

## 2016 年全国统一高考化学试卷（新课标Ⅲ）

### 一、选择题.

1. （3 分）化学在生活中有着广泛的应用，下列对应关系错误的是（ ）

选项	化学性质	实际应用
A	$\text{ClO}_2$ 具有强氧化性	自来水消毒杀菌
B	$\text{SO}_2$ 具有还原性	用作漂白剂
C	$\text{NaHCO}_3$ 受热易分解并且生成气体	焙制糕点
D	$\text{Al}(\text{OH})_3$ 分解吸收大量热量并有 $\text{H}_2\text{O}$ 生成	阻燃剂

A. A

B. B

C. C

D. D

2. （3 分）下列说法错误的是（ ）

- A. 乙烷光照下能与浓盐酸发生取代反应
- B. 乙烯可以用作生产食品包装材料的原料
- C. 乙醇室温下在水中的溶解度大于溴乙烷
- D. 乙酸和甲酸甲酯互为同分异构体

3. （3 分）下列有关实验的操作正确的是（ ）

	实验	操作
A	除去 $\text{NaHCO}_3$ 固体中混有的 $\text{NH}_4\text{Cl}$	直接将固体加热
B	实验室收集 Cu 与稀硝酸反应成的 NO	向上排空气法收集
C	检验乙酸具有酸性	配制乙酸溶液，滴加 $\text{NaHCO}_3$ 溶液有气泡产生
D	测定某稀硫酸的浓度	取 20.00ml 该稀硫酸于干净的锥形瓶中，用 0.1000mol/L 的 NaOH 标准液进行滴定

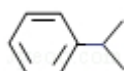
A. A

B. B

C. C

D. D

4. （3 分）已知异丙苯的结构简式如图，下列说法错误的是（ ）



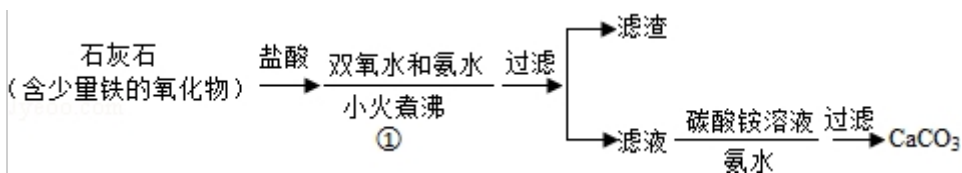
A. 异丙苯的分子式为  $\text{C}_9\text{H}_{12}$

- B. 异丙苯的沸点比苯高
- C. 异丙苯中碳原子可能都处于同一平面
- D. 异丙苯和苯为同系物
5. (3分) 锌-空气燃料电池可用作电动车动力电源, 电池的电解质溶液为 KOH 溶液, 反应为  $2\text{Zn} + \text{O}_2 + 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ . 下列说法正确的是 ( )
- A. 充电时, 电解质溶液中  $\text{K}^+$  向阳极移动
- B. 充电时, 电解质溶液中  $c(\text{OH}^-)$  逐渐减小
- C. 放电时, 负极反应为:  $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$
- D. 放电时, 电路中通过 2mol 电子, 消耗氧气 22.4L (标准状况)
6. (3分) 四种短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大, W、X 的简单离子具有相同电子层结构, X 的原子半径是短周期主族元素原子中最大的, W 与 Y 同族, Z 与 X 形成的离子化合物的水溶液呈中性. 下列说法正确的是 ( )
- A. W 与 X 形成的化合物溶于水后溶液呈碱性
- B. 简单离子半径:  $\text{W} < \text{X} < \text{Z}$
- C. 气态氢化物的热稳定性:  $\text{W} < \text{Y}$
- D. 最高价氧化物的水化物的酸性:  $\text{Y} > \text{Z}$
7. (3分) 下列有关电解质溶液的说法正确的是 ( )
- A. 向  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中加入少量水, 溶液中  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$  减小
- B. 将  $\text{CH}_3\text{COONa}$  溶液从  $20^\circ\text{C}$  升温至  $30^\circ\text{C}$ , 溶液中  $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}$  增大
- C. 向盐酸中加入氨水至中性, 溶液中  $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{Cl}^-)} > 1$
- D. 向  $\text{AgCl}$ 、 $\text{AgBr}$  的饱和溶液中加入少量  $\text{AgNO}_3$ , 溶液中  $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)}$  不变

## 二、解答题.

8. 过氧化钙微溶于水，溶于酸，可用作分析试剂、医用防腐剂、消毒剂。以下是一种制备过氧化钙的实验方法。回答下列问题：

(一) 碳酸钙的制备



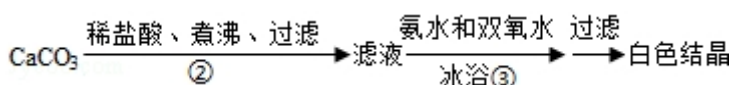
(1) 步骤①加入氨水的目的是\_\_\_\_\_。小火煮沸的作用是使沉淀颗粒长大，有利于\_\_\_\_\_。

(2) 如图是某学生的过滤操作示意图，其操作不规范的是\_\_\_\_\_ (填标号)。



- a. 漏斗末端颈尖未紧靠烧杯壁
- b. 玻璃棒用作引流
- c. 将滤纸湿润，使其紧贴漏斗壁
- d. 滤纸边缘高出漏斗
- e. 用玻璃棒在漏斗中轻轻搅动以加快过滤速度

