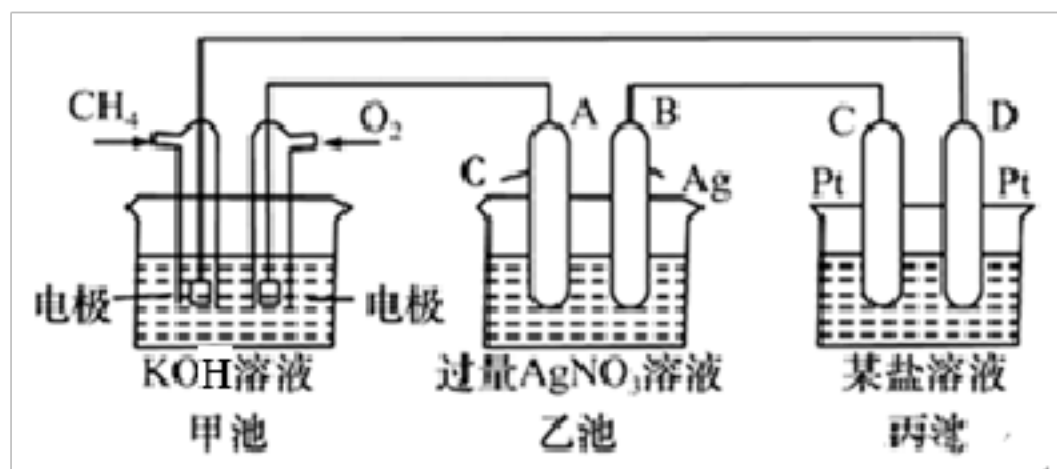


一、解答题

1. (I)根据下列电化学装置，回答下列问题：

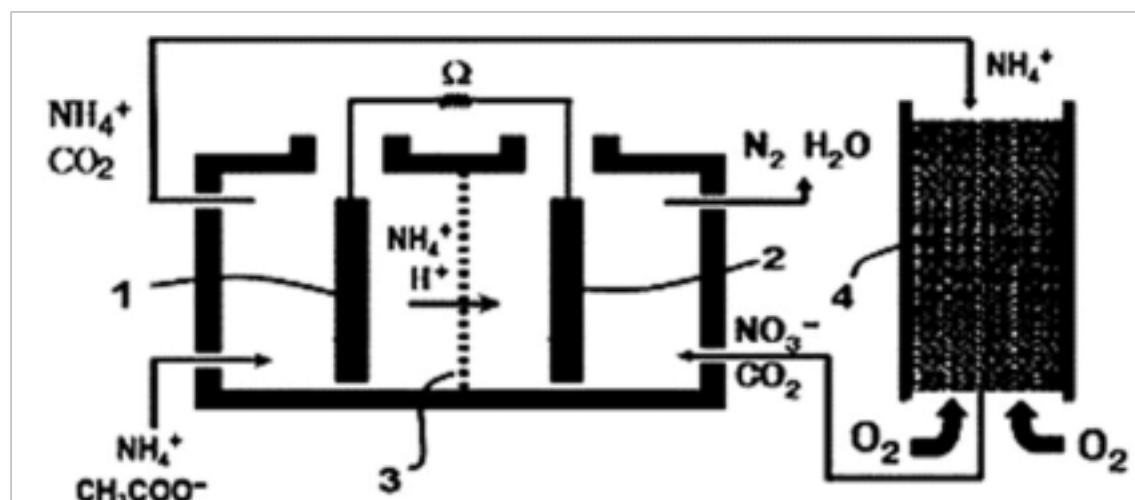


(1)通入  $\text{CH}_4$  电极名称\_\_\_\_\_，电极反应式为\_\_\_\_\_。乙池中 B 电极增重 2.16g 甲池中理论上消耗  $\text{CH}_4$  \_\_\_\_\_ mL (标准状况下)。

(2)若丙池中是足量的  $\text{NaCl}$  溶液，反应的离子方程式是\_\_\_\_\_。D 电极产物是\_\_\_\_\_，(填化学式)

(3)若丙池中是一定量的  $\text{CuSO}_4$  溶液 2L，工作一段时间后，再加入 9.8g  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  即可恢复原浓度，则原溶液物质的量浓度为\_\_\_\_\_ mol/L，消耗  $\text{H}_2\text{O}$  的质量为\_\_\_\_\_g (溶液体积不变)。

(II)微生物燃料电池是废水处理中实现碳氮联合转化为  $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2$ ，如图所示，1、2 为厌氧微生物电极，3 为阳离子交换膜，4 为好氧微生物反应器。请回答：



(1)电极 1 名称\_\_\_\_\_极，电极 2 发生的反应方程式为\_\_\_\_\_。

(2)在好氧微生物反应器中发生的反应方程式\_\_\_\_\_。

(3)若反应消耗  $\text{O}_2$  标准状况下 4.48L，理论上生成  $\text{N}_2$  物质的量为\_\_\_\_\_ mol

答案：负  $\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- - 8\text{e}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$  56  $\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^- + \text{Cl}_2 \uparrow$   $\text{H}_2$ 、

$\text{NaOH}$  0.05 3.6 负  $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

$\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$  0.036

解析：(I)由装置图可知，甲池为甲烷燃料电池，属于原电池，通入甲烷的电极为负极，甲烷失电子和氢氧根离子反应生成碳酸根离子和水，电极反应为： $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ ，通入氧气的电极为正极，电极反应为： $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ ；乙、丙均为电

解池，乙池中 A 与电源正极相连，则 A 为阳极，电极反应为： $2\text{H}_2\text{O}-4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，B 为阴极，电极反应为： $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$ ，丙池中 D 与电源负极相连，D 为阴极，C 为阳极；  
 (II) 图示分析可知：酸性介质中，微生物燃料电池中氢离子移向 2 极，说明 2 原电池的正极，1 原电池的负极， $\text{NO}_3^-$  离子在正极得到电子生成氮气、发生还原反应， $\text{CH}_3\text{COO}^-$  在原电池负极失电子、发生氧化反应生成二氧化碳气体， $\text{NH}_4^+$  在好氧微生物反应器中转化为  $\text{NO}_3^-$ ，据此分析解答。

**【详解】**

(I) (根据分析，通入  $\text{CH}_4$  电极名称为负极，电极反应式为  $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ ；乙池中 B 电极电极反应为： $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$ ，增重 2.16g，即 B 电极上增加的 Ag 的物质的量为  $\frac{2.16\text{g}}{108\text{g/mol}} = 0.02\text{mol}$ ，根据电极反应可知转移 0.02mol 电子，则甲池中理论上消耗  $n(\text{CH}_4) = \frac{0.02}{8}\text{mol}$ ，标况下的体积为  $\frac{0.02}{8}\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 0.056\text{L} = 56\text{mL}$ ；

(2) 若丙池中是足量的 NaCl 溶液，为电解氯化钠溶液生成氯气、氢气和氢氧化钠，反应的离子方程式是  $\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^- + \text{Cl}_2 \uparrow$ ；D 为阴极，电极反应为： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ，电极产物是  $\text{H}_2$ 、NaOH；

(3) 若丙池中是一定量的  $\text{CuSO}_4$  溶液 2L，阴极： $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{e}^- = 2\text{Cu}$  阳极： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，电池总反应为： $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Cu} \downarrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ，离开反应体系的相当于是 CuO，工作一段时间后，再加入 9.8g  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  即可恢复原浓度，加入的  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的物质的量为  $\frac{9.8\text{g}}{98\text{g/mol}} = 0.1\text{mol}$ ， $\text{Cu}(\text{OH})_2$  相当于  $\text{CuO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，说明原溶液中 0.1mol  $\text{CuSO}_4$  溶质电解完

后，生成的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液发生了电解，即有 0.1mol  $\text{H}_2\text{O}$  发生了电解，转移的电子总数为 0.2mol，当转移 0.2mol 电子时，根据  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$  得知铜离子的物质的量为 0.1mol，则原溶液  $\text{CuSO}_4$  物质的量浓度为  $\frac{0.1\text{mol}}{2\text{L}} = 0.05\text{mol/L}$ ，该电解过程中，铜离子全部电解时消耗

了 0.1mol  $\text{H}_2\text{O}$ ，生成的硫酸继续电解时又消耗 0.1mol  $\text{H}_2\text{O}$ ，共消耗 0.2mol  $\text{H}_2\text{O}$ ，则整个电解过程中消耗  $\text{H}_2\text{O}$  的质量为  $0.2\text{mol} \times 18\text{g/mol} = 3.6\text{g}$

(II) (根据分析，电极 1 名称为负极， $\text{NO}_3^-$  离子在正极得到电子生成氮气、发生还原反应，电极 2 发生的电极反应为  $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ；

(2) 在好氧微生物反应器中  $\text{NH}_4^+$  在好氧微生物反应器中转化为  $\text{NO}_3^-$ ，结合电子守恒、电荷守恒，发生的反应方程式  $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ ；

(3) 电极 1 发生的电极反应为： $\text{CH}_3\text{COO}^- - 8\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CO}_2 + 7\text{H}^+$ ，电极 2 发生的电极反应为  $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ，好氧微生物反应器中反应方程式  $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ ，则整个转化总反应为：

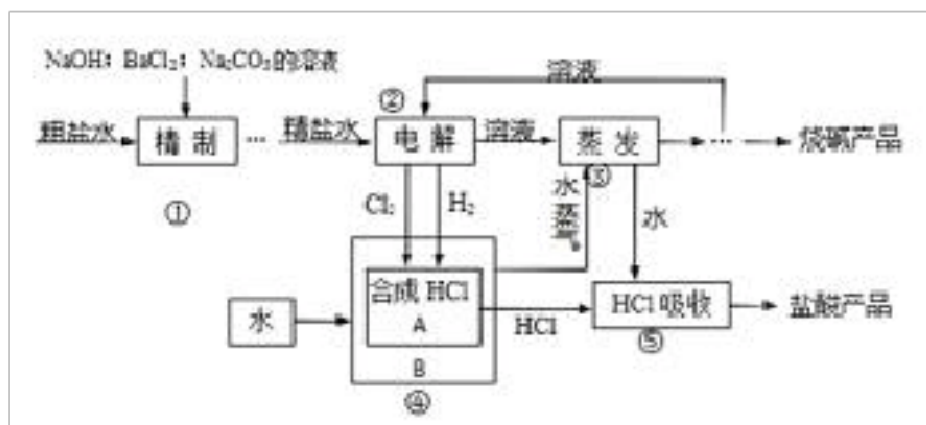
$4\text{CH}_3\text{COONH}_4 + 11\text{O}_2 = 8\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 \uparrow + 14\text{H}_2\text{O}$ ，若反应消耗  $\text{O}_2$  标准状况下 4.48L，即消耗

$$\frac{4.48\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.2\text{mol } \text{O}_2, \text{ 理论上生成 } \text{N}_2 \text{ 物质的量为 } \frac{2 \times 0.2}{11} \text{mol} \approx 0.036\text{mol}$$

