

## 2021~2022 学年度高三年级第一学期教学质量调研(三)

### 化学试题

试卷总分 100 分，考试时间 75 分钟。

本卷可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 Cl 35.5 Cu 64

#### 选择题(共 36 分)

单项选择题：本题包括 8 小题，每小题 2 分，共计 16 分。每小题只有一个选项符合题意。

1. 2021 年，中国科学家突破了人工合成淀粉技术，以二氧化碳、氢气为原料，人工合成淀粉。检测发现，人工合成淀粉分子与天然淀粉分子的结构组成一致。下列说法正确的是

- A. 人工合成的淀粉属于无机物
- B. 合成淀粉和葡萄糖的分子式相同
- C. 淀粉属于单糖
- D. 该技术有助于解决粮食危机

【答案】D

【解析】

【详解】A. 人工合成淀粉分子与天然淀粉分子的组成一致，淀粉含有碳元素，淀粉属于有机物，故 A 错误；

B. 人工合成淀粉分子与天然淀粉分子的结构组成一致，所以合成淀粉的分子式是  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，葡萄糖的分子式是  $C_6H_{12}O_6$ ，故 B 错误；

C. 淀粉能水解为葡萄糖，淀粉属于多糖，故 C 错误；

D. 淀粉属于多糖，是人类重要的营养物质，以二氧化碳、氢气为原料合成淀粉，有助于解决粮食危机，故 D 正确；

选 D。

2. 利用蛋白质的变性可以进行消毒杀菌。下列物质均能使蛋白质变性，其中变性的原理与物质的性质具有对应关系的是

- A. 乙醇的挥发性
- B. 盐酸的还原性
- C. NaClO 的氧化性
- D. 甲醛的可溶性

【答案】C

【解析】

【详解】A. 乙醇在医学方面可做为一种消毒剂，乙醇作用于细菌细胞首先起到脱水作用，乙醇分子进入到蛋白质分子的肽链环节，使蛋白质发生变性沉淀，乙醇的挥发性与其能使蛋白质变性没有对应关系，A 不合题意；

B. 盐酸能使蛋白质变性，但与其还原性没有对应关系，B 不合题意；

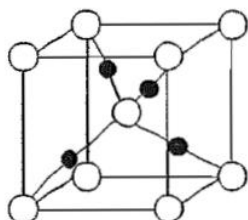
C. 次氯酸钠具有强氧化性，能够氧化蛋白质使其失去生物活性(变性)，C 符合题意；

D. 甲醛等大部分有机物均能使蛋白质变性，但与其可溶性无关，D 不合题意；

故答案为：C。

3. 葡萄糖和蔗糖都是常见的糖类，均为有甜味的无色晶体，易溶于水。葡萄糖与新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  可发生如下反应： $\text{RCHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{RCOONa} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{RCHO}$  表示葡萄糖)。  $\text{Cu}_2\text{O}$  的晶胞如图所示。

蔗糖水解的实验过程是：在试管中加入 2 mL 蔗糖溶液，接着加入 2 mL  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$  溶液，加热。



下列说法正确的是

A. 葡萄糖分子间不能形成氢键

B. 葡萄糖分子中含 4 个手性碳原子

C. 基态  $\text{Cu}^{2+}$  的电子排布式为  $[\text{Ar}]3\text{d}^84\text{s}^1$

D.  $\text{NaOH}$  的电子式为  $\text{Na}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 葡萄糖分子间及葡萄糖与水分子之间都能形成氢键，A 错误；

B. 手性碳原子是连接 4 个不同的原子或原子团的碳原子，葡萄糖是多羟基醛，结构简式是  $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CHO}$ ，可见在葡萄糖分子中的中间 4 个 C 原子都是手性碳原子，故葡萄糖分子中含 4 个手性碳原子，B 正确；

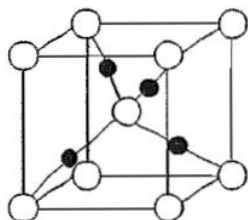
C. Cu 是 29 号元素，根据构造原理可知 Cu 原子核外电子排布式是  $[\text{Ar}]3\text{d}^{10}4\text{s}^1$ ， $\text{Cu}^{2+}$  是 Cu 原子失去 1 个 4s 电子、1 个 3d 电子后得到的微粒，其电子排布式为  $[\text{Ar}]3\text{d}^9$ ，C 错误；

D.  $\text{NaOH}$  是离子化合物， $\text{Na}^+$  与  $\text{OH}^-$  离子之间以离子键结合，其电子式为  $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:H}]^-$ ，D 错误；

故合理选项是 B。

4. 葡萄糖和蔗糖都是常见的糖类，均为有甜味的无色晶体，易溶于水。葡萄糖与新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  可发生如下反应： $\text{RCHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{RCOONa} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{RCHO}$  表示葡萄糖)。  $\text{Cu}_2\text{O}$  的晶胞如图所示。

蔗糖水解的实验过程是：在试管中加入 2mL 蔗糖溶液，接着加入 2mL  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$  溶液，加热。



下列关于蔗糖水解实验的说法正确的是

- A. 蔗糖水解产物均为葡萄糖
- B. 检验蔗糖是否水解的方法是：取上述反应后的溶液，冷却后加入少量新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，加热，若有红色沉淀生成，则蔗糖已水解
- C. 可以用如下方法配制新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ：在试管中加入 2mL 10%NaOH 溶液，滴加 5 滴 2% $\text{CuSO}_4$  溶液
- D.  $\text{Cu}_2\text{O}$  晶胞中，距离每个  $\text{Cu}^+$  最近的  $\text{O}^{2-}$  有 4 个

【答案】C

【解析】

- 【详解】A. 蔗糖为二糖或双糖，1 分子蔗糖水解产物为 1 分子葡萄糖和 1 分子果糖，A 错误；
- B. 醛基与新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液反应需在碱性环境中，故检验蔗糖是否水解的方法是：取上述反应后的溶液，冷却后加入 NaOH 溶液中和作为催化剂的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  后再加入少量新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，加热，若有红色沉淀生成，则蔗糖已水解，B 错误；
- C. 新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液反应需在碱性环境中，即配制新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液时需碱过量，故可以用如下方法配制新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ：在试管中加入 2mL 10%NaOH 溶液，滴加 5 滴 2% $\text{CuSO}_4$  溶液，C 正确；
- D. 由晶胞图可知黑球为 4 个，白球为： $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$  个，故图中黑球代表  $\text{Cu}^+$ ，白球代表  $\text{O}^{2-}$ ，故有  $\text{Cu}_2\text{O}$  晶胞中，距离每个  $\text{Cu}^+$  最近的  $\text{O}^{2-}$  有 2 个，D 错误；
- 故答案为：C。

5. 前 3 周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大，X 是空气中含量最多的元素，基态时 Y 最外层电子数是次外层的四分之一，基态 Z 原子 3p 轨道上只有 1 个电子，W 与 X 位于同一主族。下列说法正确的是

- A. 原子半径： $r(\text{W}) > r(\text{Z}) > r(\text{Y}) > r(\text{X})$
- B. 第一电离能： $I_1(\text{X}) > I_1(\text{Y}) > I_1(\text{Z})$
- C. X 的简单气态氢化物分子的空间构型为平面三角形
- D. 最高价氧化物对应水化物的碱性： $\text{Z} > \text{Y}$

