

# 高三化学试题

2024.5

本试卷分第 I 卷（选择题）和第 II 卷（非选择题）两部分。满分 100 分，考试时间 90 分钟。

注意事项：

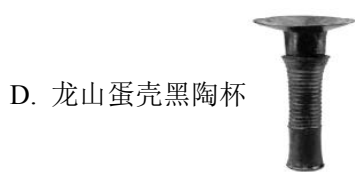
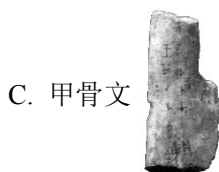
1. 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1 B 11 C 12 O 16 Na 23 S 32 Zn 65

## 第 I 卷（选择题 共 40 分）

一、选择题：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1. 山东博物馆的下列“镇馆之宝”，其主要成分不能与其他三种归为一类的是



【答案】C

【解析】

【分析】红陶兽形器、鲁国大玉璧、龙山蛋壳黑陶杯主要成分都为硅酸盐，属于无机非金属材料，甲骨文材料主要是碳酸钙。

【详解】根据分析知，C 正确；

故选 C。

2. 下列物质的应用中涉及氧化还原反应的是

- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| A. 用 $\text{SO}_2$ 漂白纸浆         | B. 用烧碱处理含高浓度 $\text{NH}_4^+$ 的废水 |
| C. 用 $\text{ClO}_2$ 处理饮用水进行净水消毒 | D. 用纯碱溶液去除物品表面的油污                |

【答案】C

【解析】

【详解】A.  $\text{SO}_2$  漂白纸浆利用了  $\text{SO}_2$  的漂白性， $\text{SO}_2$  与有色物质化合成不稳定的无色物质而漂白，没有涉及氧化还原反应，A 项不符合题意；

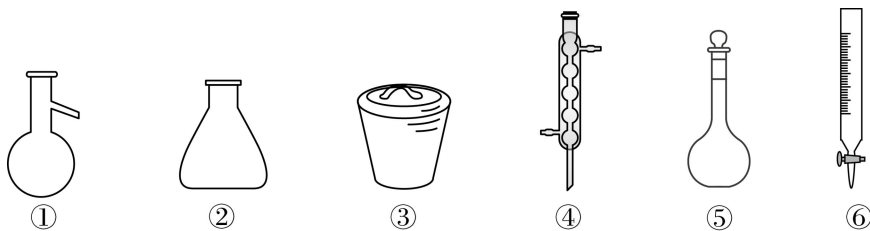
B. 用烧碱处理含高浓度  $\text{NH}_4^+$  的废水， $\text{NH}_4^+$  与  $\text{OH}^-$  发生复分解反应，没有涉及氧化还原反应，B 项不符合题意；

C.  $\text{ClO}_2$  具有强氧化性，用于饮用水的消毒，涉及氧化还原反应，C 项符合题意；

D. 纯碱溶液中由于  $\text{CO}_3^{2-}$  的水解而呈碱性，油污在碱性条件下发生水解，没有涉及氧化还原反应，D 项不符合题意；

答案选 C。

3. 关于下列仪器使用的说法正确的是



- A. 分离苯和溴苯时需要用到①④  
B. 蒸发结晶时需要用到③  
C. 能作为反应容器的仪器为①②⑤  
D. 使用前需进行检漏的仪器为⑤⑥

【答案】D

【解析】

- 【详解】A. 用蒸馏的方法分离苯和溴苯时需要用直形冷凝管，不用球形冷凝管，A 错误；  
B. 蒸发结晶时需要用到蒸发皿，不能用坩埚，B 错误；  
C. 蒸馏烧瓶与锥形瓶能作为反应容器，容量瓶不能作为反应容器，C 错误；  
D. 容量瓶和滴定管使用前需进行检漏，D 正确；

故选 D。

4. 已知 M、R、X、Y、Z 属于短周期元素，M 与 X 同主族，M 单质与 X 单质化合可形成一种漂白性物质；R 可形成三键的单质气体；X、Y、Z 与 R 同周期，且 Z 原子的半径最小，Y 的基态原子价层 p 轨道有 2 个电子。下列说法正确的是

- A. 简单离子半径： $M > Z > R$   
B.  $\text{MX}_3$  与  $\text{RZ}_3$  均为极性分子  
C. 最高价含氧酸酸性： $Z > R > Y$   
D. 第一电离能： $R > X > Y$

【答案】D

【解析】

【分析】已知 M、R、X、Y、Z 属于短周期元素，R 可形成三键的单质气体，R 为 N 元素；M 与 X 同主族，M 单质与 X 单质化合可形成一种漂白性物质，该漂白性物质为  $\text{SO}_2$ ；X、Y、Z 与 R 同周期，且 Z 原子的半径最小，则 X 为 O、Z 为 F、M 为 S；Y 的基态原子价层 p 轨道有 2 个电子，Y 为 C。

【详解】A. M、Z、R 的简单离子依次为  $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{N}^{3-}$ ，根据“层多径大、序大径小”，简单离子半径  $M > R > Z$ ，A 项错误；

B.  $\text{MX}_3$  为  $\text{SO}_3$ ， $\text{SO}_3$  的空间结构为平面正三角形，分子中正负电中心重合， $\text{SO}_3$  为非极性分子， $\text{RZ}_3$  为  $\text{NF}_3$ ， $\text{NF}_3$  的空间结构为三角锥形，分子中正负电中心不重合， $\text{NF}_3$  为极性分子，B 项错误；

C. Z 为 F，F 没有正价、没有最高价含氧酸，C 项错误；

D. R、X、Y 依次为 N、O、C，同周期从左到右主族元素的第一电离能呈增大趋势，第 II A、V A 族大于相邻元素，

则第一电离能： $R > X > Y$ ，D 项正确；

答案选 D。

5. 下列物质鉴别方法（必要时可以加热）错误的是

A. 氨水鉴别： $\text{AlCl}_3$  溶液、 $\text{MgCl}_2$  溶液、 $\text{BaCl}_2$  溶液

B. 溴水鉴别：苯酚溶液、KI 溶液、 $\text{AgNO}_3$  溶液

C. 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液鉴别：甲苯、 $\text{CCl}_4$ 、乙醇

D. 新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液鉴别：乙醇、乙醛、乙酸

【答案】A

【解析】

【详解】A. 氨水与  $\text{AlCl}_3$  溶液生成白色沉淀，氨水与  $\text{MgCl}_2$  溶液生成白色沉淀，氨水与  $\text{BaCl}_2$  溶液无现象，不可鉴别，A 错误；

B. 溴水与苯酚溶液生成白色沉淀，溴水与 KI 溶液得到棕黄色溶液，溴水与  $\text{AgNO}_3$  溶液生成淡黄色沉淀，可鉴别，B 正确；

C. 甲苯能被高锰酸钾溶液氧化，能使高锰酸钾溶液褪色，但得到的是苯甲酸的悬浊液；乙醇也能被高锰酸钾溶液氧化从而使高锰酸钾溶液褪色，乙醇能被氧化为乙酸，得到无色澄清溶液，酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液与  $\text{CCl}_4$  不反应，溶液分层，可鉴别，C 正确；

D. 乙醇无现象，新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液与乙醛在加热条件下会生成砖红色沉淀，乙酸会溶解  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液变成蓝色溶液，可鉴别，D 正确；

故选 A。

6. 用过量的盐酸和  $\text{CuCl}_2$  溶液的混合液作为浸取剂，浸取黄铜矿（ $\text{CuFeS}_2$ ）的流程示意图如下。



下列说法错误的是

A.  $[\text{CuCl}_2]^-$  的中心离子是  $\text{Cu}^+$ ，配体是  $\text{Cl}^-$

B. 参与反应的  $n(\text{CuCl}_2):n(\text{CuFeS}_2) = 3:1$

C. 浸取剂中的  $\text{Cl}^-$  有助于  $\text{CuFeS}_2$  固体的溶解

D. 用浓盐酸和  $\text{FeCl}_3$  溶液的混合液也可能使黄铜矿溶解

【答案】B

【解析】

【分析】将黄铜矿（ $\text{CuFeS}_2$ ）粉碎，加入过量的盐酸和  $\text{CuCl}_2$  溶液的混合液溶解得到  $[\text{CuCl}_2]^-$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  的混合液，所得滤渣的主要成分是 S 和少量  $\text{CuS}$  等，说明发生氧化还原反应，硫元素被氧化，铜元素被还原，据此解答。

【详解】A.  $[\text{CuCl}_2]^-$  中氯元素是 -1 价，铜元素化合价是 +1 价，其中中心离子是  $\text{Cu}^+$ ，配体是  $\text{Cl}^-$ ，A 正确；