**【点睛】**

本题的易错点为(I) (6)消耗水的质量计算, 解答时易忽略, 电解  $\text{CuSO}_4$  过程中, 电解产物  $\text{H}_2\text{SO}_4$  也发生了电解, 电解两种物质的溶液时都会电解水, 消耗水的总量为两步电解消耗水之和。

2. 氯碱厂以食盐等为原料, 生产烧碱、盐酸等化工产品。工艺流程可简单表示如图:



完成下列填空:

(1)粗盐水中含有  $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  等可溶性杂质,

①步骤必须先后加入稍过量的  $\text{NaOH}$ 、 $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液后过滤除杂, 三种试剂加入顺序的下列方案中错误的是\_\_\_\_\_。

A.  $\text{BaCl}_2 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$  .  $\text{NaOH} \rightarrow \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$

C.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{BaCl}_2$  .  $\text{BaCl}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaOH}$

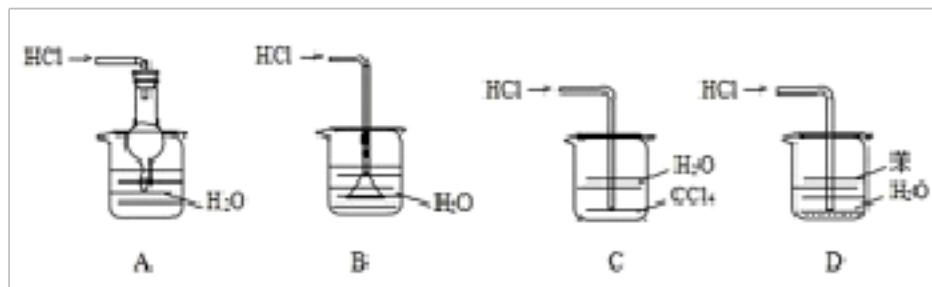
②试写出加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液时发生反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

③写出②步骤电解饱和食盐水反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。

(2)①步骤③之后获得干燥的烧碱产品的有关操作有\_\_\_\_\_。

②写出  $\text{HCl}$  的电离方程式: \_\_\_\_\_。

(3)①如果用下列装置在实验室进行⑤步骤的实验, 正确的是(选填编号)\_\_\_\_\_。



②若检验烧碱产品中是否含有少量  $\text{NaCl}$  杂质的实验方案是\_\_\_\_\_。

**答案:** C  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$ ,  $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{BaCO}_3 \downarrow$ ,  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$

降温结晶、过滤、干燥  $\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$  AC 取样溶于水, 加入足量稀硝酸后, 滴入适量硝酸银溶液, 有白色沉淀则证明含有杂质  $\text{NaCl}$ , 若无白色沉淀产生, 则无杂质  $\text{NaCl}$

**解析:** 含有  $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  等可溶性杂质的粗盐水加入氢氧化钠、氯化钡、碳酸钠, 除去镁离子、硫酸根离子、钙离子, 精制后得到的食盐水电解生成氢氧化钠、氢气和氯气, 氢氧化钠溶液经蒸发、除杂、结晶得到烧碱产品, 产生的氢气和氯气反应后加水制取盐酸。

**【详解】**

(1)①镁离子用 NaOH 除去，硫酸根离子用 BaCl<sub>2</sub> 除去，钙离子用 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 除去，特别注意加入 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 要放在加入 BaCl<sub>2</sub> 之后，这样 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 会除去钙离子和上一步反应后剩余的 BaCl<sub>2</sub>，然后进行过滤，最后加入盐酸除去剩余的氢氧根离子和碳酸根离子，所以正确的顺序为：A. BaCl<sub>2</sub>→NaOH→Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 或 B. NaOH→BaCl<sub>2</sub>→Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 或

D. BaCl<sub>2</sub>→Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>→NaOH，不合理的是 C. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>→NaOH→BaCl<sub>2</sub>，答案选 C。

②粗盐水除杂时要先加 BaCl<sub>2</sub> 除去硫酸根离子，再加 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>，加入 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 会除去钙离子和上一步反应后剩余的 BaCl<sub>2</sub>，发生反应的离子方程式 Ca<sup>2+</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>=CaCO<sub>3</sub>↓

Ba<sup>2+</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>=BaCO<sub>3</sub>↓，答案：Ca<sup>2+</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>=CaCO<sub>3</sub>↓ Ba<sup>2+</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>=BaCO<sub>3</sub>↓

③步骤②为电解饱和食盐水，惰性材料作电极，电解饱和食盐水生成氢氧化钠、氢气和氯气，反应的化学方程式为 2NaCl+2H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{\text{通电}}$  2NaOH+Cl<sub>2</sub>↑+H<sub>2</sub>↑，答案：

2NaCl+2H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{\text{通电}}$  2NaOH+Cl<sub>2</sub>↑+H<sub>2</sub>↑

(2)①电解饱和食盐水得到的氢氧化钠溶液先进行蒸发浓缩，然后经过降温结晶、过滤、干燥等一系列操作，最后得到干燥的烧碱产品，答案：降温结晶、过滤、干燥；

②HCl 属于强电解质，溶于水完全电离为氢离子和氯离子，电离方程式为 HCl=H<sup>+</sup>+Cl<sup>-</sup>，答案：HCl=H<sup>+</sup>+Cl<sup>-</sup>；

(3)①步骤⑤为用水吸收氯化氯气体，氯化氯气体极易溶于水，所以在吸收时要防倒吸

A. 该装置利用干燥管是典型防倒吸装置，A 正确；

B. 倒放的漏斗边缘应该与水面相切才能防倒吸，B 错误；

C. 因氯化氢不溶于四氯化碳，该装置可以防倒吸，C 正确；

D. 该装置中氯化氢气体直接通入水中，不能防倒吸，D 错误，答案选 AC；

②若检验烧碱产品中是否含有少量 NaCl 杂质，实际上就是检验氯离子的存在：取样溶于水，加入足量稀硝酸后，滴入适量硝酸银溶液，有白色沉淀则证明含有杂质 NaCl，若无白色沉淀产生，则无杂质 NaCl，答案：取样溶于水，加入足量稀硝酸后，滴入适量硝酸银溶液，有白色沉淀则证明含有杂质 NaCl，若无白色沉淀产生，则无杂质 NaCl。

3. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 是一种重要的化学品，其合成方法不断发展。

(1)早期制备方法：Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  $\xrightarrow[\text{I}]{\text{加热}}$  BaO  $\xrightarrow[\text{II}]{\text{O}_2}$  BaO<sub>2</sub>  $\xrightarrow[\text{III}]{\text{盐酸}}$   $\xrightarrow[\text{IV}]{\text{除杂}}$  滤液  $\xrightarrow[\text{V}]{\text{减压蒸馏}}$  H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

①I为分解反应，产物除 BaO、O<sub>2</sub>外，还有一种红棕色气体。该反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。

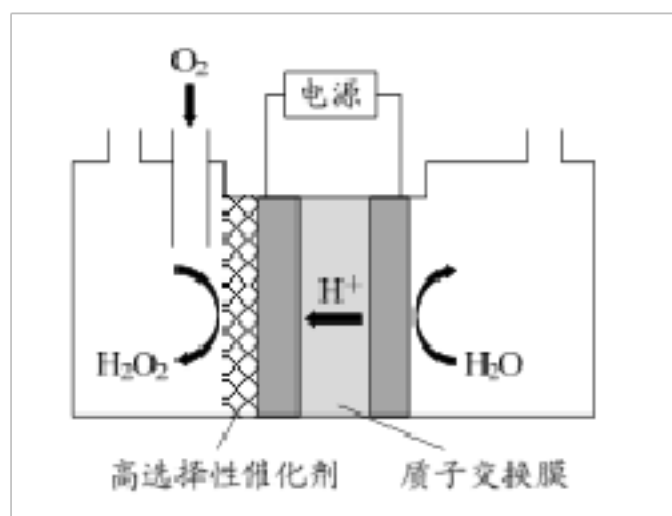
②II为可逆反应，促进该反应正向进行的措施是\_\_\_\_\_。

③II中生成 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。

④减压能够降低蒸馏温度，从 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的化学性质角度说明 V 中采用减压蒸馏的原因：\_\_\_\_\_。

(2)电化学制备方法：已知反应 2H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=2H<sub>2</sub>O+O<sub>2</sub> 能自发进行，反向不能自发进行，通过电解可以实现由 H<sub>2</sub>O 和 O<sub>2</sub> 为原料制备 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，如图为制备装置示意图。





①a 极的电极反应式是\_\_\_\_\_。

②下列说法正确的是\_\_\_\_\_。

A. 该装置可以实现电能转化为化学能

B. 电极 b 连接电源负极

C. 该方法相较于早期制备方法具有原料廉价，对环境友好等优点

**答案：**  $2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\text{加热}} 2\text{BaO} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{NO}_2 \uparrow$  增大压强或增大氧气的浓度或降低温度

$\text{BaO}_2 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$   $\text{H}_2\text{O}_2$  受热易分解  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$  AC

**解析：** (1)根据流程图示，硝酸钡受热分解，生成氧化钡、氧气和二氧化氮，氧化钡与氧气反应生成过氧化钡，过氧化钡与盐酸反应生成氯化钡和双氧水，向反应后的溶液中加入试剂除去钡离子，过滤后对滤液进行减压蒸馏，得到双氧水，据此分析解答；

(2)根据图示，左端电极上氧气转化为双氧水，氧元素的化合价由 0 价变为 -1 价，得电子发生还原反应，则 a 电极为阴极，电极反应为  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ ，b 电极为阳极，失电子发生氧化反应，电极反应为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，据此分析解答。

**【详解】**

(1)①I 为分解反应，产物除  $\text{BaO}$ 、 $\text{O}_2$  外，还有一种红棕色气体，该气体为  $\text{NO}_2$ 。根据氧化还原反应电子得失守恒配平该反应的化学方程式为： $2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\text{加热}} 2\text{BaO} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{NO}_2 \uparrow$ ；

②II 为  $\text{BaO}$  与氧气反应生成  $\text{BaO}_2$ ，是可逆反应，反应方程式为：

$2\text{BaO}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{BaO}_2(\text{s})$  正反应为气体体积减小的放热反应，促进该反应正向进行的措施是增大压强或增大氧气的浓度或降低温度；

③III 中过氧化钡与盐酸反应生成氯化钡和双氧水，反应的化学方程式是  $\text{BaO}_2 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ ；

④ $\text{H}_2\text{O}_2$  受热易分解，采用减压能够降低蒸馏温度，防止双氧水分解导致产率降低；

(2)①根据分析，a 极的电极反应式是  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ ；

②A.  $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  能自发进行，反向不能自发进行，根据图示，该装置有电源，属于电解池，电解池是将电能转化为化学能的装置，故 A 正确；