【答案】B

【解析】

【分析】由题干信息可知，前3周期主族元素X、Y、Z、W的原子序数依次增大，X是空气中含量最多的元素，则X为N，基态时Y最外层电子数是次外层的四分之一，即Y为Mg，基态Z原子3p轨道上只有1个电子，故Z为Al，W与X位于同一主族，故W为P，据此分析解题。

【详解】A. 根据同一周期从左往右原子半径依次减小，同一主族从上往下原子半径依次增大可知，原子半径： $r(Y) > r(Z) > r(W) > r(X)$ ，A错误；

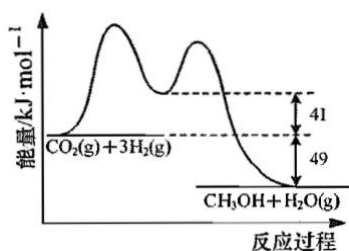
B. 根据第一电离能同一周期从左往右呈增大趋势，IIA与IIIA、VA与VIA反常，同一主族从上往下第一电离能依次减小可知，第一电离能： $I_1(X) > I_1(Y) > I_1(Z)$ ，B正确；

C. 由分析可知，X为N，X的简单气态氢化物即 $\text{NH}_3$ ， $\text{NH}_3$ 中N原子周围的价层电子对数为： $3 + \frac{1}{2}(5 - 3 \times 1) = 4$ ，有1对孤电子对，故该分子的空间构型为三角锥形，C错误；

D. 最高价氧化物对应水化物的碱性与金属性一致，同一周期从左往右金属性依次减弱，故最高价氧化物对应水化物的碱性： $Y > Z$ ，D错误；

故答案为：B。

6. 以 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2(\text{g})$ 为原料合成甲醇的反应为 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。反应过程中物质的能量与反应过程的关系如下图所示。下列说法正确的是



- A. 该反应的活化能为 $41\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- B. 升高温度，反应的平衡常数会增大
- C. 该反应在任何条件下均能自发进行
- D. 增大压强有利于加快反应速率和提高平衡转化率

【答案】D

【解析】

【详解】A. 活化分子的平均能量与反应物分子平均能量的差值即为活化能，故由图中数据不能计算出该反应的活化能，A错误；

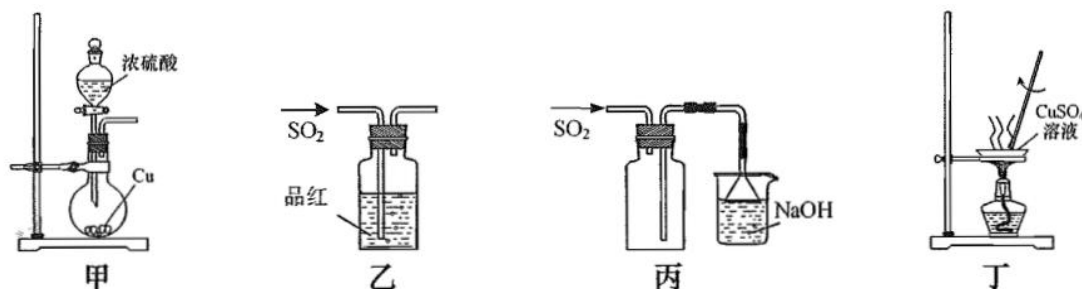
B. 由图可知，该反应正反应为一个放热反应，故升高温度，平衡逆向移动，则反应的平衡常数会减小，B错误；

C. 由图可知，该反应正反应为一个放热反应，即 $\Delta H < 0$ ，根据方程式 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 可知， $\Delta S < 0$ ，故该反应在低温条件下能自发进行，C错误；

D. 由题干方程式信息可知, 该反应正反应是一个气体体积减小的方向, 故增大压强, 反应物和生成物浓度增大, 有利于加快反应速率, 平衡正向移动, 可提高平衡转化率, D 正确;

故答案为: D。

7. 下列用铜与浓硫酸反应制取  $\text{SO}_2$  验证  $\text{SO}_2$  性质、收集气体和回收  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的实验原理与装置能达到实验目的的是



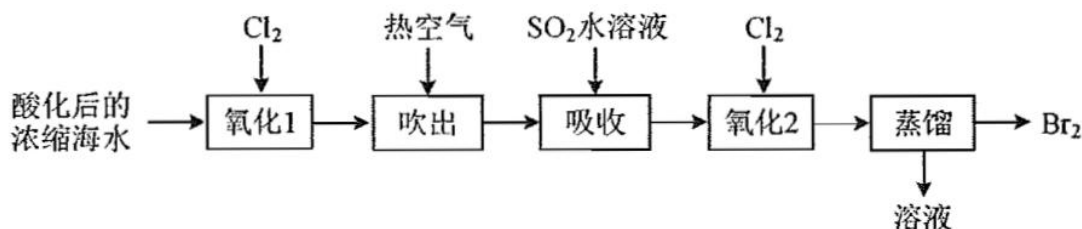
- A. 用装置甲制取  $\text{SO}_2$
- B. 用装置乙验证  $\text{SO}_2$  的漂白性
- C. 用装置丙收集  $\text{SO}_2$
- D. 用装置丁将溶液蒸干获得  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

【答案】B

【解析】

- 【详解】A. 铜和浓硫酸反应需要加热, 若用甲制取  $\text{SO}_2$ , 缺少加热装置, 故不选 A;
- B.  $\text{SO}_2$  能使品红褪色, 用装置乙验证  $\text{SO}_2$  的漂白性, 故选 B;
- C.  $\text{SO}_2$  密度比空气大, 应该用向上排空气法收集  $\text{SO}_2$  气体, 故不选 C;
- D. 用蒸发浓缩、降温结晶的方法制备  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 故不选 D;
- 选 B。

8. 工业上可利用“吹出法”提溴。“吹出法”提溴的流程如下图所示:



已知酸化后的浓缩海水中主要含  $\text{H}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等离子。下列说法正确的是

- A. “氧化 1”中  $\text{Cl}_2$  过量会增大“吸收”时  $\text{SO}_2$  水溶液的用量
- B. 取“吹出”后的溶液滴加到淀粉 KI 试纸上, 若试纸变蓝, 则说明溶液中含  $\text{Cl}_2$
- C. “吸收”时的离子方程式为:  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 = \text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{Br}^-$

D. 蒸馏后溶液中主要存在的离子是： $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$

【答案】A

【解析】

【分析】由流程可知，海水中通入足量氯气可氧化溴离子生成溴，热空气吹出溴，吸收时发生 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-}$ ，然后氯气氧化溴离子生成溴，达到富集溴的目的，再萃取、分液、蒸馏分离出液溴，以此来解答。

【详解】A. 氯气可置换出溴单质，由氯气具有氧化性， $\text{SO}_2$ 具有还原性，若 $\text{Cl}_2$ 过量，则会增大“吸收”时 $\text{SO}_2$ 水溶液的用量，故A正确；

B. “吹出”后的溶液可能还含有 $\text{Br}_2$ ，由氧化性： $\text{Br}_2 > \text{I}_2$ ， $\text{Br}_2$ 与 $\text{KI}$ 发生氧化还原反应生成 $\text{I}_2$ ，也能使试纸变蓝，故B错误；

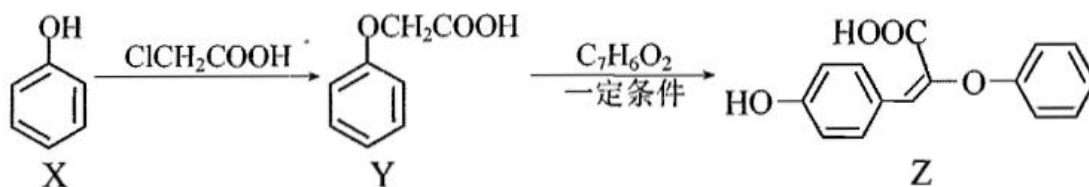
C. 吸收过程发生氧化还原反应，反应的离子方程式是 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-}$ ，故C错误；