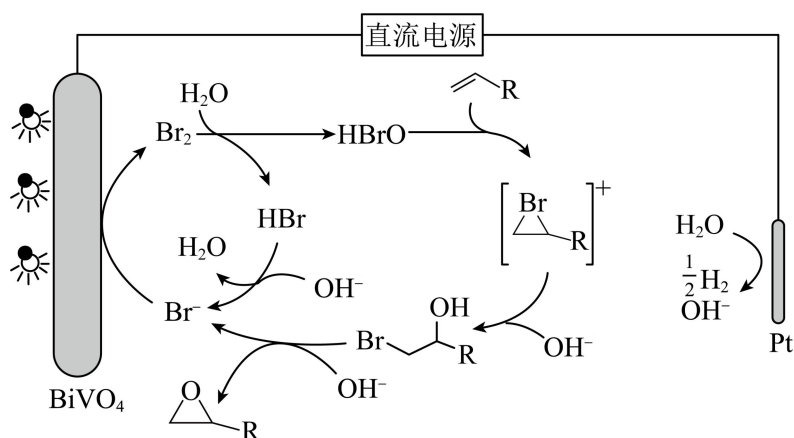
B. 溶解过程中发生的反应为  $\text{CuFeS}_2 + 3\text{CuCl}_2 + 4\text{HCl} = \text{H}[\text{CuCl}_2] + 2\text{S} + \text{FeCl}_2$ ，但由于含有少量  $\text{CuS}$  生成，所以参与反应的  $n(\text{CuCl}_2):n(\text{CuFeS}_2) \neq 3:1$ ，B 错误；

C. 由于生成的亚铜离子能与氯离子结合形成络合物，因此浸取剂中的  $\text{Cl}^-$  有助于  $\text{CuFeS}_2$  固体的溶解，C 正确；

D. 铁离子具有氧化性，因此也能用浓盐酸和  $\text{FeCl}_3$  溶液的混合液也可能使黄铜矿溶解，D 正确；

故答案选 B。

7. 一种以  $\text{NaBr}$  作为电解液，在恒压电解池中光催化烯烃转化为环氧化物的方法如下图所示。下列说法正确的是



A.  $\text{BiVO}_4$  为光电解池的阴极

B. 若 Pt 电极生成 11.2L（标准状况） $\text{H}_2$ ，理论上生成 0.5mol

C. 上述过程中只有极性键的断裂与生成

D. 上述过程中涉及到的有机反应类型均为取代反应

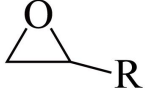
【答案】B

【解析】

【分析】 $\text{BiVO}_4$  电极发生氧化反应， $2\text{Br}^- - 2\text{e}^- = \text{Br}_2$ ，是阳极，则 Pt 电极为阴极，发生还原反应， $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 。

【详解】A.  $\text{BiVO}_4$  电极发生氧化反应， $2\text{Br}^- - 2\text{e}^- = \text{Br}_2$ ，是阳极，A 错误；

B. 根据图示可知，转移 2mol 电子，得到 1mol  $\text{H}_2$  和 1mol  $\text{Br}_2$ ，1mol  $\text{Br}_2$  与水得到 1mol  $\text{HBrO}$ ，又与烯烃得到 1mol

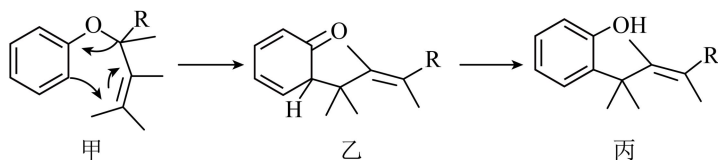
环氧化物，因此若 Pt 电极生成 11.2L（标准状况） $H_2$ ，即  $0.5molH_2$ ，理论上生成  $0.5mol$  ，B 正确；

C.  $Br_2$  与水反应发生非极性键的断裂，C 错误；

D.  $HBrO$  与烯烃发生加成反应，D 错误；

故选 B。

8. 烯丙基芳基醚加热时可以重排生成 O-烯丙基苯酚，这个反应被称为 Claisen 重排。如

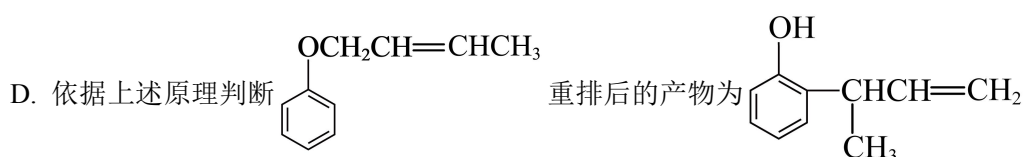


下列说法不正确的是

A. 甲、乙、丙三者属于同分异构体

B. 可用红外光谱鉴别甲、乙、丙

C. 等物质的量乙和丙与足量溴水反应消耗溴的物质的量不相等



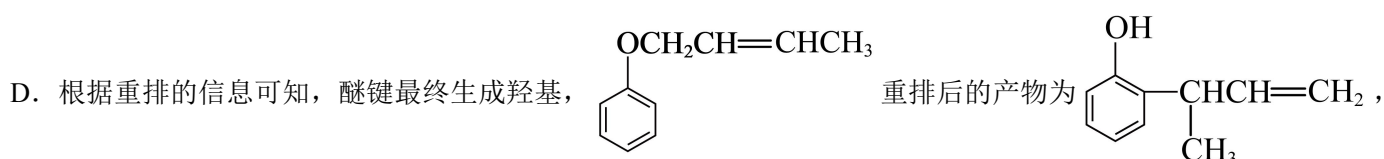
【答案】C

【解析】

【详解】A. 观察甲、乙、丙的结构可知，侧链上一直都有 4 个甲基，在环上总共为 5 个 H 原子，如甲为苯环上是 5 个 H 原子，乙是环上 5 个 H 原子，丙的苯环上是 4 个 H 原子，羟基上是 1 个 H 原子，因此过程中没有小分子生成，是结构的变化，三者互为同分异构体，故 A 正确；

B. 红外光谱主要用于鉴定有机化合物的结构，特别是特征官能团。当已知样品的可能结构时，通过比较已知物与待测样品的红外光谱，可以确认特定的原子团或原子团间的结合，观察甲、乙、丙的结构可知，结构不同，含有的官能团个数和种类也不完全相同，可以用红外光谱鉴别，故 B 正确；

C. 乙中含有的碳碳双键可以与溴水发生加成反应，假设乙、丙为  $1mol$ ，则  $1mol$  乙中有 3 个碳碳双键，可以与  $3molBr_2$  反应， $1mol$  丙中含有  $1mol$  碳碳双键，可以与  $1molBr_2$  反应，含有  $1mol$  酚羟基，其邻对位可以与溴发生取代反应，即与  $2mol$  溴发生取代反应，因此，乙、丙均可以与  $3molBr_2$  反应，等物质的量乙、丙与足量溴水反应消耗溴的物质的量相等，故 C 错误；



故 D 正确；

故答案选 C。

9. 工业碱的主要成分主要是 NaOH 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  或  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  (无其他杂质)。实验室用盐酸做标准溶液, 酚酞和甲基橙双指示剂来滴定测定工业碱的组成和含量。已知室温下  $\text{NaHCO}_3$  溶液的 pH 为 8.32, 饱和  $\text{H}_2\text{CO}_3$  溶液的 pH 为 3.89。实验步骤如下:

- ①量取  $6.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸 5.0mL 加入到 245mL 蒸馏水中混合均匀备用。
- ②称取 1.06g 无水  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  置于小烧杯中, 加入适量蒸馏水溶解并转移到 100mL 容量瓶中, 定容摇匀后转移到试剂瓶中备用。
- ③量取 15.00mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, 加 1~2 滴甲基橙, 用标准盐酸滴定至溶液由黄色变橙色, 3 次平行实验所用盐酸平均体积为  $V \text{ mL}$ , 计算标准盐酸浓度。
- ④称取一定质量的工业碱置于烧杯中, 加入适量蒸馏水溶解, 配置成 250mL 溶液。量取 25.00mL 于锥形瓶中, 加入指示剂 1, 用标准盐酸滴定至终点 1, 记录所用盐酸体积; 再加入指示剂 2, 继续用标准盐酸滴定至终点 2, 记录所用盐酸体积。进行 3 次平行实验, 终点 1 所用标准盐酸平均体积  $V_1 \text{ mL}$ , 终点 2 所用标准盐酸平均体积为  $V_2 \text{ mL}$ 。

下列说法错误的是

- A. 步骤①中用到两种量程的量筒
- B. 装待测液的滴定管应用待测液润洗 2~3 次
- C. 配制  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液定容时俯视, 会导致标准盐酸浓度偏大
- D. 终点 2 的现象是滴入最后半滴标准盐酸, 溶液红色恰好消失

【答案】D

【解析】

- 【详解】A. 步骤①中用到 10mL、250mL 两种量程的量筒, 故 A 正确;
- B. 用滴定管量取待测液时, 为避免造成浓度偏差, 应用待测液润洗 2~3 次, 故 B 正确;
- C. 配制  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液定容时俯视, 溶液体积偏小, 则  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液浓度偏高, 消耗盐酸体积偏大, 会导致标准盐酸浓度偏大, 故 C 正确;
- D. 甲基橙的变色范围是  $\text{pH} \leq 3.1$  时变红,  $3.1 \sim 4.4$  时呈橙色,  $\text{pH} \geq 4.4$  时变黄, 工业碱溶于水溶液呈碱性, 用标准盐酸滴定至溶液由黄色变橙色, 溶液变为酸性, 则终点 2 的现象是滴入最后半滴标准盐酸, 溶液由橙色变为红色, 且半分钟内不恢复为橙色, 故 D 错误;

