， MnO_2 发生还原反应生成 Mn^{2+} ，即电极反应式为 $\text{MnO}_2+4\text{H}^++2\text{e}^- = \text{Mn}^{2+}+2\text{H}_2\text{O}$ ，故 B 正确；

C. 原电池放电时，阳离子由负极移向正极，即 H^+ 由负极向正极迁移，故 C 错误；

D. 电解时阴极电极反应式为 $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e}^- = \text{Zn}+4\text{OH}^-$ ，由于 KOH 凝胶的特殊作用可使 KOH 再生，故 D 正确；

故选：C。

23. 【答案】C

【详解】①将锥形瓶用待测定的盐酸溶液进行洗涤，导致滴定时标准液用量增加，实验数据偏大，错误；

②锥形瓶注入酸液之前应该首先使用蒸馏水洗涤，然后使用酸式移液管，准确量取 20.00 mL 待测定的盐酸溶液，注入锥形瓶中，错误；

③盐酸和氢氧化钠反应生成氯化钠和水，碱性溶液能使酚酞试液变红色，向锥形瓶中加入几滴酚酞试液为指示剂，正确；

④碱式滴定管用蒸馏水洗涤后，再实验标准液洗涤，直接注入已知浓度的 NaOH 溶液导致标准液浓度偏低，用量增加，导致误差，错误；

⑤进行中和滴定时，一旦锥形瓶内溶液由无色变成粉红色，且半分钟内不变色，方即可停止滴定，错误；

⑥记录数据，进行必要的数据处理和得出结论，正确；

故选 C。

24. 【答案】A

【详解】A. 压缩体积，物质浓度变大，颜色变深；反应为气体分子数减小的反应，平衡正向移动，颜色变浅，故 A 错误；

B. 滴加更浓的 KSCN 溶液，增大反应物浓度， $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$ 平衡正向移动，溶液颜色加深，故 B 正确；

C. 溶液或熔融电解质导电的原因是存在自由移动的离子，温度升高，水的电离平衡正向移动，水的导电能力增强，故 C 正确；



D. CaCO_3 在水中存在 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$, 加入碳酸钙使得溶液中离子浓度变大, 电导率增大, 故 D 正确;

故选 A。

25. 【答案】C

【详解】A. 常温下 HA 的电离平衡常数 $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$, 当 $\text{pH}=9$ 时 $c(\text{A}^-) = c(\text{HA})$, 则 $K_a = c$

$(\text{H}^+) = 10^{-9}$, 故 A 正确;

B. 根据图知, $x=0$ 时, 溶液为 HA 溶液, 溶液中 HA 物质的量分数接近 1, 说明 HA 是弱酸, 所以 0.1mol/L 的 HA 中 $1 < \text{pH} < 7$, 故 B 正确;

C. 由 A 知 HA 的电离平衡常数 $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$, 则 A^- 的水解平衡常数 $K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5}$, $K_a <$

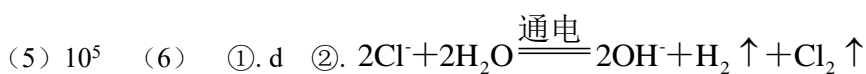
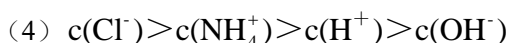
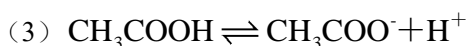
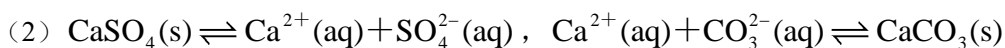
K_h , 说明其水解程度大于电离程度, 当 $x=5$ 时, 溶液中溶质为等物质的量浓度的 NaA 和 HA, A^- 的水解程度大于 HA 电离程度, 所以 $c(\text{A}^-) < c(\text{HA})$, 故 C 错误;

D. $x=10$ 时, $n(\text{HA}) = n(\text{NaOH})$, 所以二者恰好完全反应生成 NaA, 溶液中存在物料守恒, 由物料守恒、溶液中溶质浓度是最初浓度的一半得 $c(\text{A}^-) + c(\text{HA}) = c(\text{Na}^+) = 0.05\text{mol/L}$, 故 D 正确;

故答案选 C。

二、填空题(5 道小题, 共 50 分)