D. 由于热空气吹出溴蒸汽，用 $\text{SO}_2$ 水溶液吸收生成硫酸和 $\text{HBr}$ ，加入氯气生成 $\text{HCl}$ ，蒸馏后溶液主要是 $\text{Cl}^-$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ ，故D错误；

故选：A。

不定项选择题：本题包括5小题，每小题4分，共计20分。每小题有一个或两个选项符合题意。若正确答案只包括一个选项，多选时，该题得0分；若正确答案包括两个选项，只选一个且正确的得2分，选两个且都正确的得满分，但只要选错一个，该小题就得0分。

9. 化合物Z是一种医药中间体，由苯酚制备化合物Z的转化路线如下：

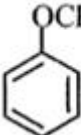


下列说法正确的是

- A. 1mol 化合物 Y 中所含 $\sigma$ 键的数目为 14mol
- B. 化合物 Z 中碳原子均采用  $\text{sp}^2$  轨道杂化方式
- C. 可以用  $\text{NaHCO}_3$  溶液检验化合物 Y 中是否混有 X
- D. Y $\rightarrow$ Z 时所用  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$  的名称为对羟基苯甲醛

【答案】BD

【解析】

【详解】A. 单键全是 $\sigma$ 键，1mol 化合物  中所含 $\sigma$ 键的数目为 19mol，故 A 错误；

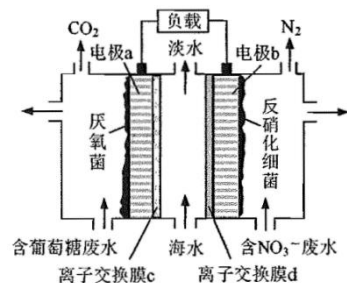
B. 化合物 Z 中碳原子均形成 3 个 $\sigma$ 键，无孤电子对，均采用  $sp^2$  轨道杂化方式，故 B 正确；

C. Y 中含有羧基，Y 能和  $NaHCO_3$  反应放出二氧化碳气体，X 不能与  $NaHCO_3$  反应，不能用  $NaHCO_3$  溶液检验化合物 Y 中是否混有 X，故 C 错误；

D. Y 和  $C_7H_6O_2$  反应生成 Z，根据 Y、Z 的结构简式，可知  $C_7H_6O_2$  的结构简式是 ，名称为对羟基苯甲醛，故 D 正确；

选 BD。

10. 一种微生物电池可用于净化污水和淡化海水，工作原理如下图所示。下列说法正确的是



A. 放电时电极 a 上反应为



B. 放电时电极 b 附近溶液的 pH 降低

C. 离子交换膜 c 和 d 分别为阴离子交换膜和阳离子交换膜

D. 为加快净化污水和淡化海水的速率，该电池可以在高温下工作

【答案】C

【解析】

【分析】该原电池中，右边硝酸根离子得到电子发生还原反应生成  $N_2$ ，则右边装置中电极是正极，电极反应式为： $2NO_3^- + 6H_2O + 10e^- = N_2 \uparrow + 12OH^-$ ，左边装置电极是负极，负极上有机物失电子发生氧化反应，有机物在厌氧菌作用下生成二氧化碳，电极反应： $C_6H_{12}O_6 - 24e^- + 6H_2O = 6CO_2 \uparrow + 24H^+$ ，阴离子移向负极，阳离子移向正极，据此分析解答。

【详解】A. 左边装置电极 a 是负极，负极上有机物失电子发生氧化反应，有机物在厌氧菌作用下生成二氧化碳，所以左室发生反应的电极反应式为： $C_6H_{12}O_6 - 24e^- + 6H_2O = 6CO_2 \uparrow + 24H^+$ ，A 错误；

B. 在电极 b 上  $NO_3^-$  得电子发生还原反应，b 电极反应式为： $2NO_3^- + 6H_2O + 10e^- = N_2 \uparrow + 12OH^-$ ，放电时电极 b 附近溶液的  $c(OH^-)$  增大，因此溶液 pH 升高，B 错误；

C. 根据同种电荷相互排斥, 异种电荷相互吸引的原则, 在放电时阴离子移向左侧负极, 阳离子移向右侧的正极, 所以该电池工作时, 离子交换膜 c 和 d 分别为阴离子交换膜和阳离子交换膜, C 正确;

D. 高温会导致厌氧菌、反硝化菌蛋白质发生变性而失去其生理活性, 因此该电池不能在高温下工作, D 错误;

故合理选项是 C。

11. 室温下, 通过下列实验探究 NaClO 溶液的性质

实验 1: 测得  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaClO 溶液的 pH 约为 10

实验 2: 向  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaClO 溶液中通入足量  $\text{CO}_2$ , 无明显现象

实验 3: 向  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaClO 溶液中加入浓盐酸, 有黄绿色气体生成

实验 4: 向  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaClO 溶液中加入双氧水, 有无色气体生成

下列说法正确的是

- A.  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaClO 溶液中  $(\text{ClO}^-)$  约为  $10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 实验 2 说明  $K_a(\text{HClO}) > K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)$
- C. 实验 3 反应的离子方程式为  $\text{NaClO} + 2\text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{Cl}_2\uparrow + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
- D. 实验 4 中生成的无色气体是  $\text{O}_2$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由水解方程式  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$  可知, 发生水解的  $\text{ClO}^-$  的浓度为  $10^{-4} \text{ mol/L}$ , 故  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaClO 溶液中  $(\text{ClO}^-)$  约为  $0.1 \text{ mol/L} - 10^{-4} \text{ mol/L} \approx 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 错误;

B. 向  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaClO 溶液中通入足量  $\text{CO}_2$ , 无明显现象, 并不能说明没有发生反应

$\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3 + \text{HClO}$ , 故实验 2 不能说明  $K_a(\text{HClO}) > K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)$ , B 错误;

C. NaClO 是可溶性盐, 离子方程式书写时能拆, 故实验 3 反应的离子方程式为:  $\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , C 错误;

D. 已知 NaClO 具有强氧化性,  $\text{H}_2\text{O}_2$  既有氧化性又有还原性, 当  $\text{H}_2\text{O}_2$  作氧化剂时, 则  $\text{ClO}^-$  被氧化成更高价态的物质, 自身被还原为  $\text{H}_2\text{O}$ , 不可能是无色气体, 不合题意; 当  $\text{H}_2\text{O}_2$  作还原剂时, 则其被  $\text{ClO}^-$  氧化, 成  $\text{O}_2$ , 为无色气体, 反应离子方程式为:  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + \text{O}_2\uparrow$ , 即实验 4 中生成的无色气体是  $\text{O}_2$ , D 正确;

故答案为: D。

12. 常温下, 将  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  溶液与  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{CaCl}_2$  溶液等体积混合, 产生白色沉淀和无色气体,

已知  $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6 \times 10^{-11}$ ,  $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 3 \times 10^{-9}$ 。下列说法正确的是

- A.  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$  溶液中:  $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$
- B. 两溶液混合时:  $c(\text{CO}_3^{2-}) < 6.0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. 反应后的溶液中:  $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{Ca}^{2+})$
- D. 反应后的溶液中:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