故选 D。

10. 工业碱的主要成分主要是 NaOH 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  或  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  (无其他杂质)。实验室用盐酸做标准溶液, 酚酞和甲基橙双指示剂来滴定测定工业碱的组成和含量。已知室温下  $\text{NaHCO}_3$  溶液的 pH 为 8.32, 饱和  $\text{H}_2\text{CO}_3$  溶

液的 pH 为 3.89。实验步骤如下：

①量取  $6.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸 5.0mL 加入到 245mL 蒸馏水中混合均匀备用。

②称取 1.06g 无水  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  置于小烧杯中，加入适量蒸馏水溶解并转移到 100mL 容量瓶中，定容摇匀后转移到试剂瓶中备用。

③量取 15.00mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，加 1~2 滴甲基橙，用标准盐酸滴定至溶液由黄色变橙色，3 次平行实验所用盐酸平均体积为  $V \text{ mL}$ ，计算标准盐酸浓度。

④称取一定质量的工业碱置于烧杯中，加入适量蒸馏水溶解，配置成 250mL 溶液。量取 25.00mL 于锥形瓶中，加入指示剂 1，用标准盐酸滴定至终点 1，记录所用盐酸体积；再加入指示剂 2，继续用标准盐酸滴定至终点 2，记录所用盐酸体积。进行 3 次平行实验，终点 1 所用标准盐酸平均体积  $V_1 \text{ mL}$ ，终点 2 所用标准盐酸平均体积为  $V_2 \text{ mL}$ 。

下列说法正确的是

A. 标准盐酸的浓度为  $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B. 步骤③中  $V$  可能等于 12.50mL

C. 若  $V_1 > V_2$ ，试样的成分为 NaOH 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

D. 若  $V_1 = 12.00 \text{ mL}$ ， $V_2 = 20.00 \text{ mL}$ ，则  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的质量分数为 34.57%

【答案】C

【解析】

【分析】根据步骤②，碳酸钠浓度为  $\frac{1.06}{\frac{106}{0.1 \text{ L}}} \text{ mol} = 0.1 \text{ mol} / \text{L}$ ，步骤③中用标准盐酸滴定至溶液由黄色变橙色，说明发生  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

【详解】A. 如果盐酸 5.0mL 加入到 245mL 蒸馏水中混合是 250mL，标准盐酸的浓度为  $\frac{6 \times 5}{250} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，因为分子间有空隙，所以标准盐酸的浓度不为  $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，A 错误；

B. 根据分析知， $n(\text{HCl}) = 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \times 0.1 \times 15 \times 10^{-3} \text{ mol} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ，因此如果标准盐酸的浓度为

$0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则步骤③中  $V$  可能等于  $\frac{3 \times 10^{-3}}{0.12} \text{ L} = 25 \text{ mL}$ ，B 错误；

C. 如果试样的成分为 NaOH 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，用标准盐酸滴定至终点 1，NaOH 与盐酸完全反应， $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与盐酸生成碳酸氢钠，继续用标准盐酸滴定至终点 2，发生碳酸氢钠与盐酸的反应，根据  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$ ， $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，可知  $V_1 > V_2$ ，C 正确；

D. 若  $V_1 = 12.00 \text{ mL}$ ， $V_2 = 20.00 \text{ mL}$ ，则成分是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$ ，用标准盐酸滴定至终点 1，发生



$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$ ,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \times 12 \times 10^{-3} \text{ L}$ , 又生成  $\text{NaHCO}_3$  物质的量为

$c(\text{HCl}) \times 12 \times 10^{-3} \text{ L}$ , 则  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{HCl}) \times 12 \times 10^{-3} \text{ L} \times 106 \text{ g/mol}$ , 继续用标准盐酸滴定至终点 2,

$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ,  $n(\text{NaHCO}_3) = n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \times 20 \times 10^{-3} \text{ L}$ , 则原来的

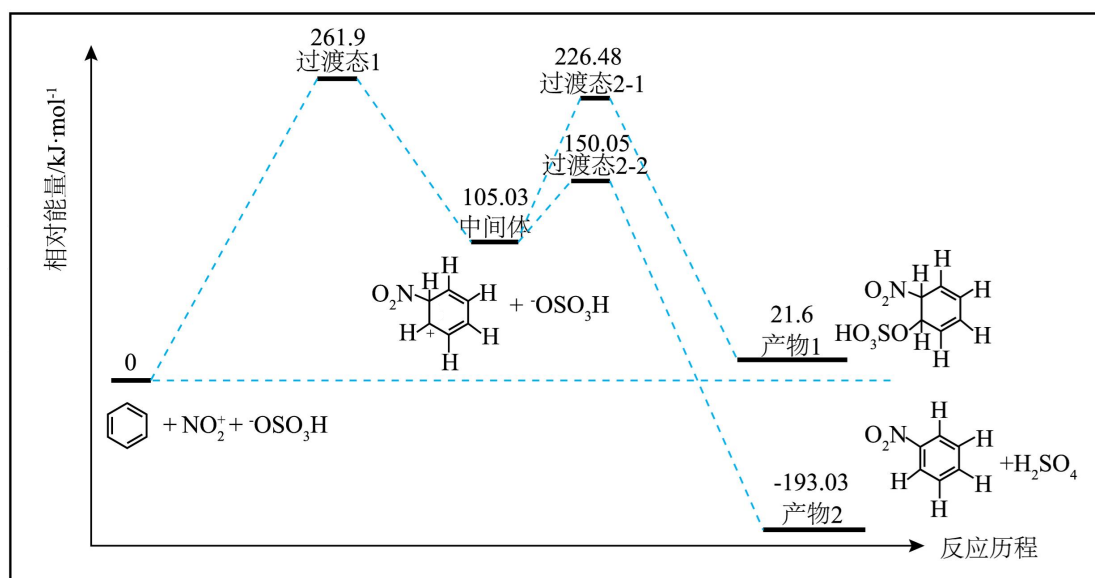
$n(\text{NaHCO}_3) = c(\text{HCl}) \times 8 \times 10^{-3} \text{ L}$ , 原来的  $m(\text{NaHCO}_3) = c(\text{HCl}) \times 8 \times 10^{-3} \text{ L} \times 84 \text{ g/mol}$ , 则  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的质量分数

为  $\frac{c(\text{HCl}) \times 12 \times 10^{-3} \text{ L} \times 106 \text{ g/mol}}{c(\text{HCl}) \times 8 \times 10^{-3} \text{ L} \times 84 \text{ g/mol} + c(\text{HCl}) \times 12 \times 10^{-3} \text{ L} \times 106 \text{ g/mol}} \times 100\% = 65.4\%$ , D 错误;

故选 C。

二、选择题：本题共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题目要求，全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。

11. 在浓硫酸作用下，苯与浓硝酸发生反应的反应历程如图。下列说法错误的是



- A. 生成中间体时碳的杂化方式未发生改变
- B. 生成中间体的反应为决速步骤
- C. 产物 1 为加成反应的产物
- D. 动力学和热力学优势产物均为产物 2

【答案】A

【解析】

【详解】A. 反应物苯中碳的杂化方式为  $\text{sp}^2$  杂化，生成的中间体中碳的杂化方式既有双键碳的  $\text{sp}^2$  杂化、又有饱和碳原子的  $\text{sp}^3$  杂化，所以碳原子的杂化发生了改变，故 A 错误；

B. 由图可知，生成中间体的反应的活化能最大，化学反应速率最慢，所以生成中间体的反应为决速步骤，故 B 正确；

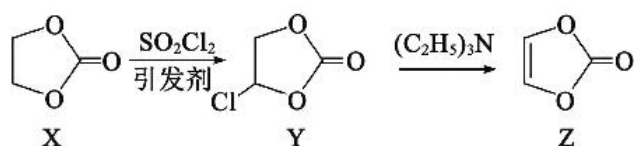
C. 对比苯和产物 1 的结构简式可知，反应过程相当于在苯的两个邻位碳上各加一个原子团，其中一个加硝基、另一个加-OSO<sub>3</sub>H，即产物 1 为加成反应的产物，故 C 正确；



D. 由图示可知，生成产物 2 的反应的活化能更小，化学反应速率更快，即动力学优势产物为产物 2，产物 2 的能量更低、更稳定，即热力学优势产物为产物 2，故 D 正确；

故答案为：A。

12. 碳酸亚乙烯酯是有效的锂离子电池电解液的有机成膜添加剂，其合成路线如下图所示。



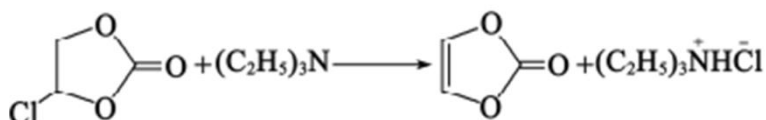
已知：双键碳连羟基不稳定，会异构化，如：
$$\text{CH}_2=\text{C}(\text{OH})-\text{R} \rightarrow \text{CH}_3-\text{C}(\text{O})-\text{R}$$
。下列说法错误的是