B. 根据分析，电极 b 为阳极，电解池阳极与电源正极连接，故 B 错误；

C. 根据分析，该装置的总反应为  $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2\text{O}_2$ ，根据反应可知，制取双氧水的原料为氧气和水，来源广泛，原料廉价，对环境友好等优点，故 C 正确；

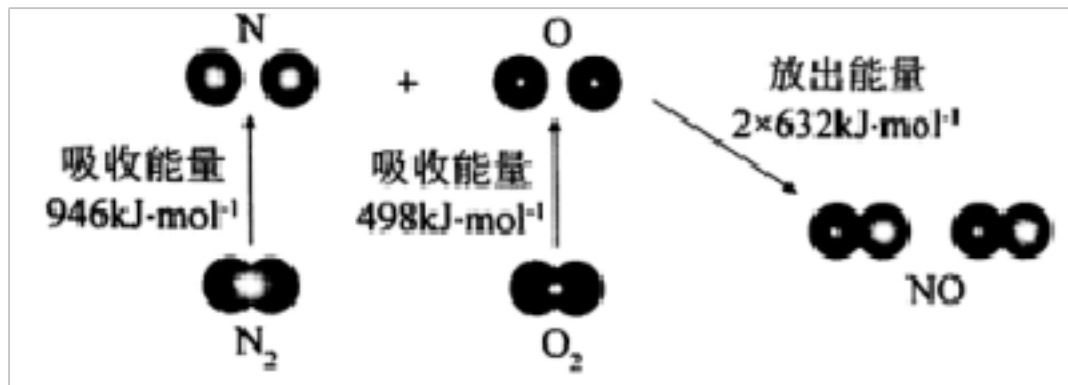
答案选 AC。

【点睛】

易错点为(1)中的④,  $\text{H}_2\text{O}_2$  受热易分解, 减压能够降低蒸馏温度, 减小双氧水的分解, 提高双氧水的产率。

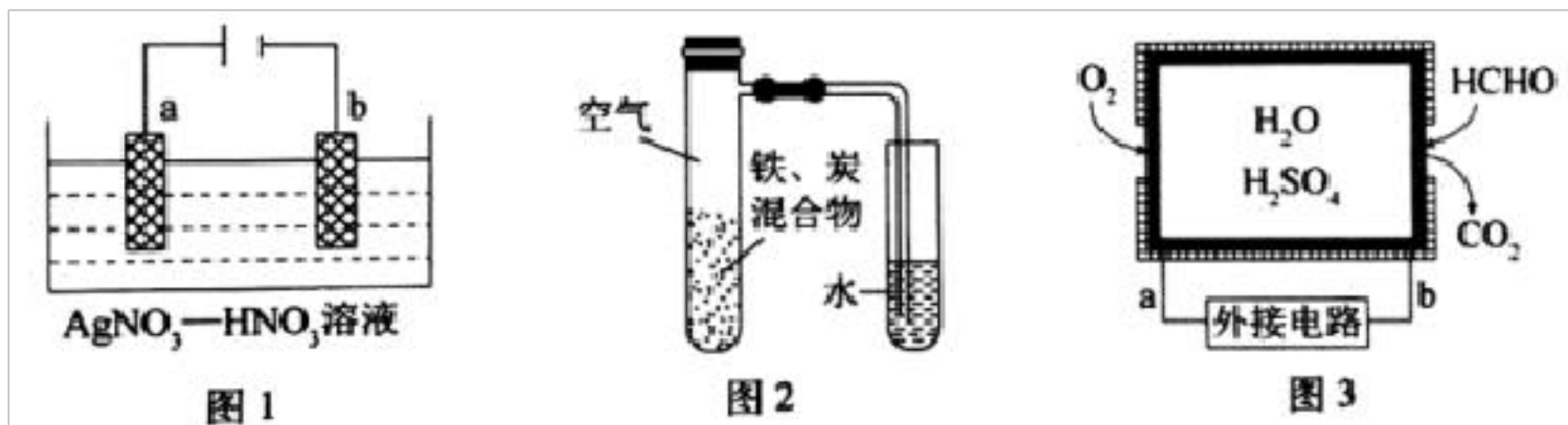
4. 按要求回答下列问题:

I. 已知:  $\text{N}_2(\text{g})$  和  $\text{O}_2(\text{g})$  反应生成  $\text{NO}(\text{g})$  过程中的能量变化情况如下



则气体  $\text{NO}$  分解为氮气和氧气的热化学方程式为 \_\_\_\_\_

II. 根据下图填空:



(1) 图 1 为含有少量  $\text{Zn}$  杂质的粗银电解精炼银的示意图, 则

- ① \_\_\_\_\_ (填 “a” 或 “b” 极为含有杂质的粗银。
- ② 电解一段时间后电解液中  $c(\text{Ag}^+)$  浓度 \_\_\_\_\_ (填 “偏大”、“偏小” 或 “不变”。
- ③ 若 b 极有少量红棕色气体生成, 则生成该气体的电极反应式为 \_\_\_\_\_。

(2) 将铁粉和活性炭的混合物用  $\text{NaCl}$  溶液湿润后, 置于如图 2 所示装置中, 进行铁的电化学腐蚀实验。下列有关该实验的说法正确的是 \_\_\_\_\_。

- A. 铁被氧化的电极反应式为  $\text{Fe}-2\text{e}=\text{Fe}^{2+}$
- B. 铁腐蚀过程中化学能全部转化为电能
- C. 活性炭的存在会加速铁的腐蚀
- D. 以水代替  $\text{NaCl}$  溶液, 铁不能发生吸氧腐蚀

(3) 甲醛超标会危害人体健康, 需对甲醛进行含量检测及污染处理。某甲醛气体传感器的工作原理如图 3 所示, 则 b 极是 \_\_\_\_\_ 极。当电路中转移  $4 \times 10^{-4} \text{ mol}$  电子时, 传感器内参加反应的甲醛 ( $\text{HCHO}$ ) 质量为 \_\_\_\_\_。

答案:  $2\text{NO}(\text{g})=\text{N}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})\Delta\text{H}=-180\text{kJ}/\text{mol}$  a 偏小  $\text{NO}_3^-+\text{e}+2\text{H}^+=\text{NO}_2\uparrow+\text{H}_2\text{O}$  (或  $\text{NO}_3^-+3\text{e}+4\text{H}^+=\text{NO}\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$ ) AC 负 3mg

解析: I. 按图示信息, 计算  $\Delta\text{H}=\text{反应物总键能}-\text{生成物总键能}$ , 书写相应的热化学方程式即可;

II. 电解池中, 与电源正极相连的电极是阳极, 阳极上失去电子发生氧化反应, 电子从阳

极流出，电子沿着导线流向电源正极，与电源负极相连的电极是阴极，电源负极上电子流出，电子沿着导线流向电解池的阴极，阴极极上氧化剂得到电子发生还原反应，内电路中阴离子移向阳极、阳离子移向阴极；电解精炼时，不纯的金属作阳极、纯净的金属作阴极；原电池中，还原剂在负极失去电子发生氧化反应，电子从负极流出，电子沿着导线流向正极，正极上氧化剂得到电子发生还原反应，内电路中阴离子移向负极、阳离子移向正极，原电池原理发生金属腐蚀时，极弱酸性、中性和碱性环境发生吸氧腐蚀，电化学反应时，电极上电子数守恒，据此分析回答；

**【详解】**

I.  $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{NO}(\text{g})$  的反应热  $\Delta H = 946\text{kJ/mol} + 498\text{kJ/mol} - 2 \times 632\text{kJ/mol} = +180\text{kJ/mol}$  则气体 NO 分解为氮气和氧气的热化学方程式为  $2\text{NO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \Delta H = -180\text{kJ/mol}$ ；

II. (1) ① 电解精炼时，粗银做阳极，所以粗银是 a 极；② 阳极粗银中活泼的锌优先放电，而阴极银离子放电，在得失电子守恒的条件下，溶液中银离子的物质的量浓度就变小；

③ b 电极是阴极，发生还原反应，生成了红棕色气体是  $\text{NO}_2$ ，可能是电极上直接产生的，也可能是 NO 转变而来的，故电极反应为： $\text{NO}_3^- + e^- + 2\text{H}^+ = \text{NO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (或  $\text{NO}_3^- + 3e^- + 4\text{H}^+ = \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ )；

(2) A. 该装置中发生吸氧腐蚀，Fe 作负极，Fe 失电子生成亚铁离子，电极反应式为  $\text{Fe} - 2e^- = \text{Fe}^{2+}$ ，故 A 正确；

B. 铁腐蚀过程发生电化学反应，部分化学能转化为电能，放热，所以还存在化学能转化为热能的变化，故 B 错误；

C. Fe、C 和电解质溶液构成原电池，Fe 易失电子被腐蚀，加速 Fe 的腐蚀，故 C 正确；

D. 弱酸性或中性条件下铁腐蚀吸氧腐蚀，水代替 NaCl 溶液，溶液仍然呈中性，Fe 发生吸氧腐蚀，故 D 错误；故正确的是 AC；

(3) 由装置图可知，HCHO 失电子被氧化生成  $\text{CO}_2$ ，则 b 为负极，电极反应式为

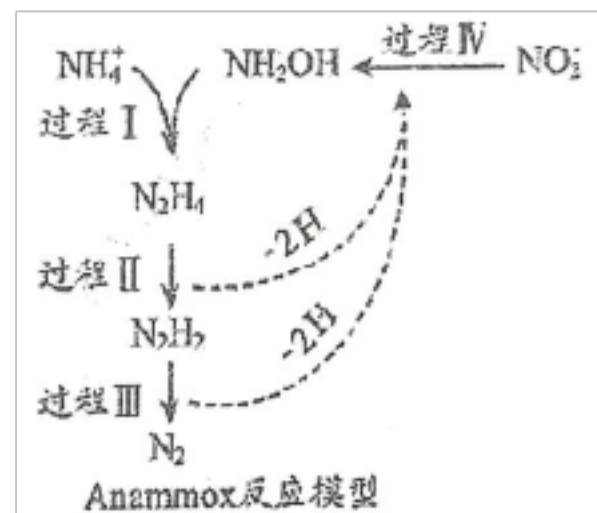
$\text{HCHO} + \text{H}_2\text{O} - 4e^- = \text{CO}_2 + 4\text{H}^+$ ，当电路中转移  $4 \times 10^{-4}\text{mol}$  电子时，消耗 HCHO 的物质的量为  $1 \times 10^{-4}\text{mol}$ ，则 HCHO 质量为  $1 \times 10^{-4}\text{mol} \times 30\text{g/mol} = 3\text{mg}$ 。