【答案】AC

【解析】

【详解】A.  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$  溶液中, 根据电荷守恒有:  $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ , 由  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6 \times 10^{-11}$ ,  $K_{h2} = \frac{K_w}{K_{a1}} = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-7}} = 2 \times 10^{-8} > K_{a2}$ , 即  $\text{HCO}_3^-$  水解大于电离, 溶液呈碱性, 即  $c(\text{OH}^-) >$

$c(\text{H}^+)$ , 故有  $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$ , A 正确;

B. 两溶液混合时有  $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2} = 0.05 \text{ mol/L}$ , 根据  $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 3 \times 10^{-9}$  可知,  $c(\text{Ca}^{2+}) c(\text{CO}_3^{2-}) > 3 \times 10^{-9}$ ,

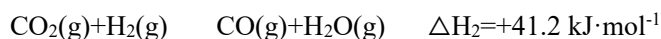
$c(\text{CO}_3^{2-}) > 6.0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 错误;

C. 反应前有:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{Ca}^{2+}) = 0.05 \text{ mol/L}$ , 即反应前就有  $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{Ca}^{2+})$ , 而反应过程中  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  是 1:1 结合的, 即消耗的量一样多, 故反应后的溶液中:  $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{Ca}^{2+})$ , C 正确;

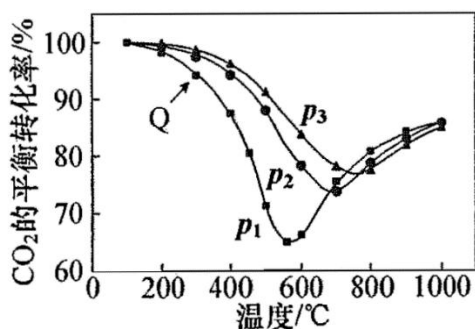
D. 反应中若没有其他放出则有:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 现由题干信息可知, 反应中由无色气体  $\text{CO}_2$  放出, 故反应后的溶液中:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) < 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 错误;

故答案为: AC。

13. 将  $\text{CO}_2$  资源化是实现碳中和的有效方法,  $\text{CO}_2$  资源化的方法之一是转化为  $\text{CH}_4$ 。催化剂作用下,  $\text{CO}_2$  与  $\text{H}_2$  转化为  $\text{CH}_4$  时可发生如下反应:



控制其他条件一定, 将  $\text{CO}_2$  与  $\text{H}_2$  按  $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 4$  的比例进行反应, 在催化剂作用下, 测得  $\text{CO}_2$  平衡转化率随温度和压强的变化如图所示。下列说法正确的是



A.  $\Delta H_1 = -164.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 压强  $p_1 < p_2 < p_3$

B. Q 点时, 向反应体系中加入过量的  $\text{CaO}$ , 其他条件定, 平衡时  $\text{CH}_4$  的体积分数增大

C. 压强为  $p_1$ ,  $0 \sim 1000^\circ\text{C}$  温度范围, 随着温度的升高, 平衡时  $\text{CH}_4$  的体积分数先减小后增大

D. 压强为  $p_1$ ,  $0 \sim 1000^\circ\text{C}$  温度范围, 随着温度的升高, 平衡时  $\text{CO}$  的体积分数逐渐增大

【答案】AD

【解析】

【详解】A. 由题干信息可知, 反应②  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H_2 = +41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 反应③  $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H_3 = -206.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则反应①  $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  可由②+③, 根据盖斯定律可知  $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 = +41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-206.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -164.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 由于当温度相同时, 反应②反应前后气体的系数和不变, 压强对其影响, 反应①为正反应是一个气体体积减小的方向, 即增大压强, 平衡正向移动,  $\text{CO}_2$  的转化率增大, 故由图可知, 压强  $p_1 < p_2 < p_3$ , A 正确;

B. Q 点时, 向反应体系中加入过量的  $\text{CaO}$ , 将消耗  $\text{CO}_2$ , 其他条件定, 则反应①、②平衡逆向移动, 则  $\text{CO}$  浓度减小, 反应③也将逆向移动, 则平衡时  $\text{CH}_4$  的体积分数减小, B 错误;

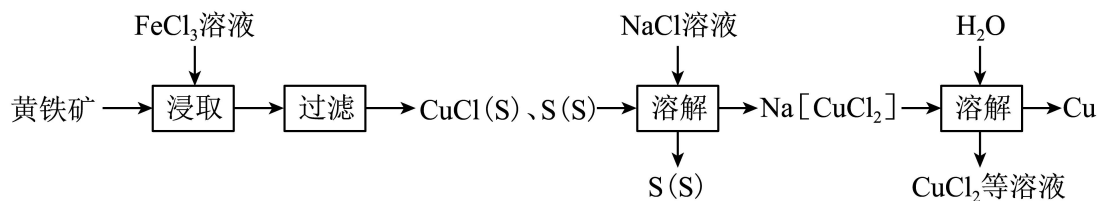
C. 压强为  $p_1$ ,  $0 \sim 1000^\circ\text{C}$  温度范围, 随着温度的升高, 反应①③为放热反应, 平衡逆向移动, 导致甲烷的体积分数减小,  $\text{CO}_2$  的转化率减小, 反应②为吸热反应, 平衡正向移动, 导致甲烷的体积分数减小,  $\text{CO}_2$  的转化率增大, 由图示可知, 随着温度升高,  $\text{CO}_2$  的平衡转化率先减小后增大, 说明温度在  $580^\circ\text{C}$  之前, 温度对反应①③的影响大于反应②, 而  $580^\circ\text{C}$  以后则刚好相反, 即平衡时  $\text{CH}_4$  的体积分数始终减小, C 错误;

D. 压强为  $p_1$ ,  $0 \sim 1000^\circ\text{C}$  温度范围, 随着温度的升高, 反应③为放热反应, 平衡逆向移动, 导致  $\text{CO}$  的体积分数增大,  $\text{CO}_2$  的转化率减小, 反应②为吸热反应, 平衡正向移动, 导致  $\text{CO}$  的体积分数增大,  $\text{CO}_2$  的转化率增大, 由图示可知, 随着温度升高,  $\text{CO}_2$  的平衡转化率先减小后增大, 说明温度在  $580^\circ\text{C}$  之前, 温度对反应①③的影响大于反应②, 而  $580^\circ\text{C}$  以后则刚好相反, 故有压强为  $p_1$ ,  $0 \sim 1000^\circ\text{C}$  温度范围, 随着温度的升高, 平衡时  $\text{CO}$  的体积分数逐渐增大, D 正确;

故答案为: AD。

非选择题(共 64 分)

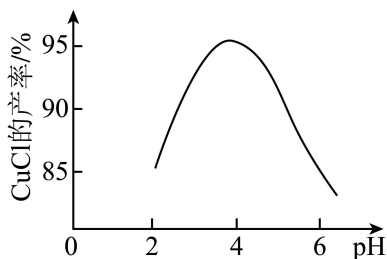
14. 工业上以黄铜矿(主要含  $\text{CuFeS}_2$ , 还含  $\text{FeS}$  等)为原料可以制备  $\text{Cu}$ , 流程如下:



(1) 写出“浸取”时  $\text{CuFeS}_2$  和  $\text{FeCl}_3$  溶液反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

(2) “稀释”时反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3) 用  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  还原  $\text{CuCl}_2$  溶液也能获得  $\text{CuCl}$ ,  $\text{CuCl}$  的产率随溶液 pH 变化如图所示。