A. X 的核磁共振氢谱有 1 组峰

B. Y 含有 2 个手性碳原子

C. Z 的水解有机产物存在顺反异构

D. Y→Z 的化学方程式：



【答案】BC

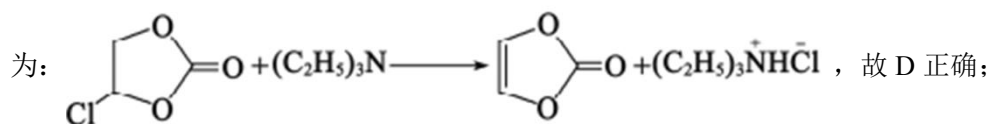
【解析】

【详解】A. 由 X 的结构简式可知 X 就有对称性，只含一种 H，故 A 正确；

B. Y 中只有氯原子所连碳原子为手性碳原子，故 B 错误；

C. Z 的水解的直接产物中羟基连在碳碳双键上，该结构不稳定会发生异构化，不再存在碳碳双键，因此不存在顺反异构，故 C 错误；

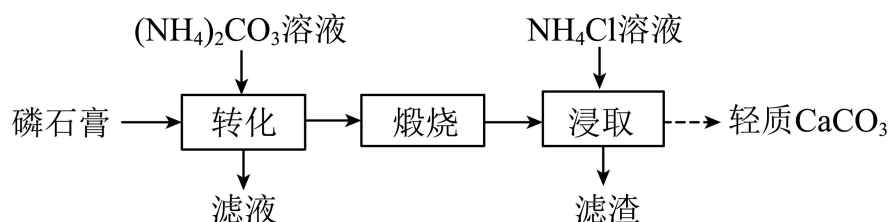
D. 对比结构可知 Y 相当于发生消去反应生成 HCl 和 Z，HCl 与  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$  发生反应得到  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{NH}^+\text{Cl}^-$ ，反应方程式



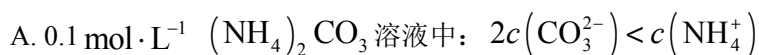
故选：BC。

13. 以磷石膏（含  $\text{CaSO}_4$  和少量  $\text{SiO}_2$  等）为原料制备轻质  $\text{CaCO}_3$  的部分流程如题图。室温下，

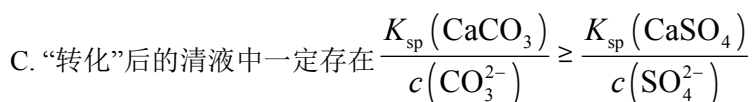
$K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.5 \times 10^{-7}$ ， $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.7 \times 10^{-11}$ ， $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}$ 。



下列说法错误的是



B. 滤渣中含有  $\text{SiO}_2$



【答案】BC

【解析】

【分析】磷石膏（含  $\text{CaSO}_4$  和少量  $\text{SiO}_2$ ）中加入  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液， $\text{CaSO}_4$  转化为  $\text{CaCO}_3$ ，过滤后的滤渣煅烧时  $\text{CaCO}_3$  与  $\text{SiO}_2$  反应生成  $\text{CaSiO}_3$ ， $\text{CaCO}_3$  分解成  $\text{CaO}$ ，然后加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸取，浸取后的滤液经系列步骤得到轻质  $\text{CaCO}_3$ 。

【详解】A.  $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3)$ ，根据“越弱越水解”说明  $\text{CO}_3^{2-}$  的水解程度大于  $\text{NH}_4^+$  的水解程度，故  $2c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{NH}_4^+)$ ，A 项正确；

B. 转化后的滤渣中含  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{SiO}_2$ ，煅烧时  $\text{CaCO}_3$  会与  $\text{SiO}_2$  反应生成  $\text{CaSiO}_3$  和  $\text{CO}_2$ ，故滤渣中含  $\text{CaSiO}_3$ ，B 项错误；

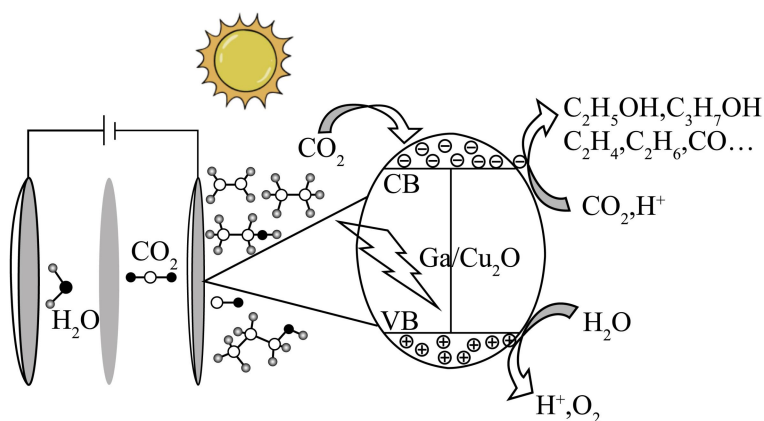
C. “转化”后的清液对  $\text{CaCO}_3$  一定是饱和溶液，对  $\text{CaSO}_4$  可能是不饱和溶液，故溶液中  $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})}$ 、

$c(\text{Ca}^{2+}) \leq \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})}$ ，故  $\frac{K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})} \leq \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})}$ ，C 项错误；

D. 根据分析，“浸取”时  $\text{NH}_4\text{Cl}$  与  $\text{CaO}$  反应生成  $\text{CaCl}_2$ ，反应的离子方程式为  $\text{CaO} + 2\text{NH}_4^+ = \text{Ca}^{2+} + 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，D 项正确；

答案选 BC。

14. 光电催化  $\text{CO}_2$  还原为含 C 化合物，不仅实现了  $\text{CO}_2$  的高效转化和利用，并且为合成碳氢化合物提供了一条新的途径，其工作原理如下。下列分析错误的是



A. 装置中隔膜为质子交换膜

B. 该装置的能量来源是光能和电能

C. 阴极产生乙烯的电极反应为:  $2\text{CO}_2 + 12\text{e}^- + 12\text{H}^+ = \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$

D. 每产生 32g 氧气, 电路中转移电子数为  $4N_A$

【答案】D

【解析】

【分析】阳极发生氧化反应,  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ , 阴极发生还原反应,  $\text{CO}_2$  还原为含 C 化合物。

【详解】A. 根据图示知, 氢离子参与反应, 故为质子交换膜, A 正确;

B. 根据图示知, 该装置的能量来源是光能和电能, B 正确;

C. 根据电荷、原子守恒, 阴极产生乙烯的电极反应为:  $2\text{CO}_2 + 12\text{e}^- + 12\text{H}^+ = \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ , C 正确;

D. 氧气如果只来源于阳极反应, 根据  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ , 每产生 32g 氧气, 电路中转移电子数为  $4N_A$ ,

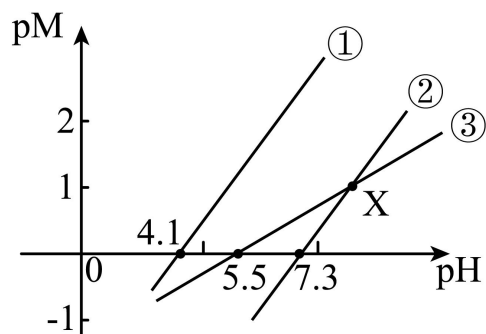
但是根据图知, 阴极也生成氧气, D 错误;

故选 D。

15. 298K 时, 用 NaOH 溶液分别滴定等物质的量浓度的 HR、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$  三种溶液。pM [p 表示负对

数, M 表示  $\frac{c(\text{HR})}{c(\text{R}^-)}$ 、 $c(\text{Al}^{3+})$ 、 $c(\text{Ce}^{3+})$ ] 随溶液 pH 变化的关系如图所示。已知: 常温下,

$K_{\text{sp}}[\text{Ce}(\text{OH})_3] > K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3]$ , 当离子浓度  $< 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 该离子完全沉淀。下列推断正确的是



A. ①代表滴定  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$  溶液的变化关系

B. 调节 pH=5 时, 溶液中  $\text{Al}^{3+}$  完全沉淀

C. 滴定 HR 溶液至 X 点时, 溶液中:  $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

D. 经计算,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  不能完全溶于 HR 溶液

【答案】CD

【解析】

【分析】 $\text{Ce}(\text{OH})_3$  和  $\text{Al}(\text{OH})_3$  的类型相同, 用 NaOH 溶液滴定等物质的量浓度的  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$  溶液时 pM 随溶液 pH 变化的关系线应平行, 则①和②表示滴定此两溶液, ③代表滴定 HR 溶液的变化关系; 由于常温下

$K_{sp}[\text{Ce}(\text{OH})_3] > K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]$ , 故①代表滴定  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  溶液的变化关系、②代表滴定  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$  溶液的变化关系; 由

①的  $\text{pH}=4.1$  时  $\text{pM}=0$  可计算  $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]=c(\text{Al}^{3+})c^3(\text{OH}^-)=1 \times \left(\frac{10^{-14}}{10^{-4.1}}\right)^3=10^{-29.7}$ , 由②的  $\text{pH}=7.3$  时  $\text{pM}=0$  可计算