26. 【答案】(1) $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$, 若向此浊液中加入盐酸溶液, 由于氢离子结合氢氧根离子生成水, 降低氢氧根离子浓度, 使溶解平衡正向进行, 所以观察到的现象是白色固体逐渐溶解



【分析】(1) 水垢中的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 存在沉淀溶解平衡, $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$, 加入盐酸促进溶解正向进行;

(2) 碳酸钙难溶, 硫酸钙微溶, 因此水垢中含有的 CaSO_4 , 可先用 Na_2CO_3 溶液处理, 使之转化为疏松、易溶于酸的 CaCO_3 , 而后用酸去除;

(3) 醋酸部分电离出氢离子和醋酸根离子, 溶液显碱性;

(4) 氯化铵溶液中铵根水解, 溶液显酸性;

(5) 醋酸电离出氢离子抑制水的电离, 氯化铵溶液中铵根水解促进水的电离;

(6) 氯碱工业中阴极产生氢气和氢氧根离子, 即氢氧化钠在阴极产生, 则 NaOH 溶液从 d 口导出, 为防

止阳极产生的氯气和氢氧根离子反应，则阳离子交换膜的作用是阻止 OH^- 移向阳极，提高 NaOH 的产量和纯度；据此分析解题。

【小问 1 详解】

由于 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 浊液中存在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的溶解平衡，可表示为 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ ，若向此浊液中加入盐酸溶液，由于氢离子结合氢氧根离子生成水，降低氢氧根离子浓度，使溶解平衡正向进行，所以观察到的现象是白色固体逐渐溶解，故答案为 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ ，若向此浊液中加入盐酸溶液，由于氢离子结合氢氧根离子生成水，降低氢氧根离子浓度，使溶解平衡正向进行，所以观察到的现象是白色固体逐渐溶解。

【小问 2 详解】

碳酸钙难溶，硫酸钙微溶，因此水垢中含有的 CaSO_4 ，可先用 Na_2CO_3 溶液处理，使之转化为疏松、易溶于酸的 CaCO_3 ，而后用酸去除，有关反应的离子方程式为 $\text{CaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ，

$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s})$ ，故答案为 $\text{CaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ，

$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s})$ 。

【小问 3 详解】

0.1mol/L 醋酸溶液的 pH 等于 3，说明是弱电解质，则其电离方程式为 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ ，故答案为 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ 。

【小问 4 详解】

氯化铵溶液中铵根水解，溶液显酸性，则溶液（II）中各离子浓度由大到小的顺序是 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，故答案为： $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ 。

【小问 5 详解】

醋酸电离出氢离子抑制水的电离，氯化铵溶液中铵根水解促进水的电离，则溶液（I）和（II）中由水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 之比是 $\frac{10^{-11}}{10^{-6}} = \frac{1}{10^5}$ ，故答案为 10^5 。

【小问 6 详解】

氯碱工业中阴极产生氢气和氢氧根离子，即氢氧化钠在阴极产生，则 NaOH 溶液从 d 口导出；为防止阳极产生的氯气和氢氧根离子反应，则阳离子交换膜的作用是阻止 OH^- 移向阳极，提高 NaOH 的产量和纯度；

电解饱和氯化钠溶液的离子方程式为： $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$ ，故答案为 d；



27. 【答案】（1）容量瓶

（2）用盐酸标准溶液润洗酸式滴定管

（3） $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{HCO}_3^-$



(4) 黄 (5) 78.8

(6) ac

【小问 1 详解】

步骤 I 是准确配制 100mL 一定物质的量浓度溶液，所需的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和 100mL 容量瓶，故答案为容量瓶。

【小问 2 详解】

滴定管先水洗再润洗，酸式滴定管用蒸馏水洗净后、装入标准溶液前，应进行的操作是用盐酸标准溶液润洗酸式滴定管；故答案为用盐酸标准溶液润洗酸式滴定管。

【小问 3 详解】

第一终点溶质为 NaCl 和 NaHCO₃，则滴定至第一终点的过程中，盐酸与氢氧化钠、碳酸钠依次发生反应，反应离子方程式是： $H^+ + OH^- = H_2O$ 、 $H^+ + CO_3^{2-} = HCO_3^-$ 。