①pH 约为 4 时,  $\text{CuCl}$  的产率最大。写出该条件下反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

②pH 大于 4 或小于 4 时,  $\text{CuCl}$  的产率都会随 pH 的增大或减小而降低, 原因是\_\_\_\_\_。

(4) “溶解”前需测定  $\text{CuCl}$ 、 $\text{S}$  中  $\text{CuCl}$  的含量, 实验过程为: 称取 0.8000g 样品置于烧杯中, 向其中加入稍过量的  $1.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{FeCl}_3$  溶液( $\text{CuCl} + \text{FeCl}_3 = \text{CuCl}_2 + \text{FeCl}_2$ ), 充分反应后快速过滤, 用蒸馏水洗涤烧杯、玻璃棒及滤渣 2~3 次, 将滤液及洗涤滤液一并转移到锥形瓶中, 用  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  标准溶液滴定至终点 ( $\text{Ce}^{4+} + \text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ ), 消耗  $0.2000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  标准溶液 20.00mL。计算混合物中  $\text{CuCl}$  的质量分数 \_\_\_\_\_。(写出计算过程)。

【答案】(1)  $3\text{Fe}^{3+} + \text{CuFeS}_2 + \text{Cl}^- = \text{CuCl} + 2\text{S} + 4\text{Fe}^{2+}$

(2)  $2\text{Na}[\text{CuCl}_2] = \text{Cu}\downarrow + \text{CuCl}_2 + 2\text{NaCl}$

(3) ①.  $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$  ②. pH 小于 4, 随 pH 减少溶液酸性增强,  $\text{SO}_3^{2-}$

转变为  $\text{SO}_2$  逸出, 还原剂变少, 产率降低; pH 大于 4, 随 pH 增大  $\text{Cu}^{2+}$  转变成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀, 产率降低

(4) 49.75 %

【解析】

【分析】根据该工艺流程图中信息可知, “浸取”时是将黄铁矿与  $\text{FeCl}_3$  溶液充分反应, 反应方程式为:  $3\text{FeCl}_3 + \text{CuFeS}_2 = \text{CuCl} + 2\text{S} + 4\text{FeCl}_2$ ,  $2\text{FeCl}_3 + \text{FeS} = 3\text{FeCl}_2 + \text{S}$ , 过滤得到  $\text{CuCl}$  和  $\text{S}$  的混合物, 洗涤, 向洗涤后的固体中加入  $\text{NaCl}$  溶液, “溶解”时发生反应为:  $\text{NaCl} + \text{CuCl} = \text{Na}[\text{CuCl}_2]$ , 过滤出  $\text{S}$ , 得到滤液, 向滤液中加水稀释得到  $\text{Cu}$  和  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  等, “稀释”时反应方程式为:  $2\text{Na}[\text{CuCl}_2] = \text{Cu}\downarrow + \text{CuCl}_2 + 2\text{NaCl}$ , 据此分析解题。

【小问 1 详解】

由分析可知，“浸取”时  $\text{CuFeS}_2$  和  $\text{FeCl}_3$  溶液反应的方程式为： $3\text{FeCl}_3 + \text{CuFeS}_2 = \text{CuCl} + 2\text{S} + 4\text{FeCl}_2$ ，则该反应的离子方程式为： $3\text{Fe}^{3+} + \text{CuFeS}_2 + \text{Cl}^- = \text{CuCl} + 2\text{S} + 4\text{Fe}^{2+}$ ，故答案为： $3\text{Fe}^{3+} + \text{CuFeS}_2 + \text{Cl}^- = \text{CuCl} + 2\text{S} + 4\text{Fe}^{2+}$ ；

【小问 2 详解】

由分析可知，“稀释”时反应的化学方程式为： $2\text{Na}[\text{CuCl}_2] = \text{Cu}\downarrow + \text{CuCl}_2 + 2\text{NaCl}$ ，故答案为： $2\text{Na}[\text{CuCl}_2] = \text{Cu}\downarrow + \text{CuCl}_2 + 2\text{NaCl}$ ；

【小问 3 详解】

①由题干图信息可知，pH 约为 4 时， $\text{CuCl}$  的产率最大，则在该条件下反应的离子方程式为：

$2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ，故答案为： $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ；

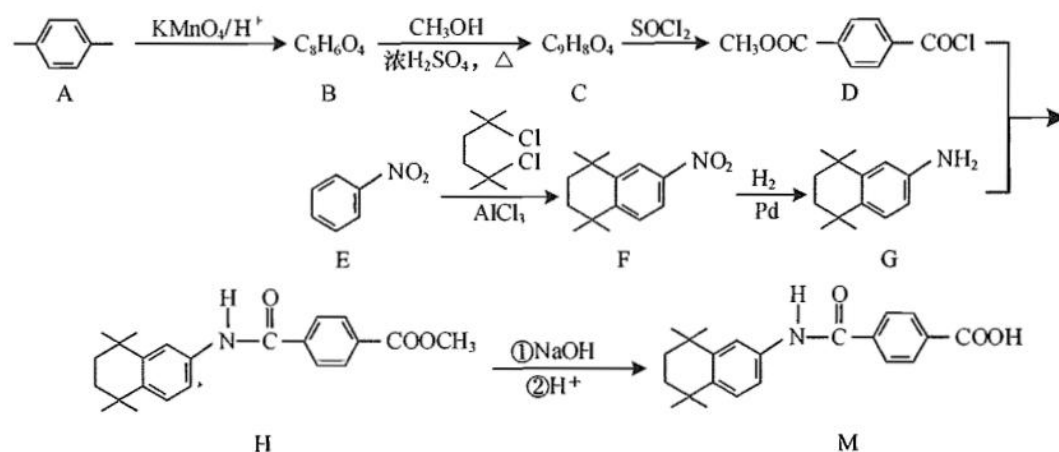
②pH 小于 4，随 pH 减少溶液酸性增强， $\text{SO}_3^{2-}$  转变为  $\text{SO}_2$  逸出，还原剂变少，产率降低；pH 大于 4，随 pH 增大  $\text{Cu}^{2+}$  转变成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀，产率降低，故有 pH 大于 4 或小于 4 时， $\text{CuCl}$  的产率都会随 pH 的增大或减小而降低，故答案为：pH 小于 4，随 pH 减少溶液酸性增强， $\text{SO}_3^{2-}$  转变为  $\text{SO}_2$  逸出，还原剂变少，产率降低；pH 大于 4，随 pH 增大  $\text{Cu}^{2+}$  转变成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀，产率降低；

【小问 4 详解】

由题干信息反应： $\text{CuCl} + \text{FeCl}_3 = \text{CuCl}_2 + \text{FeCl}_2$ ， $\text{Ce}^{4+} + \text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ ，可找得关系式为： $\text{CuCl} \sim \text{Fe}^{2+} \sim \text{Ce}^{4+}$ ，即  $n(\text{CuCl}) = n[\text{Ce}(\text{SO}_4)_2] = cV = 0.2000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ，则

$\text{CuCl}\% = \frac{4.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 99.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.8000 \text{ g}} = 49.75\%$ ，故答案为：49.75%。

15. 有机物 M 是一种治疗白血病的药物，一种合成 M 的路线如下图所示：



(1)  $\text{F} \rightarrow \text{G}$  的反应类型是\_\_\_\_\_反应。

(2) 比较有机物 A 和 B 在水中溶解度的大小，并说明理由：\_\_\_\_\_。

(3) 有机物 C 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) D 和 G 的反应为可逆反应, 反应时加入有机物  $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$  (一种有机碱) 可提高反应物的平衡转化率, 原因是\_\_\_\_\_。