$K_{sp}[\text{Ce}(\text{OH})_3]=c(\text{Ce}^{3+})c^3(\text{OH}^-)=1 \times \left(\frac{10^{-14}}{10^{-7.3}}\right)^3=10^{-20.1}$ , 由③的  $\text{pH}=5.5$  时  $\text{pM}=0$  可计算  $K_a(\text{HR})=\frac{c(\text{H}^+)c(\text{R}^-)}{c(\text{HR})}=10^{-5.5}$ 。

【详解】A. 根据分析, ①代表滴定  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  溶液的变化关系, A 项错误;

B. 调节  $\text{pH}=5$  时, 溶液中  $c(\text{Al}^{3+})=\frac{K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)}=\frac{10^{-29.7}}{(10^{-9})^3}\text{mol/L}=10^{-2.7}\text{mol/L}>10^{-5}\text{mol/L}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  没有完全沉淀, B 项

错误;

C. 由图可知, 滴定 HR 至 X 点时溶液的  $\text{pH}>7.3$ , 溶液呈碱性, 溶液中  $c(\text{Na}^+)>c(\text{OH}^-)>c(\text{H}^+)$ , C 项正确;

D. 反应  $\text{Al}(\text{OH})_3+3\text{HR} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+}+3\text{R}^-+3\text{H}_2\text{O}$  的平衡常数

$$K=\frac{c(\text{Al}^{3+})c^3(\text{R}^-)}{c^3(\text{HR})}=\frac{c(\text{Al}^{3+})c^3(\text{R}^-)c^3(\text{OH}^-)c^3(\text{H}^+)}{c^3(\text{HR})c^3(\text{OH}^-)c^3(\text{H}^+)}=\frac{K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]K_a^3(\text{HR})}{K_w^3}=\frac{10^{-29.7} \times (10^{-5.5})^3}{(10^{-14})^3}=10^{-4.2} \ll 10^5,$$

$\text{Al}(\text{OH})_3$  不能完全溶于 HR 溶液, D 项正确;

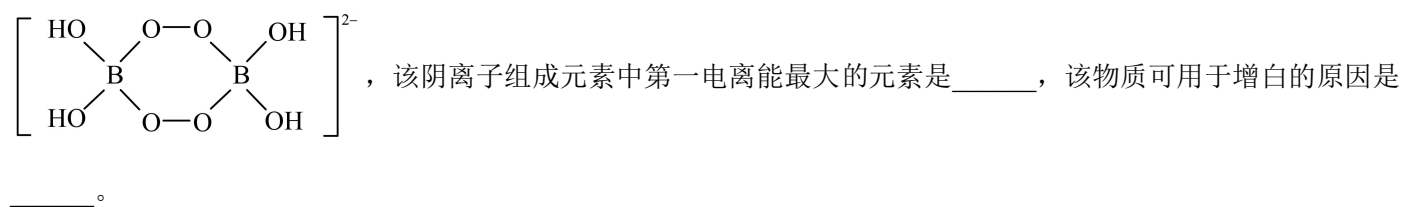
答案选 CD。

## 第 II 卷 (非选择题 共 60 分)

### 三、非选择题: 本题包括 5 小题, 共 60 分。

16. 硼族元素可形成许多结构和性质特殊的化合物, 回答下列问题:

(1) 过硼酸钠  $\text{Na}_2[\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4]$  被用于洗衣粉中作增白剂, 其阴离子结构如图所示

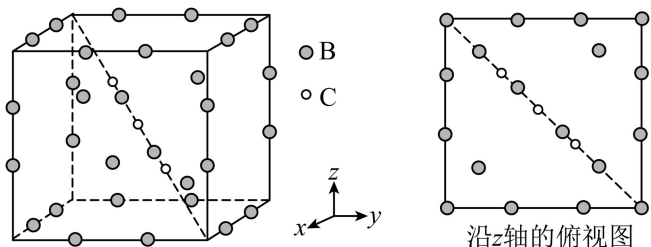


(2) 硼酸三甲酯  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{B}$  由硼酸  $\text{H}_3\text{BO}_3$  和甲醇互相反应而制得。熔沸点  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{B}$  \_\_\_\_\_  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (填 “>” 或 “<” 或 “=”), 原因是\_\_\_\_\_。比较  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{B}$  和  $\text{H}_3\text{BO}_3$  中  $\text{O}-\text{B}-\text{O}$  键角的大小顺序是

$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{B}$  \_\_\_\_\_  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (填 “>” 或 “<” 或 “=” )。

(3) 氮化硼晶体有多种结构, 六方相氮化硼结构与石墨相似, 但不具有导电性。六方氮化硼中与 B 距离最近且相等的 B 有\_\_\_\_\_个。

(4) 科学家利用  $\text{B}_2\text{O}_3$  和过量碳高温条件下合成一种非常坚硬的物质, 其结构如图所示, 该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_, 晶胞参数:  $a=b=c$  (单位 nm),  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ 。若  $N_A$  为阿伏伽德罗常数的值, 则该晶体的密度为\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。



【答案】(1) ①. O ②. 过硼酸根中含有过氧键，具有强氧化性，具有漂白性。

(2) ①. < ②. 二者均为分子晶体，硼酸能形成分子间氢键，硼酸三甲酯不能形成分子间氢键 ③. =

(3) 6 (4) ①.  $2\text{B}_2\text{O}_3 + 7\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{B}_4\text{C} + 6\text{CO}$  ②.  $\frac{168}{abcN_A} \cdot 10^{-21}$

【解析】

【小问 1 详解】

阴离子结构为  $\left[ \begin{array}{ccc} \text{HO} & \text{O-O} & \text{OH} \\ & \diagdown \quad \diagup & \\ & \text{B} & \text{B} \\ & \diagup \quad \diagdown & \\ \text{HO} & \text{O-O} & \text{OH} \end{array} \right]^{2-}$ ，同一周期主族元素第一电离能从左往右逐渐增大，同主族元素第一电离

能从上往下逐渐减小，可知第一电离能最大的元素是 O；该物质可用于增白的原因是：过硼酸根中含有过氧键，具有强氧化性，具有漂白性，故答案为：O；过硼酸根中含有过氧键，具有强氧化性，具有漂白性。

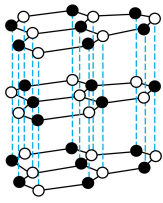
【小问 2 详解】

硼酸三甲酯、硼酸均为分子晶体，硼酸能形成分子间氢键，硼酸三甲酯不能形成分子间氢键，因此熔沸点  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{B}$

小于  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ；硼酸  $\left( \begin{array}{c} \text{HO} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{B} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{OH} \end{array} \right)$  和  $\text{CH}_3\text{OH}$  互相反应生成硼酸三甲酯  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{B}$ ，中心原子 B 的价层电子对数

均为 3，杂化类型是  $\text{sp}^2$ ，没有孤电子对，为平面三角形，因此  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{B}$  和  $\text{H}_3\text{BO}_3$  中  $\text{O}-\text{B}-\text{O}$  键角相等，故答案为：<；二者均为分子晶体，硼酸能形成分子间氢键，硼酸三甲酯不能形成分子间氢键；=。

【小问 3 详解】

六方氮化硼的结构与石墨类似，，观察结构可知与 B 距离最近且相等有 6 个 B 原子，故答案为：6。

六方氮化硼

【小问 4 详解】

根据沿 Z 轴的俯视图可知，B 原子位于棱上和体心，C 原子位于体心，则 B 原子有  $\frac{1}{4} \times 24 + 6 = 12$  个，C 原子有 3

个，则化学式为  $\text{B}_4\text{C}$ ， $\text{B}_2\text{O}_3$  和过量碳高温条件下反应，过量碳生成的是 CO，化学方程式为：

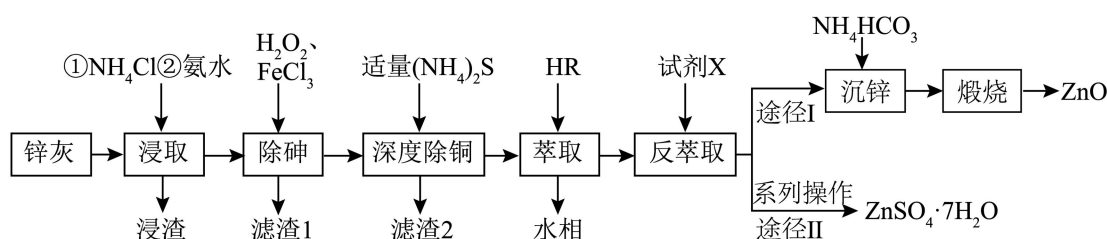
$2\text{B}_2\text{O}_3 + 7\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{B}_4\text{C} + 6\text{CO}$ ；晶胞参数： $a = b = c$ （单位 nm）， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ，若  $N_A$  为阿伏伽德罗常数的