【小问 4 详解】

根据甲基橙的变色范围，滴定至第二终点的现象是溶液由黄色变为橙色，故答案为黄。

【小问 5 详解】

根据表格数据，碳酸氢钠生成二氧化碳消耗盐酸的体积为 23.70mL-21.70mL=2mL，氢氧化钠消耗盐酸的体积是：21.70mL-(23.70mL-21.70mL)=19.70mL，所以氢氧化钠的物质的量是 0.1mol/L×0.0197 L=0.00197mol，氢氧化钠的质量是 0.00197 mol×40g/mol=0.0788g，样品中 NaOH 的质量分数

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{0.0788\text{g}}{0.5\text{g} \times \frac{20}{100}} \times 100\% = 78.8\% ; \text{故答案为 } 78.8.$$

【小问 6 详解】

- a. 达到第一终点前，锥形瓶中有气泡产生，达到第一终点消耗的盐酸多，测得的 NaOH 质量分数偏高，故 a 正确；
- b. 记录酸式滴定管读数 V₁ 时，俯视标准液液面，达到第一终点时记录的 V₁ 偏小，测得的 NaOH 质量分数偏低，故 b 错误；
- c. 第一终点后继续滴定时，锥形瓶中有少许液体溅出，第二次滴定消耗的盐酸少，测得的 NaOH 质量分数偏高，故 c 正确；

故答案选 ac。

28. 【答案】(1) 25% (2) $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H = -91.0 \text{ kJ/mol}$;

(3) ①. < ②. ab

(4) 温度低于 265°C 时，反应没有达到平衡，相同时间，温度高反应速率快，故二甲醚的选择性增加

【小问 1 详解】

| | | | | |
|---|------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|
| | $2\text{CO}(\text{g})$ | $+4\text{H}_2(\text{g})$ | $\rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ | $\Delta H = -206.0 \text{ kJ/mol}$ |
| 初 | 2 | 4 | | |
| 反 | 0.5 | 1 | | 51.5 |
| 平 | 1.5 | 3 | | |



$$\text{CO 的转化率} = \frac{0.5\text{mol}}{2\text{mol}} \times 100\% = 25\%;$$

【小问 2 详解】

① $2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 根据盖斯定律, $(\text{①}-\text{ii}) \div 2$ 可得 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$, 则 $\Delta H = \frac{-206.0\text{kJ/mol} + 24.0\text{kJ/mol}}{2} = -91\text{kJ/mol}$;



【小问 3 详解】

① $Q_c = \frac{c(\text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{CH}_3\text{OCH}_3)}{c^2(\text{CH}_3\text{OH})} = \frac{0.4 \times 0.4}{0.02 \times 0.02} = 400 > 360 = K$, 即反应逆向进行, 故正反应速率小于逆

反应速率;

② a. 相同时间内消耗 CH_3OH 的物质的量与消耗 CH_3OCH_3 的物质的量之比为 2:1, 即甲醇的正逆反应速率相等, 可作为达到平衡标志;

b. 混合体系内各组分浓度保持不变, 即达到平衡, 可作为达到平衡标志;

c. 该反应前后气体体积不变, 所以恒容密闭容器内的压强恒不变, 故压强不变不能作为平衡标志; 综上所述 ab;

【小问 4 详解】

温度低于 265°C 时, 反应没有达到平衡, 相同时间, 温度高反应速率快, 故二甲醚的选择性增加。

29. 【答案】(1) ①. 粉碎、升温 ②. $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$

(2) ①. $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ②. $\text{pH}=4$ 时, 此时 $c(\text{OH}^-) = 10^{-10}\text{mol/L}$, 则 $Q[\text{Cu}(\text{OH})_2] = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 1.41 \times (10^{-10})^2 = 1.41 \times 10^{-20} < 2.2 \times 10^{-20} = K_{\text{sp}}[(\text{OH})_2]$, 所以说明 Cu^{2+} 尚未开始沉淀

(3) ①. 铜片 ②. 替换为 Na_2SO_4 后, 阴极区发生反应 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$, 阴极区 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, OH^- 也可以通过阴离子交换膜运动到阳极区, 导致 CuSO_4 溶液 pH 升高

【分析】用 FeCl_3 溶液浸泡印刷电路板后的废液, 印刷电路的废腐蚀液含有大量 CuCl_2 、 FeCl_2 和 FeCl_3 , 含有 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 离子, 溶液中加入还原剂铁屑, 还原剂还原铁离子为亚铁离子, 还原铜离子为单质铜, 过滤得粗铜, 加入氧化剂氧气高温煅烧生成氧化铜, 加入稀硫酸反应生成硫酸铜溶液, 据此分析解题。