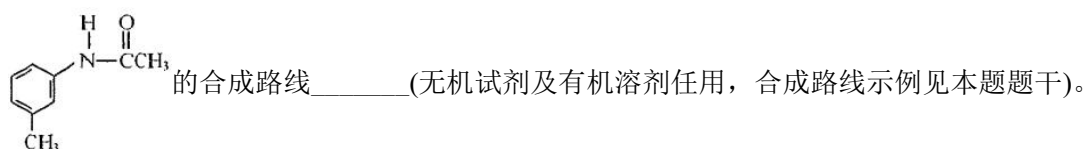
(5) F 的一种同分异构体满足下列条件, 写出该同分异构体的结构简式: \_\_\_\_\_。

I. 是一种  $\alpha$ -氨基酸;

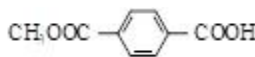
II. 分子中除苯环外, 还含有 1 个六元环;

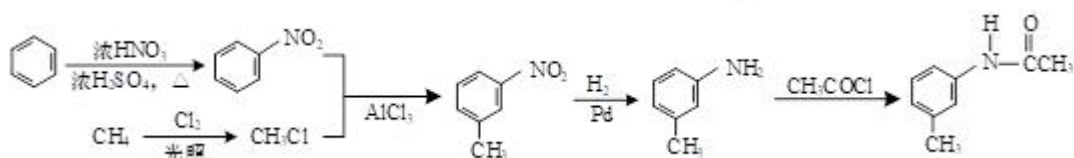
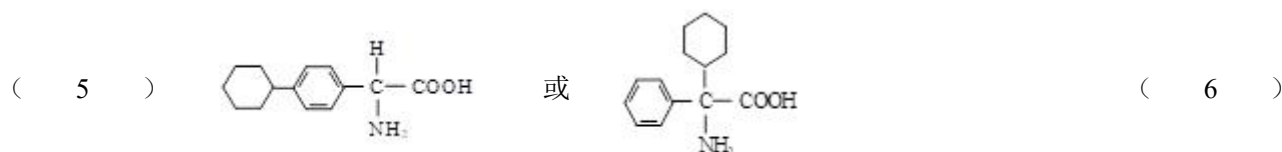
III. 分子中含有 9 种不同化学环境的氢原子。

(6) 已知苯环上引入新基团的位置受原有基团的影响。例如:  $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{NH}_2$  或  $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ -\text{N}-\text{C}-\text{R} \\ || \\ \text{O} \end{array}$  会将新的基团引入到它们的邻位或对位;  $-\text{NO}_2$  会将新的基团引入到它的间位。设计以  $\text{CH}_4$ 、 和  $\text{CH}_3\text{COCl}$  为原料制取



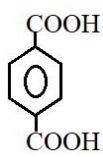
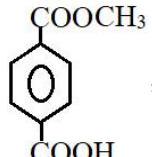
【答案】(1) 还原 (2) B 在水中的溶解度大, 因为 B 分子能与水分子间形成氢键

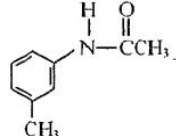
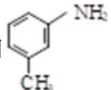
(3)  (4) D 和 G 反应有 HCl 生成,  $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$  能与 HCl 反应降低 HCl 浓度, 促进可逆反应的平衡正向移动

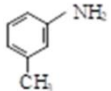
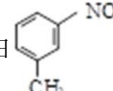


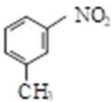
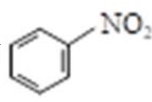
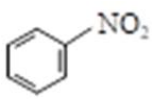
【解析】

【分析】由题干合成流程图可知, 根据 A 和 D 的结构简式结合 B 的分子式以及 A 到 B 的转化条件可知: B

的结构简式为:  , 由 C 的分子式并结合 B 到 C 的转化条件可知, C 的结构简式为:  ;

(6) 本题采用逆向合成法, 根据题干信息 D+G 到 H 的转化信息可知,  可由  和  $\text{CH}_3\text{COCl}$

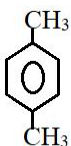
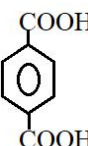
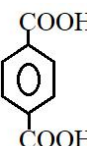
反应合成而来, 根据 F 到 G 的转化信息可知,  可由  与  $\text{H}_2$  在一定条件下反应而来, 根据 E

到 F 的信息可知， 可由  和  $\text{CH}_3\text{Cl}$  合成而来， 则可以由苯的硝化反应而制得，据此即可确定合成路线，据此分析解题。

【小问 1 详解】

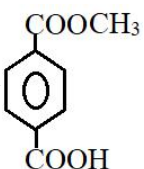
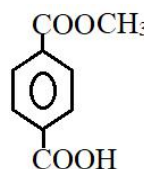
由题干流程图中信息可知， $\text{F} \rightarrow \text{G}$  即  $-\text{NO}_2$  被  $\text{H}_2$  还原为  $-\text{NH}_2$ ，故该反应的反应类型是还原反应，故答案为：还原；

【小问 2 详解】

由分析可知，A 为 ，而 B 为 ，由于  能与  $\text{H}_2\text{O}$  分子间形成氢键，从而增大了溶解度，

故答案为：B 在水中的溶解度大，因为 B 分子能与水分子间形成氢键；

【小问 3 详解】

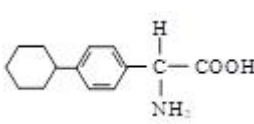
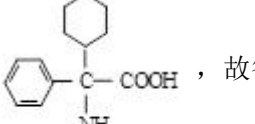
由分析可知，有机物 C 的结构简式为 ，故答案为：；

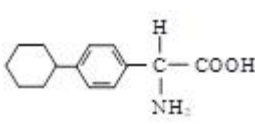
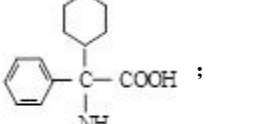
【小问 4 详解】

由题干流程图中 D 和 G 的结构简式可推知，D 和 G 的反应为可逆反应，反应除生成 H 外还有  $\text{HCl}$ ， $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$  能与  $\text{HCl}$  反应降低  $\text{HCl}$  浓度，促进可逆反应的平衡正向移动，故反应时加入有机物  $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$  (一种有机碱) 可提高反应物的平衡转化率，故答案为：D 和 G 反应有  $\text{HCl}$  生成， $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$  能与  $\text{HCl}$  反应降低  $\text{HCl}$  浓度，促进可逆反应的平衡正向移动；

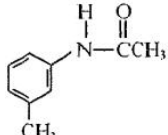
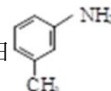
【小问 5 详解】

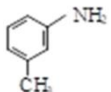
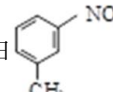
由题干合成流程图信息可知，F 的分子式为： $\text{C}_{14}\text{H}_{19}\text{NO}_2$ ，则 F 满足下列条件：I. 是一种  $\alpha$ -氨基酸，则其既有氨基又有羧基，且连在同一碳原子上；II. 分子中除苯环外，还含有 1 个六元环；III. 分子中含有 9 种不同化学环境的氢原子，该同分异构体的结构简式为：

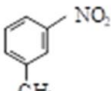
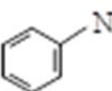
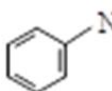
 或 ，故答案为：