值，则该晶体的密度为： $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{56\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{N_A \text{mol}^{-1}} \times 3}{(abc \times 10^{-7})^3} = \frac{168}{abcN_A \cdot 10^{-21}} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，故答案为： $2\text{B}_2\text{O}_3 + 7\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{B}_4\text{C} + 6\text{CO}$ ；

$$\frac{168}{abcN_A \cdot 10^{-21}}。$$

17. 利用热镀锌厂在生产过程中产生的副产品锌灰（主要成分为  $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  及少量  $\text{As}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{PbO}$  等）为原

料制备氧化锌或皓矾（ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）工艺流程如下：



已知：①“浸取”时， $\text{ZnO}$  和  $\text{CuO}$  转化为  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  进入溶液；

②25℃时， $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = 6.4 \times 10^{-36}$ ， $K_{\text{sp}}(\text{ZnS}) = 1.6 \times 10^{-24}$ ；

③深度除杂标准：溶液中  $\frac{n(\text{杂质离子})}{n\{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}} \leq 2.0 \times 10^{-6}$ ；

④有机萃取剂（用  $\text{HR}$  表示）可萃取出  $\text{Zn}^{2+}$ ，其萃取原反应为： $2\text{HR} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{ZnR}_2 + 2\text{H}^+$ 。

(1) 浸渣中含有的物质包括  $\text{PbOCl}$ 、\_\_\_\_\_。

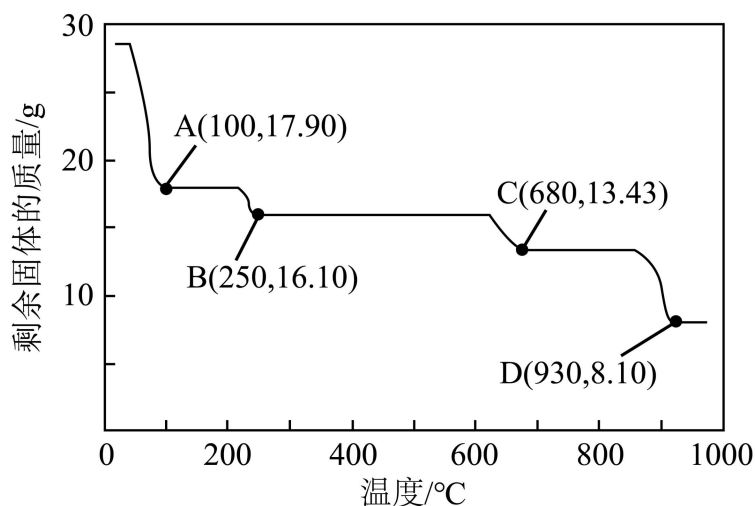
(2) 除砷时， $\text{AsO}_3^{3-}$  转化为  $\text{FeAsO}_4$  沉淀，写出该反应的离子方程式\_\_\_\_\_。

(3) 若深度除铜所得滤液中  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  的浓度为  $0.2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则溶液中  $\text{S}^{2-}$ （不考虑水解）浓度至少为 \_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，才能达到深度除杂标准。

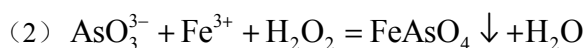
(4) 反萃取加入的 X 最佳物质为\_\_\_\_\_。

(5) “沉锌”过程获得  $\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{ZnCO}_3$ ，离子方程式为\_\_\_\_\_。

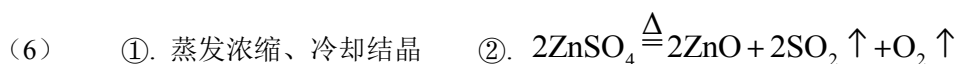
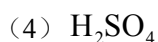
(6) 获取皓矾的一系列操作包括\_\_\_\_\_、过滤、洗涤、干燥。取 28.7g 产品加热至不同温度，剩余固体的质量变化如图所示。已知  $\text{B} \rightarrow \text{D}$  的过程中产生两种气体，分析数据，写出该过程的化学方程式\_\_\_\_\_。



【答案】(1)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Pb}$



(3)  $1.6 \times 10^{-29}$



【解析】

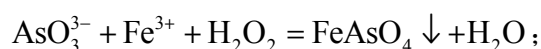
【分析】“浸取”时， $\text{ZnO}$  和  $\text{CuO}$  转化为  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  进入溶液， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ， $\text{As}_2\text{O}_3$  转化为  $\text{AsO}_3^{3-}$ ， $\text{PbO}$  转化为  $\text{PbOCl}$  与  $\text{Pb}$ ，除砷时， $\text{AsO}_3^{3-}$  转化为  $\text{FeAsO}_4$  沉淀，加入硫化铵深度除铜，用有机萃取剂（用  $\text{HR}$  表示）萃取出  $\text{Zn}^{2+}$ ，加入  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反萃取，途径 1 加入碳酸氢铵转化为碳酸锌，煅烧得氧化锌，途径 2 经一系列操作得到  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

【小问 1 详解】

根据分析知，浸渣中含有的物质包括  $\text{PbOCl}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Pb}$ ；

【小问 2 详解】

除砷时， $\text{AsO}_3^{3-}$  与过氧化氢发生氧化还原反应，根据得失电子守恒以及电荷、原子守恒，离子方程式为



【小问 3 详解】

深度除杂标准：溶液中  $\frac{n(\text{杂质离子})}{n\{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}} \leq 2.0 \times 10^{-6}$ ，若深度除铜所得滤液中  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  的浓度为





$\text{CCl}_4$	154	无色液体	-22.6/76.8℃	微溶于水，易溶于醇和醚
无水 $\text{AlCl}_3$	133.5	白色粉末	197/180(升华)℃	溶于水并强烈水解，溶于醇、醚 并放热
二苯酮	182	白色晶体	48.5/305.4℃	不溶于水，易溶于醇和醚

### 实验步骤

步骤一：按图示安装仪器，并检验装置的气密性

步骤二：称取  $m$  g 无水氯化铝，置于三颈烧瓶中，再加入 4.7mL (0.05mol) 四氯化碳。

将三颈烧瓶在冷水浴中冷却到 10~15℃，缓慢滴加 2.7mL (0.03mol) 无水苯及 2.3mL 四氯化碳混合液，维持反应温度在 5~10℃ 之间。

步骤三：在 10℃ 左右继续搅拌 1 小时。然后将三颈烧瓶没入冰水浴，在搅拌下慢慢滴加 30mL 水。改为蒸馏装置，蒸去四氯化碳及少量未反应的苯，在加热套上蒸馏 0.5h，并促使二苯二氯甲烷水解完全。

步骤四：分出下层粗产品，水层用蒸出的四氯化碳萃取一次，合并后用无水硫酸镁干燥。先在常压下蒸出四氯化碳，温度升至 90℃ 左右时停止加热，再减压蒸馏出二苯酮。

(1) 球形干燥管的作用\_\_\_\_\_。

(2) 一般要称取高于催化剂量的氯化铝，原因\_\_\_\_\_。

(3) 图乙中毛细管的作用\_\_\_\_\_。

(4) 需减压蒸出二苯酮的原因\_\_\_\_\_。

(5) ①若步骤三、四操作忽略水体积的变化，则萃取完成后，为了测定二苯酮水解后溶液中  $\text{Cl}^-$  浓度，取 10mL 水层溶液，选用\_\_\_\_\_ (填序号) 做指示剂，用  $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的硝酸银溶液进行滴定，滴定终点消耗  $V \text{ mL}$ ，达到滴定终点的现象为\_\_\_\_\_。

A. NaCl 溶液

B. NaBr 溶液

C. NaCN 溶液

D.  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  溶液

难溶物	AgCl	AgBr	AgCN	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4$
颜色	白色	浅黄色	白色	砖红色
$K_{\text{sp}}$	$1.77 \times 10^{-10}$	$5.4 \times 10^{-14}$	$2.7 \times 10^{-16}$	$1.12 \times 10^{-12}$

②若步骤四蒸馏出的产品不纯，需用\_\_\_\_\_ (填标号) 进行重结晶进一步提纯得到  $n$  克二苯酮：

A. NaOH 溶液

B. 乙醇

C. 盐酸

D. 水

E. 石油醚

通过计算可知，步骤三、四操作过程中产品的损耗率为\_\_\_\_\_ (列出计算式，产品损耗率 =  $\frac{\text{产品损失量}}{\text{产品理论量}} \times 100\%$ )。

【答案】(1) 防止空气中水蒸气进入，导致氯化铝水解失效

(2) 氯化铝可与产物酮络合失效而损失

(3) 提供气化中心，防止暴沸

(4) 降低二苯酮的沸点，防止氯化铝升华

(5) ①. D ②. 滴入最后半滴标准液后，生成砖红色沉淀，且半分钟内沉淀不溶解 ③. BE ④.

$$\frac{\frac{av \times 10^{-3} \times 3}{2} \times 182 - n}{\frac{0.03}{2} \times 182} \times 100\%$$

【解析】

【小问 1 详解】

因为无水氯化铝溶于水并强烈水解，所以球形干燥管的作用防止空气中水蒸气进入，导致氯化铝水解失效；

【小问 2 详解】

因为氯化铝可与产物酮络合失效而损失，所以一般要称取高于催化剂量的氯化铝；

【小问 3 详解】

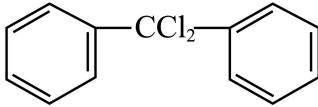
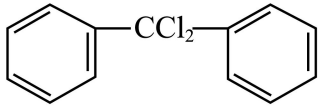
图乙中毛细管的作用提供气化中心，防止暴沸；