**【点睛】**

本题考查热化学方程式的书写、原电池原理和电解原理及其综合应用，运用建模思想解题，故掌握基础知识、建立模型是解题关键。

5. 为治理环境，减少雾霾，应采取措施减少氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 的排放量。还原法、氧化法、电化学吸收法是减少氮氧化物排放的有效措施。

(1) 厌氧氨化法 (Anammox) 是一种新型的氨氮去除技术。





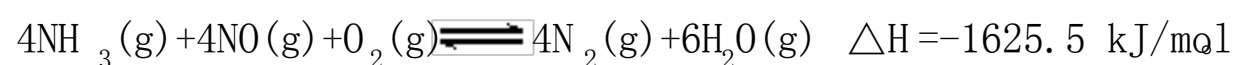
①N 元素的原子核外电子排布式为\_\_\_\_\_；联氨(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)中 N 原子采取\_\_\_\_\_杂化；H、N、O 三种元素的电负性由大到小的顺序为\_\_\_\_\_。

②过程 II 属于\_\_\_\_\_反应 (填“氧化”或“还原”)。

③该过程的总反应是\_\_\_\_\_。

④NH<sub>2</sub>OH (羟胺)是一元弱碱，25℃时，其电离平衡常数 K<sub>b</sub>=9.1×10<sup>-9</sup>，NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O 的电离平衡常数 K<sub>b</sub>=1.6×10<sup>-5</sup>，则 1 mol NH<sub>2</sub>OH 和 NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O 分别与盐酸恰好反应生成的盐 pH：前者\_\_\_\_\_后者。(填“大于”或“小于”)

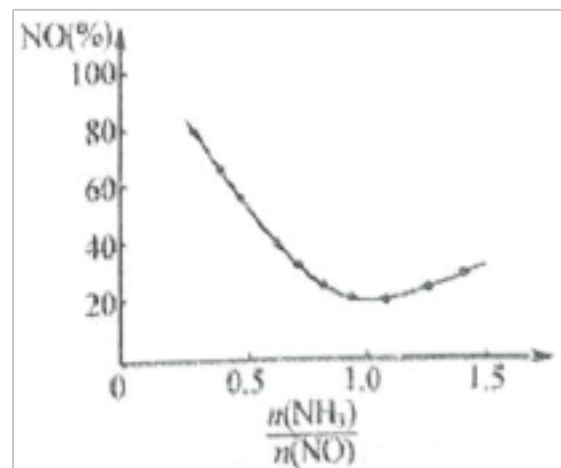
(2)选择性催化还原技术(SCR)是目前最成熟的烟气脱硝技术，其反应原理为：



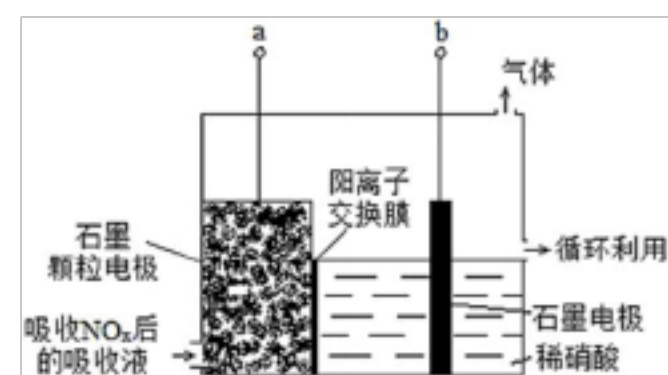
①该方法应控制反应温度在 315~400℃ 之间，反应温度不宜过高的原因是\_\_\_\_\_。

②氨氮比  $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{NO})}$  会直接影响该方法的脱硝率。如图为 350℃ 时，只改变氨气的投放量，NO 的百分含量与氨氮比的关系图。当  $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{NO})} > 1.0$  时烟气中 NO 含量反而增大，主要原因\_\_\_\_\_。

量，NO 的百分含量与氨氮比的关系图。当  $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{NO})} > 1.0$  时烟气中 NO 含量反而增大，主要原因\_\_\_\_\_。



(3)直接电解吸收也是脱硝的一种方法。用 6% 的稀硝酸吸收 NO<sub>x</sub> 生成亚硝酸，再将吸收液导入电解槽使之转化为硝酸，该电池的阳极反应式为\_\_\_\_\_。



答案：1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>3</sup> sp<sup>3</sup> O>N>H 氧化  $\text{NH}_4 + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  小于 温度过高，使脱硝反应的平衡向逆反应方向移动，脱硝率降低 过量氨气与氧气反应生成 NO  $\text{HNO}_2 - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = 3\text{H}^+ + \text{NO}_3^-$

解析：NO<sub>2</sub> 被还原为 NH<sub>2</sub>OH，再被 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 还原为 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>，脱氢氧化生成 N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>，再脱氢氧化

生成 N<sub>2</sub>；由图中可以看出，当  $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{NO})} = 1$  时，脱氮率最高，但当  $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{NO})} > 1.0$  时，

NH<sub>3</sub> 过量，会被 O<sub>2</sub> 氧化再次生成 NO，所以脱氮率反而降低；亚硝酸导入电解槽后转化为



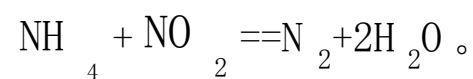
硝酸，由 N 元素的价态变化，可确定此反应在阳极发生。

**【详解】**

(1)①N 元素的原子核外有 7 个电子，电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^3$ ；联氨 ( $N_2H_4$ ) 中 N 原子的价层电子对数为 4，采取  $sp^3$  杂化；H、N、O 三种元素的非金属性  $O > N > H$ ，所以电负性由大到小的顺序为  $O > N > H$ 。

②过程 II 中， $N_2H_4$  脱氢生成  $N_2H_2$ ，属于氧化反应

③在反应过程中， $NO_2$  被  $NH_4^+$  还原为  $N_2$  和  $H_2O$ ，该过程的总反应是



④1 mol  $NH_2OH$  和  $NH_3 \cdot H_2O$  分别与盐酸恰好反应生成的盐为  $NH_2Cl$  和  $NH_4Cl$ ，由于  $NH_2OH$  (羟胺) 的电离平衡常数比  $NH_3 \cdot H_2O$  小，所以  $NH_2Cl$  水解的程度大，pH：前者小于后者。答案为： $1s^2 2s^2 2p^3$ ； $sp^3$ ； $O > N > H$ ；氧化； $NH_4^+ + NO_2^- == N_2 + 2H_2O$ ；小于；

(2)①因为反应为放热反应，所以反应温度不宜过高的原因是温度过高，使脱硝反应的平衡向逆反应方向移动，脱硝率降低。

②当  $\frac{n(NH_3)}{n(NO)} > 1.0$  时， $NH_3$  过量，会被  $O_2$  氧化再次生成  $NO$ ，所以脱氮率反而降低，主

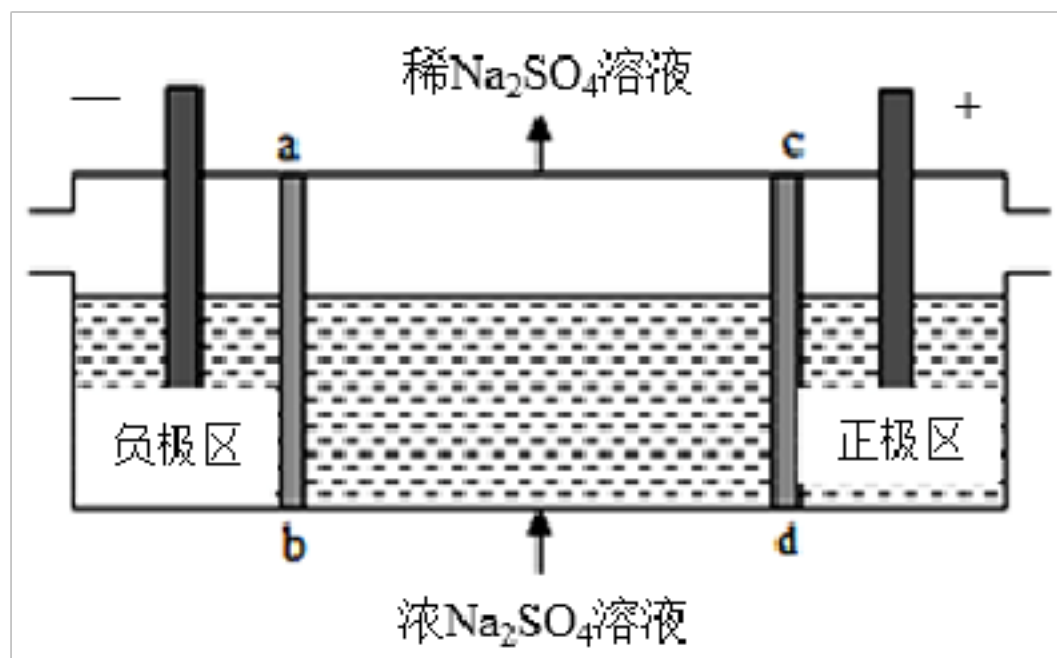
要原因是过量氨气与氧气反应生成  $NO$ 。答案为：温度过高，使脱硝反应的平衡向逆反应方向移动，脱硝率降低；过量氨气与氧气反应生成  $NO$ ；

(3)用 6% 的稀硝酸吸收  $NO_x$  生成亚硝酸，在阳极，亚硝酸导入电解槽后失电子转化为硝酸，该电池的阳极反应式为  $HNO_2 - 2e + H_2O = 3H^+ + NO_3^-$ 。答案为： $HNO_2 - 2e + H_2O = 3H^+ + NO_3^-$ 。