【小问 1 详解】

①常用加快化学反应速率的措施有粉碎, 加热, 溶解时搅拌等, 根据流程图, 加快化学反应速率的措施有: 粉碎、升温, 故答案为粉碎、升温;

②加入还原剂铁屑, 还原剂还原铁离子为亚铁离子, 还原铜离子为单质铜, 所以印刷电路板废液中发生的离子反应有 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$, 故答案为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ 。

【小问 2 详解】

①加入 H_2O_2 溶液将亚铁离子氧化为铁离子, 离子反应有 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 故答案为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$;

② CuSO_4 饱和溶液中 Cu^{2+} 的物质的量浓度为 $1.41\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH}=4$ 时, 此时 $c(\text{OH}^-) = 10^{-10}\text{mol/L}$, 则 $Q[\text{Cu}(\text{OH})_2] = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 1.41 \times (10^{-10})^2 = 1.41 \times 10^{-20} < 2.2 \times 10^{-20} = K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$, 所以说明 Cu^{2+} 尚未

开始沉淀，故答案为 pH=4 时，此时 $c(\text{OH}^-) = 10^{-10} \text{mol/L}$ ，则 $Q[\text{Cu}(\text{OH})_2] = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 1.41 \times (10^{-10})^2 = 1.41 \times 10^{-20} < 2.2 \times 10^{-20} = K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ ，所以说明 Cu^{2+} 尚未开始沉淀。

【小问 3 详解】

①由图可知硫酸根离子移向于 a 极一端，则 a 为阳极，失电子一极，电解的方法制 CuSO_4 ，说明铜失电子得铜离子，则 a 端相连的电极材料是铜片；故答案为铜片；

②替换为 Na_2SO_4 后，阴极区发生反应 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$ ，阴极区 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ， OH^- 也可以通过阴离子交换膜运动到阳极区，导致 CuSO_4 溶液 pH 升高；故答案为：替换为 Na_2SO_4 后，阴极区发生反应 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$ ，阴极区 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ， OH^- 也可以通过阴离子交换膜运动到阳极区，导致 CuSO_4 溶液 pH 升高。

30. **【答案】** (1) 反应速率开始慢，之后先变快后变慢

(2) 不是 (3) 探究 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 NO_2 、 NO 能否加快铜和硝酸反应的速率

(4) ①. NO_2 ②. NO_2^-

(5) 在试 A、B 中均加入相同的铜片和等体积 5.6mol/L 硝酸，向 B 中加入 NaNO_2 固体，产生气泡的速率 B 比 A 快

【分析】 由题意可知，该实验的实验目的是探究影响铜与浓硝酸反应速率的因素，通过实验得到影响反应速率快慢的因素是反应生成亚硝酸根离子。

【小问 1 详解】

由表格中的实验现象可知，铜与 5.6mol/L 硝酸反应的速率随时间的变化情况为反应速率反应速率开始慢，之后先变快后变慢，故答案为：反应速率开始慢，之后先变快后变慢；

【小问 2 详解】

由图可知，25—30min 时，反应温度不变，由表格中的实验现象可知，铜与 5.6mol/L 硝酸反应的速率快，说明温度升高不是反应速率加快的主要原因，故答案为：是；

【小问 3 详解】

由题意可知，实验 II 的目的是探究硝酸铜、二氧化氮、一氧化氮对铜与 5.6mol/L 硝酸反应的速率的影响，故答案为：探究 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 NO_2 、 NO 能否加快铜和硝酸反应的速率；

【小问 4 详解】

由验证 II、III 可知，铜与 5.6mol/L 硝酸反应生成二氧化氮，由图可知，二氧化氮与铜反应生成铜离子和亚硝酸根离子，则①为二氧化氮、②为亚硝酸根离子，故答案为： NO_2 ； NO_2^- ；

【小问 5 详解】

若(4)中猜想正确，向铜与 5.6mol/L 硝酸反应的试管中加入亚硝酸钠，反应速率应会加快，则补充的实验为在试 A、B 中均加入相同的铜片和等体积 5.6mol/L 硝酸，向 B 中加入亚硝酸钠固体，产生气泡的速率 B 比 A 快，故答案为：在试 A、B 中均加入相同的铜片和等体积 5.6mol/L 硝酸，向 B 中加入 NaNO_2 固体，产生气泡的速率 B 比 A 快。