 或 ；

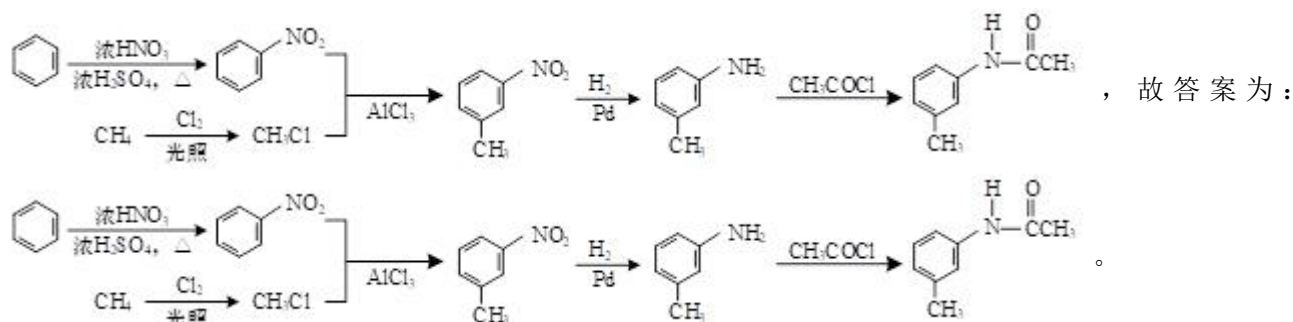
【小问 6 详解】

本题采用逆向合成法，根据题干信息 D+G 到 H 的转化信息可知， 可由  和  $\text{CH}_3\text{COCl}$

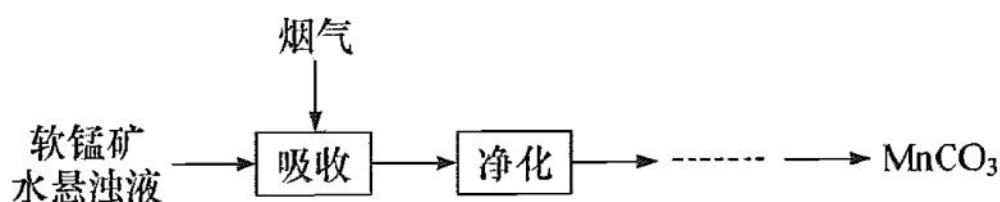
反应合成而来，根据 F 到 G 的转化信息可知， 可由  与  $\text{H}_2$  在一定条件下反应而来，根据 E

到 F 的信息可知， 可由  和  $\text{CH}_3\text{Cl}$  合成而来， 则可以由苯的硝化反应而制

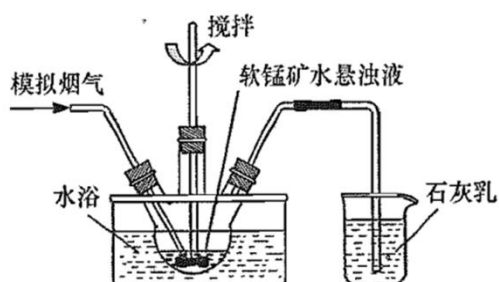
得，据此确定合成路线为：



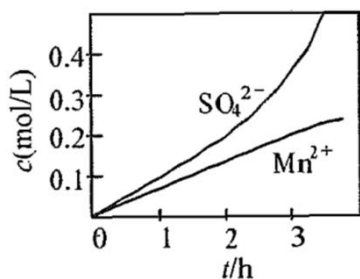
16. 高纯碳酸锰( $\text{MnCO}_3$ )是制备  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$  等锰的氧化物的重要原料。实验室模拟工业用软锰矿(主要成分  $\text{MnO}_2$ ，杂质金属元素 Fe、Al)的水悬浊液吸收烟气中  $\text{SO}_2$ ，制取高纯  $\text{MnCO}_3$  的流程如下：



(1) 吸收过程在如图所示装置中进行，用混有  $\text{SO}_2$  的空气模拟烟气。反应过程中，为使  $\text{SO}_2$  尽可能转化完全，在  $\text{SO}_2$  和空气比例一定、水浴温度一定、不改变固液投料并充分搅拌的情况下，还可采取的合理措施有\_\_\_\_\_ (任写一种)。



(2) 实验测得吸收液中  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度随时间变化的关系如图所示。



①导致吸收液中  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度大于  $\text{Mn}^{2+}$  的原因是\_\_\_\_\_。

②2h 后，吸收液中  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度增大速率加快的原因是\_\_\_\_\_。验证的实验方法是\_\_\_\_\_。

(3) 将三颈烧瓶中的混合物过滤，测得滤液中  $c(\text{Mn}^{2+})=1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，还含有  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$ 。常温下，由 100mL 该滤液制取高纯  $\text{MnCO}_3$  的实验方案为：向溶液中边搅拌边滴加  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{NaOH}$  溶液，\_\_\_\_\_，干燥，得高纯  $\text{MnCO}_3$  固体。[实验中可供选择的试剂有  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{BaCl}_2$  溶液、 $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  溶液、无水乙醇]  
已知： $\text{I.MnCO}_3$  难溶于水和乙醇，在潮湿条件下易被氧化；

II.常温  $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3]=10^{-32.9}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]=10^{-37.4}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2]=10^{-12.8}$ 。当溶液中金属离子的浓度小于  $1\times 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  时认为沉淀完全；

III.加  $\text{NaOH}$  溶液调节 pH 过程中溶液总体积变化忽略不计。

【答案】(1) 减慢模拟烟气的通入速率

(2) ①. 部分  $\text{SO}_2$ (或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) 在溶液中被氧气氧化生成  $\text{SO}_4^{2-}$  ②.  $\text{Mn}^{2+}$  对氧气氧化  $\text{SO}_2$ (或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) 具有催化作用 ③. 取体积相等的蒸馏水和  $\text{MnCl}_2$  溶液，控制其他条件相同，向两份溶液中同时通入含  $\text{SO}_2$  的空气模拟烟气，相同时间后测定溶液中  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度

(3) 同时不断测定溶液 pH，当  $4.7<\text{pH}<7.6$  时停止滴加，过滤，向所得滤液中边搅拌边加入 200 mL  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  溶液，过滤，用蒸馏水洗涤滤渣，至取最后一次洗涤滤液加入  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{BaCl}_2$  溶液无沉淀生成，停止洗涤，再用无水乙醇洗涤滤渣

【解析】

【小问 1 详解】

依据外界条件对反应速率的影响可判断，反应过程中，为使  $\text{SO}_2$  尽可能转化完全，在  $\text{SO}_2$  和空气比例一定、水浴温度一定、不改变固液投料并充分搅拌的情况下，还可采取的合理措施有减慢模拟烟气的通入速率。

【小问 2 详解】

①由于部分  $\text{SO}_2$ (或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) 在溶液中被氧气氧化生成  $\text{SO}_4^{2-}$ ，因此导致吸收液中  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度大于  $\text{Mn}^{2+}$  的。

②由于反应中有锰离子生成，锰离子具有催化作用，因此 2h 后，吸收液中  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度增大速率