**【点睛】**

$HNO_2$  是弱酸，在书写电极反应式时，我们易把它改写成离子形式，从而导致错误的发生。

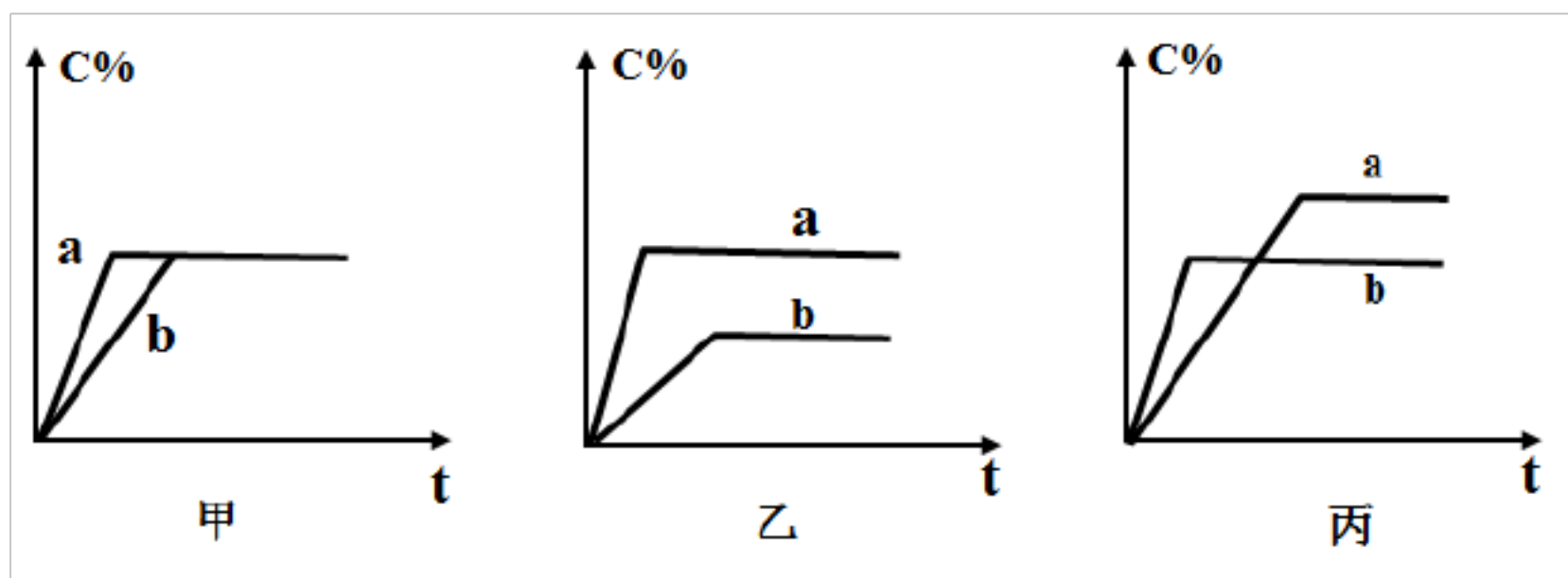
6. (1) 三室式电渗析法处理含  $Na_2SO_4$  的废水原理如图所示，采用惰性电极，ab、cd 均为离子交换膜，在直流电场的的作用下，两膜中间的  $Na^+$  和  $SO_4^{2-}$  可通过离子交换膜，而两端隔室中离子被阻挡不能进入中间隔室。



则通电后中间隔室的  $SO_4^{2-}$  离子向 \_\_\_\_\_ 极迁移，正极区溶液 pH \_\_\_\_\_ (填“增大”或“减小”)

小”，当电路中通过 1 mol 电子的电量时，会有\_\_\_\_\_ mol 的  $O_2$  生成。

(2) 现有可逆反应  $A(\text{气}) + B(\text{气}) \rightleftharpoons 3C(\text{气})$ ，下图中甲、乙、丙分别表示在不同的条件下，生成物 C 在反应混和物中的百分含量(C%) 和反应时间的关系：



I 若甲图中两条曲线分别表示有催化剂和无催化剂时的情况，则\_\_\_\_\_曲线是表示有催化剂时的情况。

II 若乙图中的 a 曲线表示  $200^\circ\text{C}$  和 b 曲线表示  $100^\circ\text{C}$  时的情况，则此可逆反应的正反应是\_\_\_\_\_热反应。

III 若丙图中两条曲线分别表示不同压强下的情况，则\_\_\_\_\_曲线是表示压强较大的情况。

答案：阳 减小 0.25 a 吸热 b

#### 【详解】

(1) 该装置为电解池，负极区电极为电解池阴极，正极区电极为电解池阳极，电解池中阴离子向阳极移动，则通电后中间隔室的  $SO_4^{2-}$  离子向阳极迁移，正极区氢氧根离子放电生成氧气和氢离子，正极区的电极反应为： $2H_2O - 4e^- = O_2 \uparrow + 4H^+$ ，溶液 pH 减小；根据电极反应可知，每生成 1 mol 氧气转移 4 mol 电子，当电路中通过 1 mol 电子的电量时，会有 0.25 mol 的氧气生成；

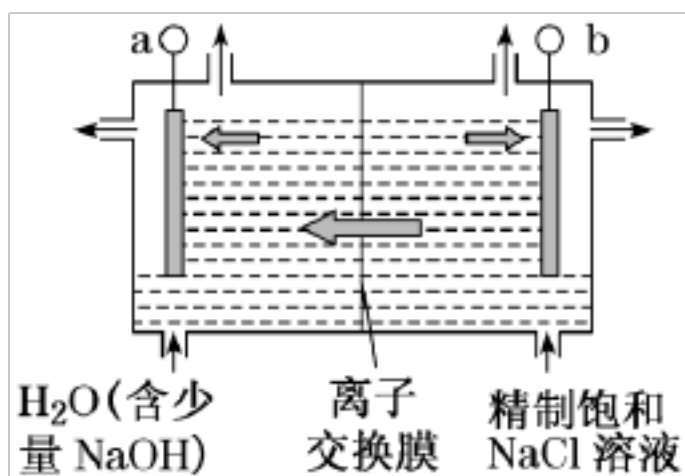
(2) I 使用催化剂，加快反应速率，缩短到达平衡的时间，由图可知，a 先到达平衡，故 a 曲线表示使用催化剂，b 曲线表示没有使用催化剂，

II 由乙图可知温度越高，生成物 C 在反应混合物中的百分含量(C%) 越大，说明温度升高，平衡正向移动，所以正反应为吸热反应；

III 压强越大，反应速率越大，反应达到平衡的时间越短，由丙图可知，根据到达平衡时间，b 所用时间短，说明 b 的反应速率快，所以 b 的压强高。

7. 电化学方法是化工生产及生活中常用的一种方法。回答下列问题：

(1) 二氧化氯( $ClO_2$ ) 为一种黄绿色气体，是国际上公认的高效、广谱、快速、安全的杀菌消毒剂。目前已开发出用电解法制取  $ClO_2$  的新工艺如图所示。

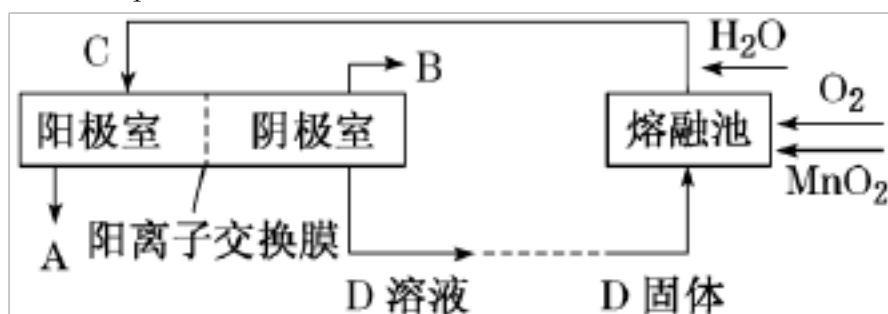


①图中用石墨作电极，在一定条件下电解饱和食盐水制取  $\text{ClO}_2$ 。产生  $\text{ClO}_2$  的电极应连接电源的\_\_\_\_\_ (填“正极”或“负极”)，对应的电极反应式为\_\_\_\_\_。

②a 极区 pH \_\_\_\_\_ (填“增大”“减小”或“不变”)。

③图中应使用\_\_\_\_\_ (填“阴”或“阳”)离子交换膜。

(2)电解  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  溶液制备  $\text{KMnO}_4$ 。工业上，通常以软锰矿(主要成分是  $\text{MnO}_2$ )与  $\text{KOH}$  的混合物在铁坩埚(熔融池)中混合均匀，小火加热至熔融，即可得到绿色的  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ，化学方程式为\_\_\_\_\_。用镍片作阳极(镍不参与反应)，铁板为阴极，电解  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  溶液可制备  $\text{KMnO}_4$ 。上述过程用流程图表示如下：



则 D 的化学式为\_\_\_\_\_；阳极的电极反应式为\_\_\_\_\_。

**答案：**正极  $\text{Cl}^- - 5\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{ClO}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$  增大 阳  $2\text{MnO}_2 + 4\text{KOH} + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{KOH}$   $\text{MnO}_4^{2-} - \text{e}^- = \text{MnO}_4^-$

**解析：**(1)阳极与电源正极连接，失去电子，发生氧化反应；阴极连接电源负极，阴极发生还原反应，结合反应式判断溶液酸碱性的变化情况；

(2) $\text{MnO}_2$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{O}_2$ 混合加热，发生氧化还原反应产生  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ，电解  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  溶液，阴极上水得到电子变为  $\text{H}_2$  和  $\text{OH}^-$ ，阳极上  $\text{MnO}_4^{2-}$  失去电子，发生氧化反应产生  $\text{MnO}_4^-$ 。

**【详解】**

(1)①图中用石墨作电极，在一定条件下电解饱和食盐水制取  $\text{ClO}_2$ 。 $\text{Cl}^-$ 失去电子，发生氧化反应产生  $\text{ClO}_2$ ，则产生  $\text{ClO}_2$  的电极为阳极，应连接电源的正极，阳极的电极反应式为： $\text{Cl}^- - 5\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{ClO}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ；

②b 极为阳极，a 极为阴极，水电离产生的  $\text{H}^+$  得到电子发生还原反应产生  $\text{H}_2$ ， $\text{H}^+$  不断放电，使 a 电极区  $c(\text{H}^+)$  减小， $c(\text{OH}^-)$  增大，因此溶液 pH 增大；

③根据图示可知，离子通过离子交换膜由阳极区进入到阴极区。由于阳极 b 电极上阴离子  $\text{Cl}^-$  不断放电，使附近的阳离子浓度增大，为维持平衡，溶液中的阳离子通过交换膜进入到阴极区，故图中使用的离子交换膜是阳离子交换膜；

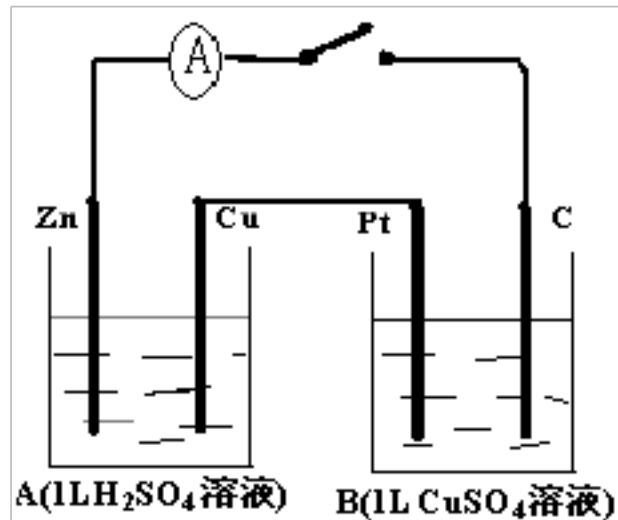
(2)根据题意可知  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{O}_2$  混合加热，发生氧化还原反应产生  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ，根据电子