【小问 4 详解】

减压蒸馏可以降低二苯酮的沸点，防止氯化铝升华，所以需减压蒸出二苯酮；

【小问 5 详解】

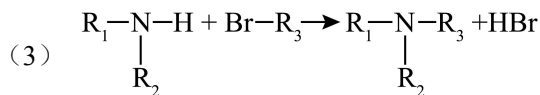
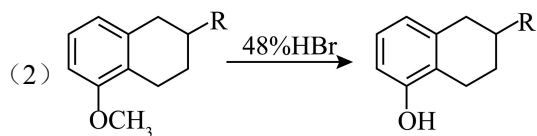
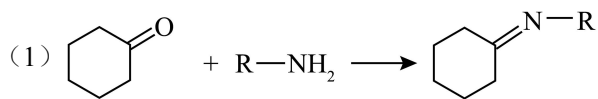
①根据沉淀滴定原理-滴定剂与被滴定物生成的沉淀比滴定剂与指示剂生成的沉淀更难溶；且二者之间有明显的颜色差别，测定的是  $\text{Cl}^-$  不能使用  $\text{NaCl}$  溶液， $\text{NaBr}$ 、 $\text{NaCN}$  对应的银盐溶解度比  $\text{AgCl}$  小，也不能使用，则应该使用的指示剂为  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  溶液，故选  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ；达到滴定终点的现象为滴入最后半滴标准液后，生成砖红色沉淀，且半分钟内沉淀不溶解；②因为二苯酮不溶于水，易溶于醇和醚，故选乙醇与石油醚；根据原子守恒知， $0.03\text{mol}$

无水苯理论上生成  $0.015\text{mol}$  ,  $0.015\text{mol}$   完全水解生成  $0.03\text{mol HCl}$  和  $\frac{0.03}{2}\text{mol}$  二苯酮，硝酸银与  $\text{HCl}$  等物质的量反应，则实际上生成

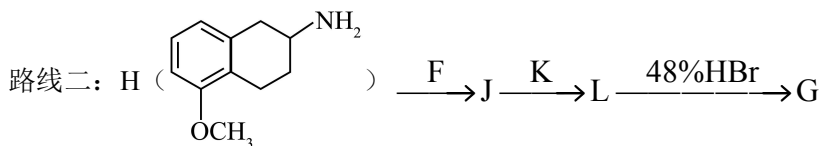
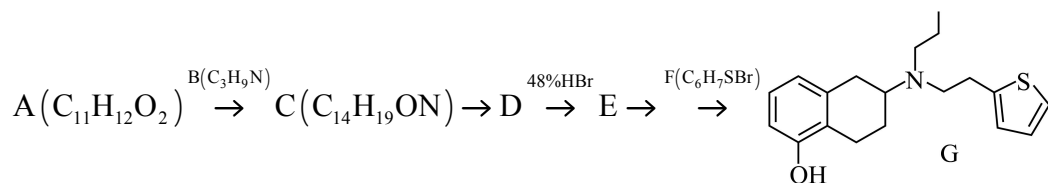
$a \times 10^{-3} \times \frac{30}{10}\text{mol} = 3a \times 10^{-3}\text{mol HCl}$ ，则产品损失量为  $(\frac{3av \times 10^{-3}}{2} \times 182 - n)\text{g}$ ，理论上生成产品  $\frac{0.03}{2} \times 182\text{g}$ ，

则产品的损耗率为  $\frac{\frac{av \times 10^{-3} \times 3}{2} \times 182 - n}{\frac{0.03}{2} \times 182} \times 100\%$ 。

19. 下图为某种治疗晚期帕金森病药物的两种合成路线，已知：

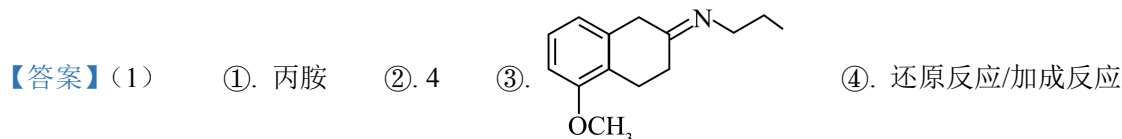


路线一：

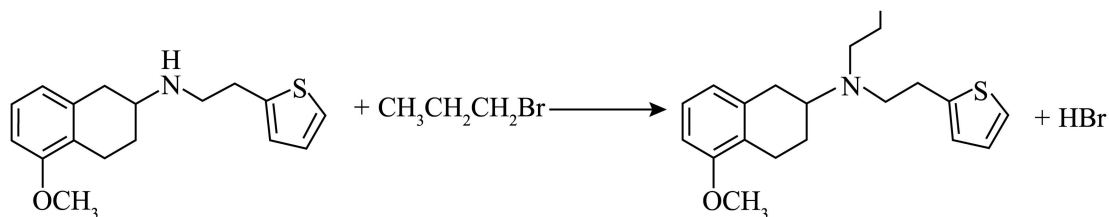


(1) B 的化学名称：\_\_\_\_\_，有机化合物 M (C<sub>4</sub>H<sub>11</sub>N) 是 B 的同系物，则 M 的同分异构体有\_\_\_\_\_种。C 的结构简式：\_\_\_\_\_，C→D 的反应类型：\_\_\_\_\_

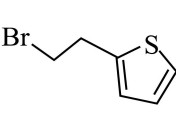
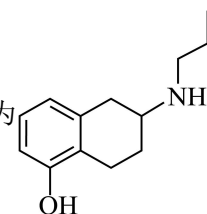
(2) H 中含有的官能团名称：\_\_\_\_\_，F 中五元环所有原子在同一平面上，则硫原子的杂化方式：\_\_\_\_\_，J+K→L 的化学方程式：\_\_\_\_\_。

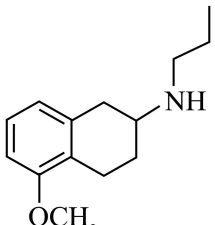
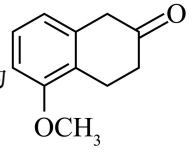


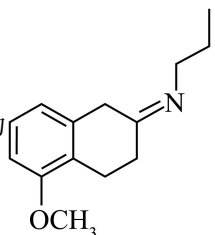
( 2 ) ①. 氨基 ， 醚 键 ②. sp<sup>2</sup> ③.

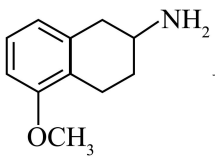
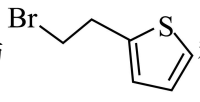


【解析】

【分析】路线一：根据已知(3)的转化，结合 F 的分子式可知 F 为 ，E 为 ；结合已知(2)

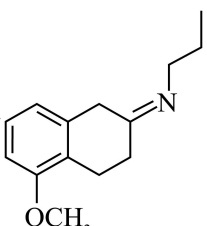
转化, 以及 C 和 E 的组成对比可知, D 为 ; 结合已知(1)可知 A, 应为 , B 为

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ; C 为 , C 与氢气加成生成 D;

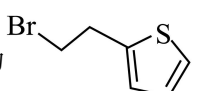
路线二中  可分别与  和  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$  发生(3)转化生成产物, 为据此分析解答;

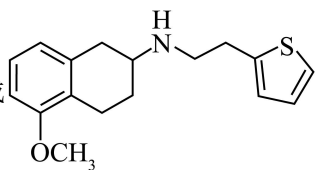
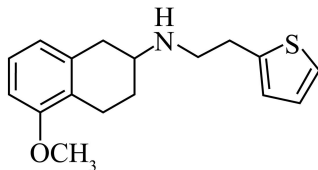
### 【小问 1 详解】

B 为  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ , 名称为丙胺; 有机化合物 M ( $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$ ) 是 B 的同系物, M 中存在  $-\text{NH}_2$ , 相当于丁烷中的

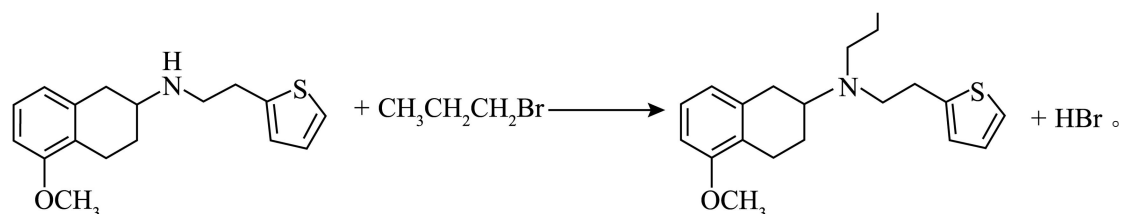
H 被氨基取代, 共 4 种; 由以上分析可知 C 为 ; C 与氢气发生加成反应生成 D;