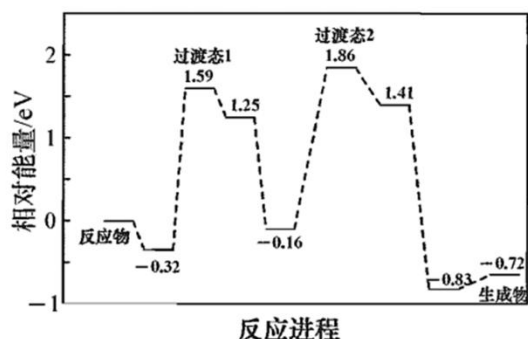
加快的原因是  $\text{Mn}^{2+}$  对氧气氧化  $\text{SO}_2$  (或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) 具有催化作用。验证的实验方法是取体积相等的蒸馏水和  $\text{MnCl}_2$  溶液, 控制其他条件相同, 向两份溶液中同时通入含  $\text{SO}_2$  的空气模拟烟气, 相同时间后测定溶液中  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度。

### 【小问 3 详解】

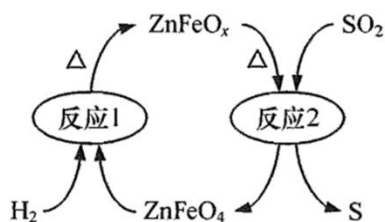
将三颈烧瓶中的混合物过滤, 测得滤液中  $c(\text{Mn}^{2+})=1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 还含有  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$ 。根据溶度积常数可知生成氢氧化锰沉淀时氢氧根的浓度是  $10^{-6.4}\text{mol/L}$ , 为防止生成氢氧化锰沉淀, 溶液的 pH 不能超过 7.6。又因为还需要除去铁离子和铝离子, 根据溶度积常数可知二者完全沉淀时需要的 pH 分别是 4.7、3.2, 因此以及已知信息可知常温下, 由 100mL 该滤液制取高纯  $\text{MnCO}_3$  的实验方案为: 向溶液中边搅拌边滴加  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{NaOH}$  溶液, 同时不断测定溶液 pH, 当  $4.7 < \text{pH} < 7.6$  时停止滴加, 过滤, 向所得滤液中边搅拌边加入 200 mL  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  溶液, 过滤, 用蒸馏水洗涤滤渣, 至取最后一次洗涤滤液加入  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{BaCl}_2$  溶液无沉淀生成, 停止洗涤, 再用无水乙醇洗涤滤渣, 干燥, 得高纯  $\text{MnCO}_3$  固体。

17.  $\text{CO}$ 、 $\text{SO}_2$  及氮氧化物( $\text{NO}_x$ )都是常见的大气污染物, 消除污染并实现资源化利用是化学工作者研究的重要课题。

(1) 水煤气变换[ $\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$ ]可用于生产氢气。我国学者结合实验与计算机模拟结果, 研究了在金催化剂表面上水煤气变换的反应历程, 如图所示, 该历程中决定总反应速率快慢所对应反应的活化能是\_\_\_\_\_。

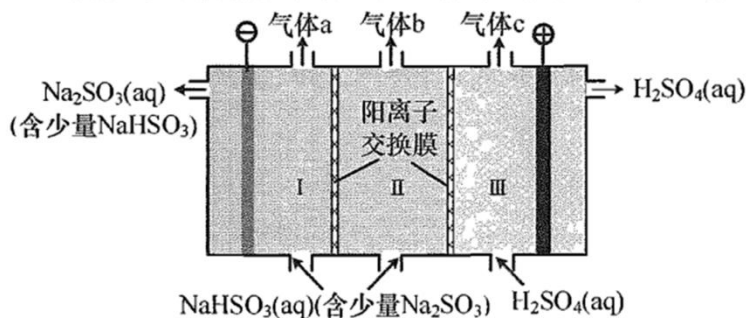


(2) 新型纳米材料氧缺位高铁酸盐( $\text{ZnFeO}_x$ )能将烟气中的  $\text{SO}_2$  除去, 原理如图所示。当  $x=3.5$  时, 转化的  $\text{SO}_2$  和  $\text{H}_2$  的体积比为\_\_\_\_\_。



(3) 工业上用亚硫酸钠溶液作吸收液脱除烟气中的  $\text{SO}_2$ 。吸收后的溶液用双阳离子交换膜电解技术可使吸

收液再生，工作原理如图所示(电极均为惰性电极)。



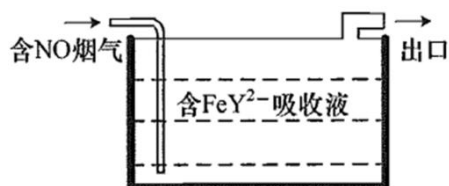
①气体 b 的化学式为\_\_\_\_\_。

②电解时阴极上的电极反应方程式为\_\_\_\_\_。

(4)  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ 与  $\text{Fe}^{2+}$ 生成的络合物  $\text{FeY}^{2-}$ 可用于吸收烟气中的 NO。其吸收原理如下:  $\text{FeY}^{2-}(\text{aq})$



①将含 NO 的烟气以一定流速通入起始温度为  $50^\circ\text{C}$  的  $\text{FeY}^{2-}$  溶液, 装置如图所示。出口处气体中 NO 的含量随通入烟气时间的延长而增加。原因是\_\_\_\_\_。

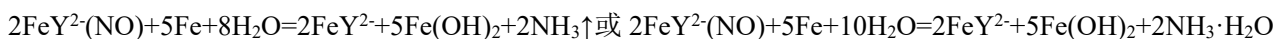


②向  $\text{FeY}^{2-}(\text{NO})(\text{aq})$  中加入铁粉后生成  $\text{NH}_3$  和  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 并使吸收液再生。写出反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

【答案】(1)  $2.02 \text{ eV}$

(2) 1 : 2 (3) ①.  $\text{SO}_2$  ②.  $2\text{HSO}_3^- + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + \text{SO}_3^{2-}$

(4) ①. 反应放热, 温度升高, 不利于 NO 的吸收; 随着反应进行,  $\text{FeY}^{2-}$  浓度降低 ②.



【解析】

【小问 1 详解】

活化能越大, 反应速率越慢, 慢反应决定总反应速率, 该历程中决定总反应速率快慢所对应反应的活化能是(最大活化能)是  $(1.86 + 0.16) \text{ eV} = 2.02 \text{ eV}$ ;

【小问 2 详解】

根据题意,  $\text{SO}_2$  和  $\text{H}_2$  反应生成 S 和  $\text{H}_2\text{O}$ , 所以  $\text{SO}_2$  和  $\text{H}_2$  的体积比为 1:2;

【小问 3 详解】

用双阳离子交换膜电解, III 是阳极, III 中的氢离子透过阳离子交换膜进入 II,  $\text{H}^+$  和  $\text{SO}_3^{2-}$  反应放出  $\text{SO}_2$  气体, 所以气体 b 的化学式为  $\text{SO}_2$ ;

根据图示，电解时阴极上  $\text{HSO}_3^-$  得电子生成  $\text{SO}_3^{2-}$  和氢气，阴极电极反应方程式为  $2\text{HSO}_3^- + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + \text{SO}_3^{2-}$ ；

【小问 4 详解】

①  $\text{FeY}^{2-}(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeY}^{2-}(\text{NO})(\text{aq})$  反应放热，温度升高，不利于 NO 的吸收；随着反应进行， $\text{FeY}^{2-}$  浓度降低，反应速率减慢，所以出口处气体中 NO 的含量随通入烟气时间的延长而增加；

② 向  $\text{FeY}^{2-}(\text{NO})(\text{aq})$  中加入铁粉后，N 元素化合价降低被还原为  $\text{NH}_3$ ，同时生成  $\text{FeY}^{2-}$ ，铁元素化合价升高，铁粉被氧化为  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ，根据得失电子守恒，反应的离子方程式