守恒、原子守恒，可知生成物还有  $H_2O$ ，该反应的化学方程式为：

$2MnO_2 + 4KOH + O_2 \xrightarrow{\quad} 2K_2MnO_4 + 2H_2O$ 。然后电解反应产生的  $K_2MnO_4$  溶液，在阳极区发生

氧化反应： $MnO_4^{2-} - e^- = MnO_4^-$ ，在阴极上发生反应： $2H_2O + 2e^- = H_2 \uparrow + 2OH^-$ ，离子交换膜为阳离子交换膜，阳极区的  $K^+$  通过交换膜进入阴极区，则 D 物质是  $KOH$  溶液；阳极的电极反应式为  $MnO_4^{2-} - e^- = MnO_4^-$ 。

8. (1) 如图装置闭合电键时，电流计 A 的指针将发生偏转。

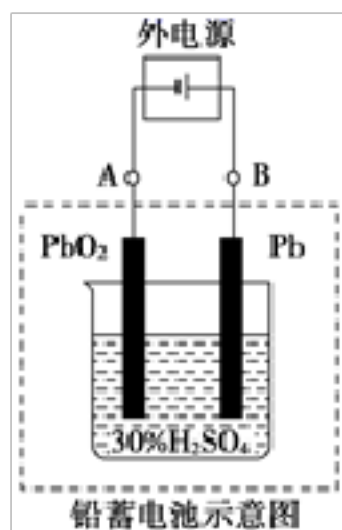
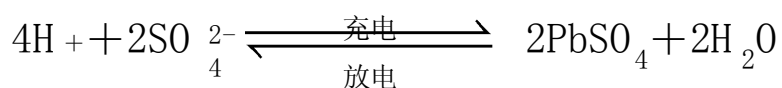


则 B 池是\_\_\_\_\_；Pt 是\_\_\_\_\_极

Cu 极上电极反应：\_\_\_\_\_

C 极上电极反应：\_\_\_\_\_

(2) 铅蓄电池是典型的可充电电池，它的正负极是惰性材料，电池总反应式为： $Pb + PbO_2 +$



请回答下列问题(不考虑氢、氧的氧化还原)：

① 放电时，正极的电极反应式是\_\_\_\_\_。电解液中  $H_2SO_4$  的浓度将变\_\_\_\_\_，当外电路通过 1 mol 电子时，理论上负极板的质量增加\_\_\_\_\_。

② 在完全放电耗尽  $PbO_2$  和 Pb 时，若按如图连接，电解一段时间后，则在 A 电极上生成\_\_\_\_\_

**答案：** 电解池 阳  $2H^+ + 2e^- = H_2 \uparrow$   $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$   $PbO_2 + 2e^- + 4H^+ + SO_4^{2-} = PbSO_4 + 2H_2O$  减小 48g Pb

**【详解】**

(1) 如图所示，装置 A 为原电池，Zn 比 Cu 活泼，Zn 电极为负极，Cu 电极为正极，Zn(负极)电极反应为： $Zn - 2e^- = Zn^{2+}$ ，Cu(正极)电极反应： $2H^+ + 2e^- = H_2 \uparrow$ ，B 为电解池，电解池中电



源负极与电解池阴极相连，电源正极与电解池阳极相连，则 C 为阴极，Pt 为阳极，根据放电顺序，C(阴极)电极上  $\text{Cu}^{2+}$  放电，得电子，生成铜单质，电极反应为： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ；

(2)①电池总反应式为： $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-} \xrightleftharpoons[\text{放电}]{\text{充电}} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，放电时：

负极电极反应： $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4$ ，正极电极反应： $\text{PbO}_2 + 2\text{e}^-$

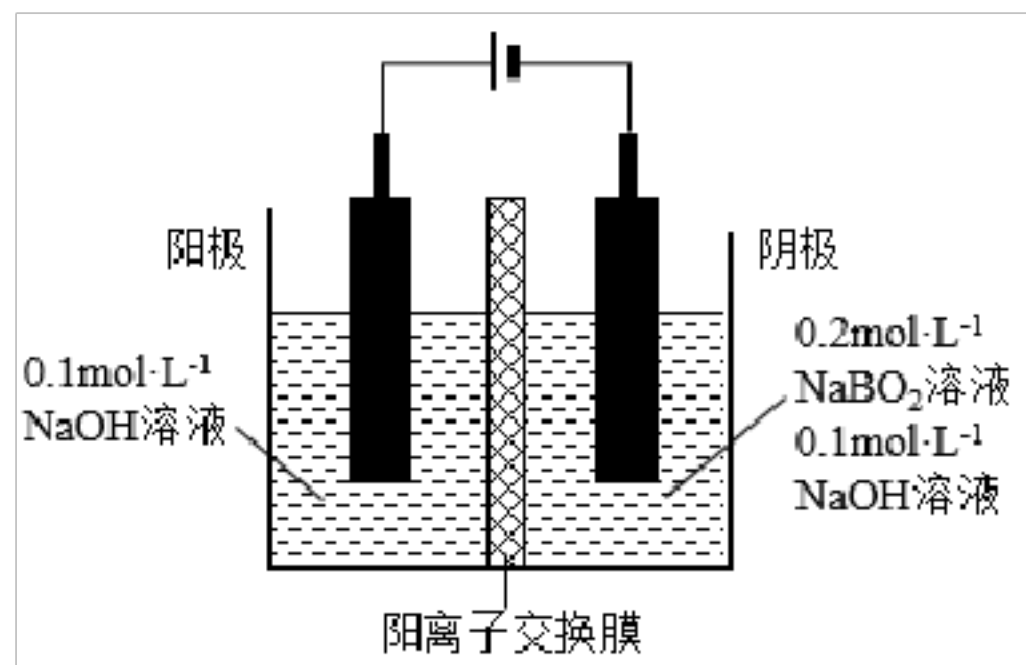
$+ 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；根据电极反应可知，电解液中  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的浓度将减少；当外电路通过 1mol 电子时，依据电子守恒计算理论上负极板的质量增加 = 硫酸铅的质量 - 铅单质的质量 =  $0.5\text{mol} \times 303\text{g/mol} - 0.5\text{mol} \times 207\text{g/mol} = 48\text{g}$ ；

②在完全放电耗尽  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  时，电极上析出的是  $\text{PbSO}_4$ ，若按题图连接则装置为电解池，B 为阳极应是失去电子发生氧化反应，A 为阴极是得到电子发生还原反应，B 电极上发生反应为： $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ，A 电极发生反应为： $\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ ，所以 A 电极上生成  $\text{Pb}$ 。

9.  $\text{NaBH}_4$  储氢材料、燃料电池等方面具有重要应用。

(1) $\text{NaBH}_4$  中 H 元素的化合价为 -1，具有强还原性，一定条件下，向  $\text{FeSO}_4$  溶液中滴加碱性  $\text{NaBH}_4$  溶液，溶液中  $\text{BH}_4^-$  与  $\text{Fe}^{2+}$  反应生成纳米铁粉、 $\text{H}_2$  和  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ ，参加反应的  $\text{BH}_4^-$  与生成的纳米铁粉的物质的量之比为\_\_\_\_\_。

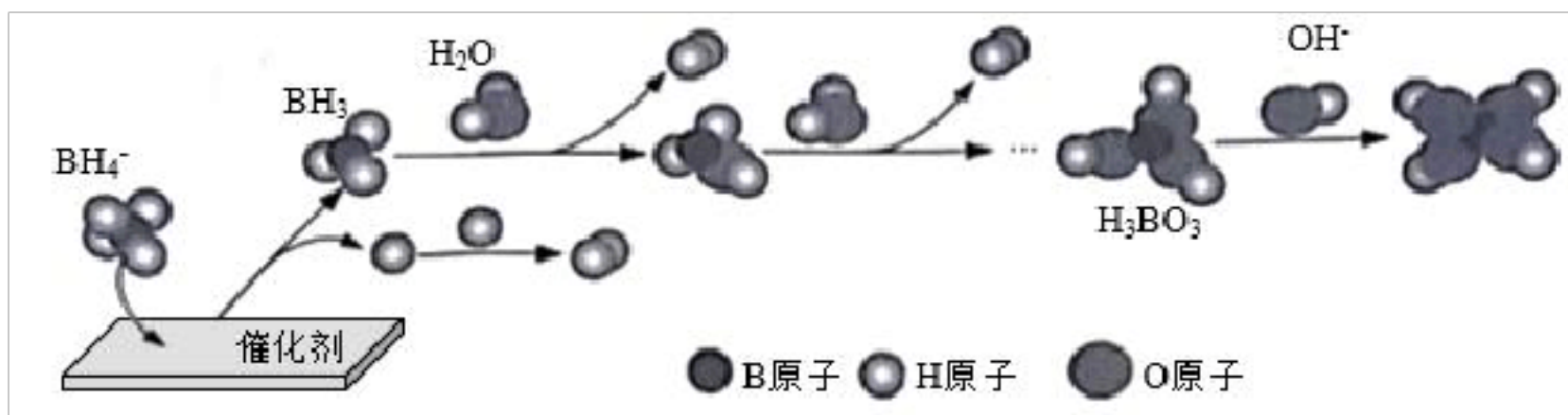
(2) $\text{NaBH}_4$  燃料电池中， $\text{NaBH}_4$  转化为  $\text{NaBO}_2$ ，电解  $\text{NaBO}_2$  溶液又可制得  $\text{NaBH}_4$ ，实现物质的循环利用，电解装置示意图如图所示。