### 【小问 2 详解】

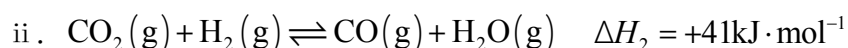
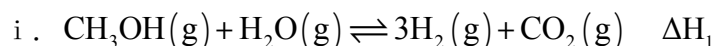
由 H 的结构简式可知其官能团为醚键、氨基; F 中五元环所有原子在同一平面上, F 为 , 硫原子的

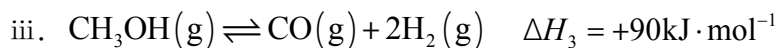
杂化方式:  $\text{sp}^2$ ; H 与 F 发生反应生成 ,  与  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$  发生

已知反应生成 L, 反应方程式为:



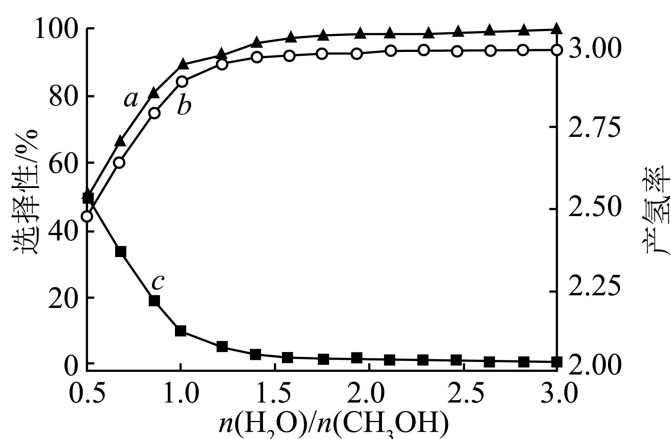
20. 甲醇水蒸气重整制氢转换条件温和、副产物少, 成为了诸多富氢燃料的首选之一。甲醇水蒸气重整制氢过程中的化学反应如下:





(1)  $\Delta H_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 若反应 i 正反应的活化能  $E_{a1} = a \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则逆反应的活化能  $E_{a2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 下图为含碳产物的选择性 (CO 的选择性是指反应生成 CO 的甲醇占转化的甲醇的百分比) 及产氢率随水醇物质的量之比 ( $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CH}_3\text{OH})}$ ) 的变化图像, 曲线\_\_\_\_\_是  $\text{CO}_2$  选择性曲线。由图可知, 下列最优水醇物质的量之比是\_\_\_\_\_。



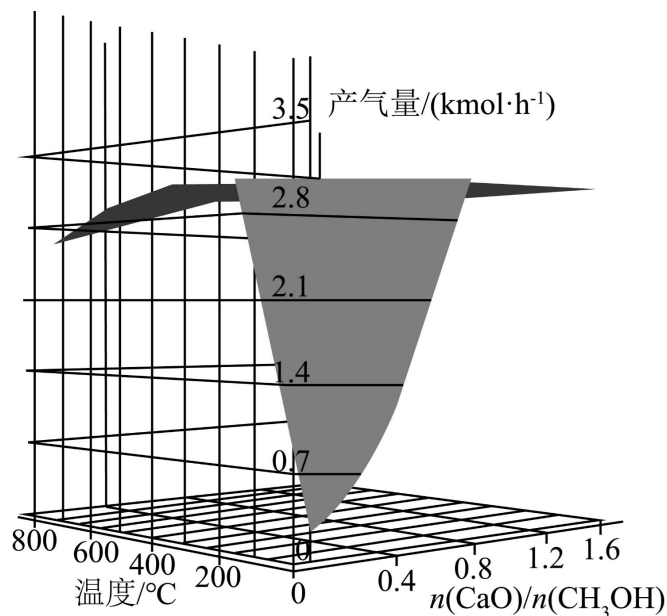
A. 1.2

B. 1.7

C. 2.5

(3) 若甲醇水蒸气重整反应是在吸附剂 CaO 存在的情况下进行的, 产氢量随温度和  $\frac{n(\text{CaO})}{n(\text{CH}_3\text{OH})}$  之比的影响如下

图所示。已知吸附剂 CaO 的碳酸化反应为:  $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) \quad \Delta H_4 < 0$ 。



①当  $\frac{n(\text{CaO})}{n(\text{CH}_3\text{OH})}$  一定时, 温度小于  $230^\circ\text{C}$ , 随温度升高产氢量增加; 温度大于  $300^\circ\text{C}$  时, 产氢量随温度升高而降低,

降低的原因\_\_\_\_\_。

②在温度为  $T^\circ\text{C}$  的恒容密闭的石英管中, 加入碳酸钙, 加热至反应完全后 (碳酸钙始终有剩余), 测得二氧化碳压

强为  $a$  kPa。在相同温度下的恒容密闭石英管中按  $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CH}_3\text{OH})} = 1:1$  通入水蒸气和甲醇，并加入适量  $\text{CaO}$ ，测得压强为  $p_0$  kPa，待反应达平衡后，测得二氧化碳的选择性为 80%，氢气的分压为  $b$  kPa，若氧化钙对二氧化碳的吸收率为 50%，则  $\text{CO}_2$  的平衡分压为\_\_\_\_\_kPa，反应 iii 的  $K_{p3} =$ \_\_\_\_\_。若继续加入甲醇，则  $\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{CO}_2)}$  \_\_\_\_\_（填“增大”、“减小”或“不变”）。

【答案】(1) ①. +49 ②.  $a - 49$

(2) ①. a ②. B

(3) ①.  $\text{CaO}$  碳酸化反应为放热反应，温度大于  $300^\circ\text{C}$  时不利于  $\text{CO}_2$  的吸收，反应 ii 正向进行程度增大，产氢量降低 ②.  $a$  ③.  $\frac{ab^2}{p_0 - 5a}$  ④. 增大

【解析】

【分析】本题重点考查学生对于化学平衡中的理解，看学生是否掌握压强平衡常数的计算，以及对反应条件对平衡移动的影响。

【小问 1 详解】

根据盖斯定律，iii-ii 可得  $\Delta H_1 = \Delta H_3 - \Delta H_2 = +(90-41) = +49 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $\Delta H_1 = \text{正反应活化能} - \text{逆反应活化能} = E_{a1} - E_{a2}$ ，得  $E_{a2} = E_{a1} - \Delta H_1 = (a-49) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，答案：+49、 $a - 49$ ；

【小问 2 详解】

因为  $\text{CO}$  的选择性与  $\text{CO}_2$  的选择性之和等于 1，且水醇物质的量之比越大，反应 i 正向移动，反应 ii 逆向移动，则  $\text{CO}_2$  的选择性增大，所以曲线 a 是的选择性曲线，曲线 c 是  $\text{CO}$  的选择性曲线，曲线 b 是产氢率；由图可知，最优水醇物质的量之比是 1.7，因为此时产氢率较高，如果继续增加水醇物质的量之比，产氢率变化不大，且水气化消耗的能量较高。所以选 B，答案：a、B；

【小问 3 详解】

因为三个反应都是正向吸热，所以  $\frac{n(\text{CaO})}{n(\text{CH}_3\text{OH})}$  一定时，温度小于  $230^\circ\text{C}$ ，随温度升高产氢量增加，则主要以反应 i、iii 为主；温度大于  $300^\circ\text{C}$  时，升高温度，平衡逆移，二氧化碳浓度增大，使反应 i 逆移，反应 ii 正移，则产氢量随温度升高而降低；

在温度为  $T^\circ\text{C}$  的恒容密闭的石英管中，加入碳酸钙，加热至反应完全后(碳酸钙始终有剩余)，测得二氧化碳压强为  $a$  kPa，即二氧化碳在该温度下的平衡压强一直是  $a$  kPa；

恒温恒容，压强之比等于物质的量之比，得甲醇起始压强  $0.5p_0$  kPa，水起始压强  $0.5p_0$  kPa，假设平衡体系中甲醇分压  $x$  kPa，水分压  $y$  kPa，氢气的分压为  $b$  kPa，二氧化碳压强为  $a$  kPa，氧化钙对二氧化碳的吸收率为 50%，则二氧



化碳总共生成量表示为  $2a$  kPa，根据 H 原子守恒可知， $0.5p_0 \times 4 + 0.5p_0 \times 2 = 4x + 2y + 2b$ ，碳原子守恒可知， $(0.5p_0 - x) \times 0.8 = 2a$ ，解得甲醇压强  $x = \frac{p_0 - 5a}{2}$  kPa，则 CO 为  $0.5p_0 - 2a - \frac{p_0 - 5a}{2} = 0.5a$  kPa，氢气的分压为  $b$  kPa，根据压强平衡常数  $K_{p_3} = \frac{P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2}^2}{P_{\text{CH}_3\text{OH}}}$  代入可知  $K_{p_3} = \frac{ab^2}{p_0 - 5a}$  kPa；

若继续加入甲醇，则  $P_{\text{CH}_3\text{OH}}$  增大，二氧化碳压强仍为  $a$  kPa，则  $\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{CO}_2)}$  增大；答案：CaO 碳酸化反应为放热

反应，温度大于  $300^\circ\text{C}$  时不利于  $\text{CO}_2$  的吸收，反应 ii 正向进行程度增大，产氢量降低、 $a$ 、 $\frac{ab^2}{p_0 - 5a}$ 、增大。