①电解池阴极的电极反应式为\_\_\_\_\_。

②两电极区间使用阳离子交换膜，不允许阴离子通过的原因是\_\_\_\_\_。

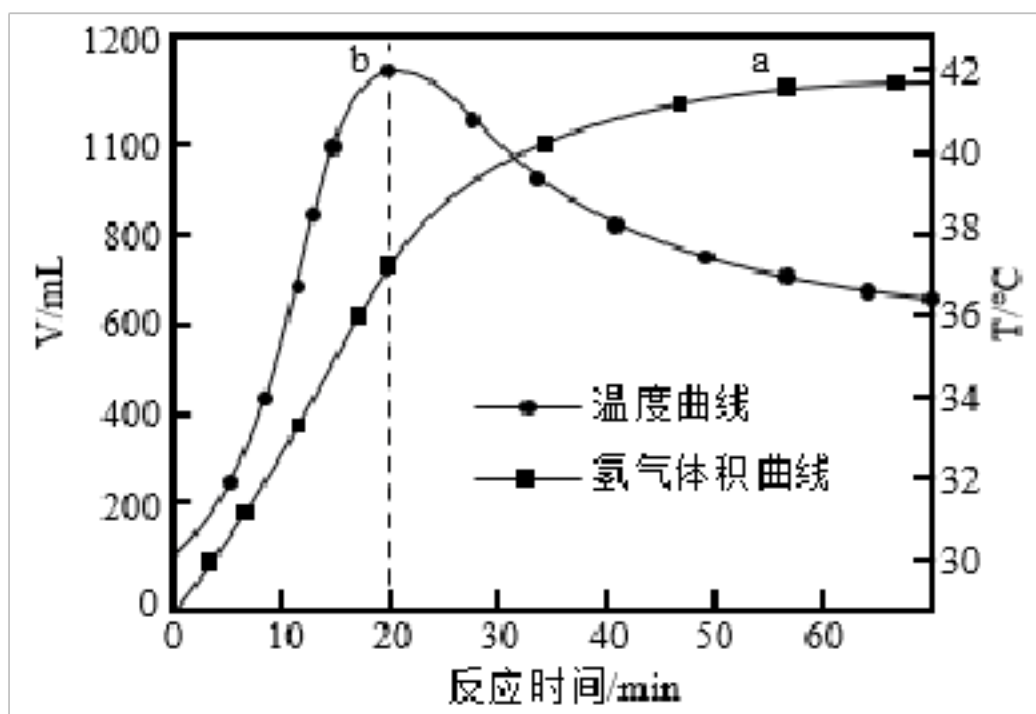
(3) $\text{NaBH}_4$  催化释氢。在催化剂作用下， $\text{NaBH}_4$  与水反应生成  $\text{H}_2$ ，可能的反应机理如图所示。



①其他条件不变时，以  $D_2O$  代替  $H_2O$  催化释氢，所得气体的分子式为\_\_\_\_\_。

②已知： $H_3BO_3$  为一元弱酸， $H_3BO_3$  水溶液呈酸性的原因是\_\_\_\_\_ (用离子方式表示)。

(4)在催化剂的作用下， $NaBH_4$  与水反应，释氢体积及温度随反应时间的变化如图所示。



①0~20min 内，温度随时间快速升高的原因是\_\_\_\_\_。

②20min 后，氢气体积在增加，而温度却下降的原因是\_\_\_\_\_。

**答案：**  $1:2$   $BO_2^- + 8e^- + 6H_2O \rightleftharpoons BH_4^- + 8OH^-$  防止阴极产生的  $BH_4^-$  通过阴离子交换膜进入阳极区，发生反应而损耗或  $BO_2^-$  通过阴离子交换膜进入阳极区，阴极区  $BO_2^-$  浓度变小， $BH_4^-$  的产率低  $H_2$ 、 $HD$   $H_3BO_3$   $H_2O \rightleftharpoons B(OH)_4^-$   $H$   $NaBH_4$  与水反应放热，随着时间推移，体系温度升高反应速率增大，温度升高催化剂的活性增强，产生氢气速率达到最大 随着反应的进行， $NaBH_4$  浓度减小，反应速率减慢，相同时间内放出的热量减少，热量的散失成为影响温度变化的主要因素

**解析：** 向  $FeSO_4$  溶液中滴加碱性  $NaBH_4$  溶液，溶液中  $BH_4^-$  (B 元素的化合价为+3) 与  $Fe^{2+}$  反应生成纳米铁粉、 $H_2$  和  $B(OH)_4^-$ ，反应中只有 Fe、H 元素化合价发生变化，结合质量守恒、电荷守恒可写出离子方程式。

**【详解】**

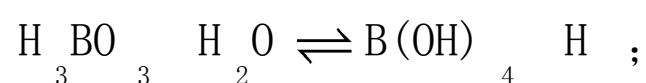
(1)向  $FeSO_4$  溶液中滴加碱性  $NaBH_4$  溶液，溶液中  $BH_4^-$  (B 元素的化合价为+3) 与  $Fe^{2+}$  反应生成纳米铁粉、 $H_2$  和  $B(OH)_4^-$ ，反应中只有 Fe、H 元素化合价发生变化，发生氧化还原反应，离子方程式为  $2Fe^{2+} + BH_4^- + 4OH^- = 2Fe + 2H_2 + B(OH)_4^-$ ，有方程式可得参加反应的  $BH_4^-$  与生成的纳米铁粉的物质的量之比为 1:2

(2)①电解池阴极得电子发生还原反应， $\text{NaBO}_2$  得到电子生成  $\text{NaBH}_4$ ，电极反应式为  $\text{BO}_2^- + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{BH}_4^- + 8\text{OH}^-$ ；

②两电极区间使用阳离子交换膜，不允许阴离子通过的原因是防止阴极产生的  $\text{BH}_4^-$  通过阴离子交换膜进入阳极区，发生反应而损耗或  $\text{BO}_2^-$  通过阴离子交换膜进入阳极区，阴极区  $\text{BO}_2^-$  浓度变小， $\text{BH}_4^-$  的产率低；

(3)①若用  $\text{D}_2\text{O}$  代替  $\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{D}_2\text{O}$  中的 D 一部分进入氢气，生成的氢气原子重新组合，所以生成的氢气有  $\text{H}_2$ 、 $\text{HD}$ ；

②已知： $\text{H}_3\text{BO}_3$  为一元弱酸， $\text{H}_3\text{BO}_3$  水溶液呈酸性的原因是

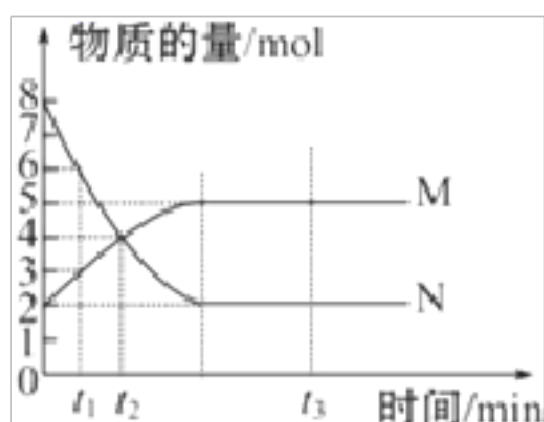


(4)①0~20min 内，温度随时间快速升高的原因是  $\text{NaBH}_4$  与水反应放热，随着时间推移，体系温度升高反应速率增大，温度升高催化剂的活性增强，产生氢气速率达到最大；

②20min 后，氢气体积在增加，而温度却下降的原因是随着反应的进行， $\text{NaBH}_4$  浓度减小，反应速率减慢，相同时间内放出的热量减少，热量的散失成为影响温度变化的主要因素。

10. 根据《化学反应原理》知识，按要求作答。

(1) 一定温度下，在容积为 2L 的密闭容器里进行反应： $a\text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons b\text{M}(\text{g})$   $\Delta H = -Q\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。M、N 的物质的量随时间的变化曲线如图所示：



①此反应的化学方程式中  $\frac{a}{b} = \underline{\quad}$ ，判断该反应属于 放热 反应。

②0 到  $t_2$  时刻，以 M 的浓度变化表示的平均反应速率为： $\underline{\quad}$   $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

③下列叙述能说明上述反应达到平衡状态的是（填序号）    。

- A. 反应中 M 与 N 的物质的量之比为 1:1
- B. 混合气体的总质量不随时间的变化而变化
- C. 混合气体的总物质的量不随时间的变化而变化
- D. 单位时间内每消耗  $a\text{mol N}$ ，同时生成  $b\text{mol M}$
- E. 混合气体的压强不随时间的变化而变化

(2) 在下列四支试管中，进行如下反应的实验： $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ ，开始反应产生  $\text{H}_2$  的速率最大的是     。

试管	温度/ $^{\circ}\text{C}$	等质量锌的形状	盐酸浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
A	35	块状	2.0

B	35	小颗粒	2.0
C	20	小颗粒	1.0
D	20	块状	1.0

(3) 有一处于平衡状态的反应  $A(s)+2B(g) \rightleftharpoons 2C(g) \Delta H < 0$ ，为了使平衡向生成 C 的方向移动，应选择条件是\_\_\_\_\_。

①升高温度②增加 A 的质量③增大压强④增大 B 的浓度⑤加入催化剂⑥分离出 C

(4) 原电池的装置如图所示（电极不参与反应）：



①锌片是\_\_\_\_\_（填“正极”或“负极”），电子从\_\_\_\_\_流出（填“锌片”或“铜片”）。

②写出铜电极的电极反应式：\_\_\_\_\_，此电极发生\_\_\_\_\_（填“氧化反应”或“还原反应”）。

答案：放热  $\frac{1}{t_2}$  CE B ④⑥ 负极 锌片  $2H^++2e^-=H_2\uparrow$  还原反应

【详解】

(1) ①由图象可知， $\frac{a}{b} = \frac{\Delta n(N)}{\Delta n(M)} = \frac{(8-2)\text{mol}}{(5-2)\text{mol}} = \frac{2}{1} = 2$ ，因为该反应的  $\Delta H$  为负值，故该反

应放热，故答案为：2；放热；

②0 到  $t_2$  时刻，以 M 的浓度变化表示的平均反应速率为

$$v = \frac{\Delta c(M)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(M)}{V \Delta t} = \frac{(4-2)\text{mol}}{2L \cdot \frac{t_2}{2}\text{min}} = \frac{1}{t_2} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$
，故答案为  $\frac{1}{t_2}$ ；

③A. 平衡时反应混合物各组分的物质的量不变，但各组分的物质的量不一定相等，A 错误；

B. 混合气体的总质量始终不变，混合气体总质量不变不能说明到达平衡，B 错误；

C. 由于  $a \neq b$  随反应进行混合气体总物质的量发生变化，混合气体的总物质的量不随时间的变化而变化，说明到达平衡，C 正确；

D. 单位时间内消耗  $a\text{mol} N$ ，同时生成  $b\text{mol} M$ ，都表示正反应速率，反应始终按此关系进行，不能说明到达平衡，D 错误；

E. 由于  $a \neq b$  随反应进行混合气体总物质的量发生变化，混合气体的压强不随时间的变化而变化，说明混合气体总的物质的量再不变，说明反应到达平衡，E 正确；

故该题选 CE。

(2) C、D 与 A、B 相比较，A、B 温度较高，为影响反应速率的主要因素，则反应速率 A、B 大于 C、D，A 与 B 相比较，B 固体表面积较大，反应速率最大，故答案为 B；

(3) ①因该反应正反应放热，故升高温度，平衡左移，未向生成 C 的方向移动，①错误；②因 A 为固体，增加 A 的质量，平衡不移动，②错误；③因该反应前后气体分子数相

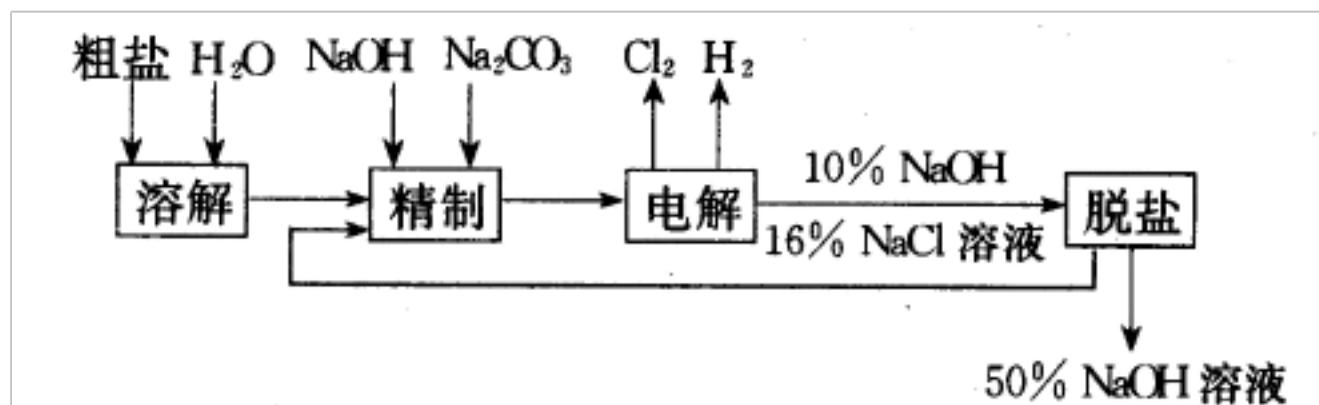


等，故改变压强，平衡不移动，③错误；④增大B的浓度，平衡向生成C的方向移动，故④正确；⑤加催化剂，平衡不移动，⑤错误；⑥分离出C，平衡向生成C的方向移动，故⑥正确。故选④⑥。

(4) ①锌铜原电池中，锌作负极失电子发生氧化反应，生成锌离子，电子从负极锌片沿导线流向正极铜片，故答案为：负极；锌片；

②铜作正极，溶液中氢离子得到电子生成氢气，发生还原反应，故答案为： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ ；还原反应。

11. 氯碱厂电解饱和食盐水制取NaOH的工艺流程示意图如图：



依据如图，完成下列填空：

(1)在电解过程中，与电源正极相连的电极上所发生反应的电极反应式为\_\_\_\_\_，与电源负极相连的电极附近，溶液pH\_\_\_\_\_ (选填“不变”、“升高”或“下降”)。

(2)工业食盐中含 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 等杂质，其中精制过程中除去 $\text{Mg}^{2+}$ 时发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(3)如果粗盐中 $\text{SO}_4^{2-}$ 含量过高，必须添加钡试剂除去 $\text{SO}_4^{2-}$ ，该钡试剂可以是\_\_\_\_\_ (填写字母序号，下同)。

A.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$       B.  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$       C.  $\text{BaCl}_2$

(4)为有效除去 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ，加入试剂的合理顺序为\_\_\_\_\_。

A. 先加NaOH，后加 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，再加钡试剂

B. 先加NaOH，后加钡试剂，再加 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

C. 先加钡试剂，后加NaOH，再加 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

(5)脱盐工序中利用NaOH和NaCl在溶解度上的差异，通过\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、过滤(填写操作名称)除去NaCl。

(6)用隔膜法电解食盐水时，电解槽分隔为阳极区和阴极区，防止 $\text{Cl}_2$ 与NaOH反应；采用无隔膜法电解冷的食盐水时， $\text{Cl}_2$ 与NaOH充分接触，得到的产物仅是NaClO和 $\text{H}_2$ ，则与该反应相应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

答案： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$  升高  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$  AC BC 蒸发浓缩 冷却结晶

$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO} + \text{H}_2 \uparrow$  或  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$ 、

$\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$

解析：(1)电解食盐水，与正极相连的电极为阳极，阳极上发生氧化反应，生成氯气，与电

源负极相连的电极为阴极，阴极上发生氧化反应，生成氢气和 NaOH，据此分析解答；

(2)工业食盐中含  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等杂质，精制过程中，加入氢氧化钠，可以将镁离子除去，加入碳酸钠，可以将钙离子除去，据此分析解答；

(3)根据不能引入新的杂质分析判断；

(4)根据过量的钡离子需要用碳酸钠除去分析判断；

(5)氢氧化钠的溶解度随温度的影响较大，但是氯化钠的溶解度受温度的影响不大，据此分析解答；

(6)电解氯化钠溶液生成氯气、氢气和氢氧化钠溶液，氯气和氢氧化钠溶液反应生成氯化钠、次氯酸钠和水，据此书写反应的方程式。

**【详解】**

(1)电解食盐水，与正极相连的电极为阳极，阳极上发生氧化反应，生成氯气，电极反应式为  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ，与电源负极相连的电极为阴极，阴极上发生氧化反应，生成氢气和 NaOH，所以阴极附近溶液 pH 升高，故答案为： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ；升高；

(2)工业食盐中含  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等杂质，精制过程中，加入氢氧化钠，可以将镁离子除去，加入碳酸钠，可以将钙离子除去，因此除去  $\text{Mg}^{2+}$  时发生反应的离子方程式为  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ ，故答案为： $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ ；

(3)添加钡试剂除去  $\text{SO}_4^{2-}$ ，需要注意不能引入新的杂质，选  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  会引入杂质硝酸根离子，所以选 AC，故答案为：AC；

(4)为了有效除去  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ，应注意碳酸钠在钡试剂之后，是为了用碳酸钠除去过量的钡离子，加入试剂的合理顺序为先加 NaOH，后加钡试剂，再加  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  或先加钡试剂，后加 NaOH，再加  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，故答案为：BC；

(5)氢氧化钠的溶解度随温度的影响较大，但是氯化钠的溶解度受温度的影响不大，则在温度高的时候，生成氢氧化钠晶体即可除去氯化钠，所以氢氧化钠和氯化钠分离的方法是：蒸发浓缩、冷却结晶、过滤，故答案为：蒸发浓缩；冷却结晶；

(6)电解氯化钠溶液生成氯气、氢气和氢氧化钠溶液，氯气和氢氧化钠溶液反应生成氯化钠、次氯酸钠和水，因此采用无隔膜法电解冷的食盐水时， $\text{Cl}_2$  与 NaOH 充分接触，得到的产物仅是 NaClO 和  $\text{H}_2$ ，反应的化学方程式为： $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO} + \text{H}_2 \uparrow$  或

$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$ 、 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ ，故答案为：

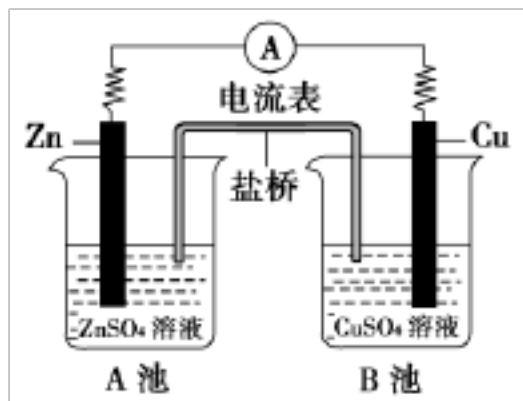
$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO} + \text{H}_2 \uparrow$  或  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$ ；

$\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ 。

**12. 锌、铜是高中阶段常见的两种金属。**

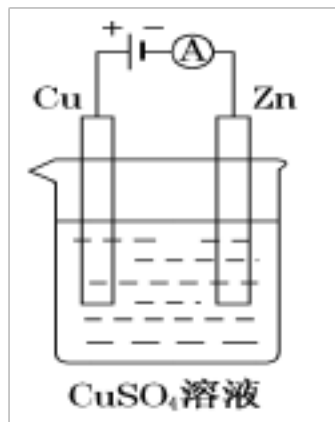
(1) 如图所示为锌铜原电池。

①盐桥装有饱和 KCl 溶液的琼脂，原电池工作时  $\text{K}^+$  的移动方向是\_\_\_（填“锌电极”或“铜电极”）



②外电路中有  $0.2\text{mol}$  电子通过时，铜片表面增重  $\underline{\quad}$  g。

(2) 如图是一个电解过程示意图。



①锌片上发生的电极反应式是：  $\underline{\quad}$ 。

②电解过程中，铜电极质量减少为  $128\text{g}$ ，则硫酸铜溶液浓度  $\underline{\quad}$  (填“增大”、“减小”或“不变”)，电路中通过的电子数目为  $\underline{\quad}$ 。

(3)  $100\text{mL } 0.200\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ CuSO}_4$  溶液与  $1.95\text{g}$  锌粉在量热计中充分反应。测得反应前温度为  $20.1^\circ\text{C}$ ，反应后最高温度为  $30.1^\circ\text{C}$ 。(已知：反应前后，溶液的比热容均近似为  $4.18\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ ，溶液的密度均近似为  $1.00\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，忽略溶液体积、溶液质量变化和金属吸收的热量)。请计算：

①反应放出的热量  $Q = \underline{\quad}$  J。

②反应  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) = \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$  的  $\Delta H = \underline{\quad}$   $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

答案：铜电极 6.4  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$  不变  $4N_A$  或  $2.408 \times 10^{24}$   $4.18 \times 10^3$  209

【详解】

(1) ①锌铜原电池中，锌失电子作负极，Cu 作正极，原电池工作时阳离子移向正极，阴离子移向负极， $\text{K}^+$  的移动方向是铜电极，故答案为：铜电极；

②铜片电极方程式为： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ，当外电路中有  $0.2\text{mol}$  电子通过时，铜片上析出  $0.1\text{mol}$  Cu，质量为  $0.1\text{mol} \times 64\text{g}/\text{mol} = 6.4\text{g}$  故答案为：6.4

(2) ①锌片上发生的电极反应式是铜离子得电子生成铜，故电极反应方程式为  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ，故答案为： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ；

②铜片上的电极反应为： $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ ，负极析出  $1\text{mol}$  Cu，正极就溶解  $1\text{mol}$  Cu，则硫酸铜溶液浓度不变；铜电极质量减少为  $128\text{g}$ ，物质的量为  $\frac{128\text{g}}{64\text{g}/\text{mol}} = 2\text{mol}$ ，转移电子为  $4\text{mol}$ ，

数目为  $4N_A$  或  $2.408 \times 10^{24}$ ；故答案为：不变； $4N_A$  或  $2.408 \times 10^{24}$ ；

(3) ①实验前硫酸铜的物质的量为  $n = cV = 0.200 \times 100 \times 10^{-3} \text{mol}$ ，金属锌的物质的量为

$\frac{1.95\text{g}}{65\text{g}/\text{mol}} = 0.03\text{mol}$ 。因锌与硫酸铜是按照 1:1 的物质的量之比反应的，可知实验前的锌是

过量的。反应放出的热量  $Q = cm \Delta t = 4.18 \times (100 + 1.0) \times (30.1 - 20.1) = 4180\text{J} = 4.18 \times 10^3\text{J}$ ，

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/567064032026010006>