(二) 过氧化钙的制备



(3) 步骤②的具体操作为逐滴加入稀盐酸，至溶液中尚存有少量固体，此时溶液呈\_\_\_\_\_性 (填“酸”、“碱”或“中”)。将溶液煮沸，趁热过滤，将溶液煮沸的作用是\_\_\_\_\_。

(4) 步骤③中反应的化学方程式为\_\_\_\_\_，该反应需要在冰浴下进行，原因是\_\_\_\_\_。

(5) 将过滤得到的白色结晶依次使用蒸馏水、乙醇洗涤，使用乙醇洗涤的目的是\_\_\_\_\_。

(6) 制备过氧化钙的另一种方法是：将石灰石煅烧后，直接加入双氧水反应，过滤后可得到过氧化钙产品。该工艺方法的优点是\_\_\_\_\_，产品的缺点是\_\_\_\_\_。

9. 煤燃烧排放的烟含有  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$ ，形成酸雨、污染大气，采用  $\text{NaClO}_2$  溶液作为吸收剂可同时对烟气进行脱硫、脱硝。回答下列问题：

(1)  $\text{NaClO}_2$  的化学名称为\_\_\_\_\_。

(2) 在鼓泡反应器中通入含  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  的烟气，反应温度 323K， $\text{NaClO}_2$  溶液浓度为  $5 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。反应一段时间后溶液中离子浓度的分析结果如表。

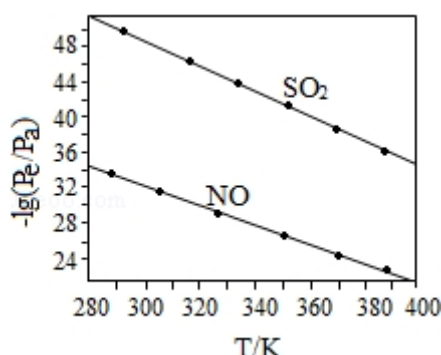
离子	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_3^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{Cl}^-$
$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$8.35 \times 10^{-4}$	$6.87 \times 10^{-6}$	$1.5 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-3}$

①写出  $\text{NaClO}_2$  溶液脱硝过程中主要反应的离子方程式\_\_\_\_\_。增加压强，NO 的转化率\_\_\_\_\_（填“提高”、“不变”或“降低”）。

②随着吸收反应的进行，吸收剂溶液的 pH 逐渐\_\_\_\_\_（填“增大”、“不变”或“减小”）。

③由实验结果可知，脱硫反应速率\_\_\_\_\_脱硝反应速率（填“大于”或“小于”）原因是除了  $\text{SO}_2$  和 NO 在烟气中初始浓度不同，还可能是\_\_\_\_\_。

(3) 在不同温度下， $\text{NaClO}_2$  溶液脱硫、脱硝的反应中  $\text{SO}_2$  和 NO 的平衡分压  $P_e$  如图所示。



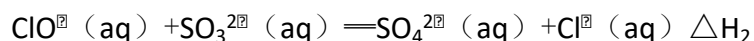
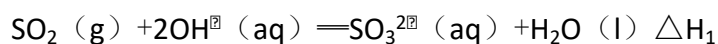
①由图分析可知，反应温度升高，脱硫、脱硝反应的平衡常数均\_\_\_\_\_（填“增大”、“不变”或“减小”）。

②反应  $\text{ClO}_2 + 2\text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$  的平衡常数 K 表达式为\_\_\_\_\_。

(4) 如果采用  $\text{NaClO}$ 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  替代  $\text{NaClO}_2$ ，也能得到较好的烟气脱硫效果。

①从化学平衡原理分析， $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  相比  $\text{NaClO}$  具有的优点是\_\_\_\_\_。

②已知下列反应：



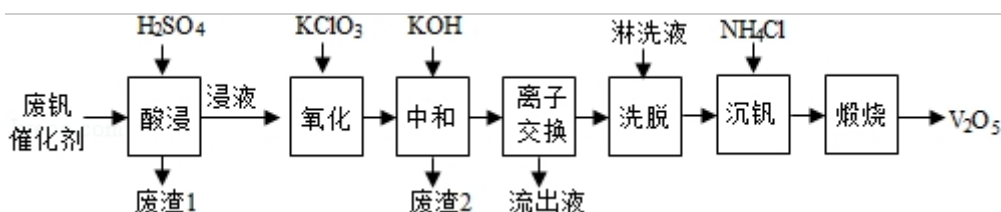
则反应  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{ClO}^\ominus(\text{aq}) + 2\text{OH}^\ominus(\text{aq}) = \text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Cl}^\ominus(\text{aq})$  的  $\Delta H =$ \_\_\_\_\_。

10. 以硅藻土为载体的五氧化二钒 ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) 是接触法生产硫酸的催化剂。从废钒催化剂中回收  $\text{V}_2\text{O}_5$  既避免污染环境

又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为：

物质	$\text{V}_2\text{O}_5$	$\text{V}_2\text{O}_4$	$\text{K}_2\text{SO}_4$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线：



回答下列问题：

(1) “酸浸”时  $\text{V}_2\text{O}_5$  转化为  $\text{VO}_2^+$ ，反应的离子方程式为\_\_\_\_\_，同时  $\text{V}_2\text{O}_4$  转成  $\text{VO}^{2+}$ 。“废渣 1”的主要成分是\_\_\_\_\_。

(2) “氧化”中欲使 3 mol 的  $\text{VO}^{2+}$  变为  $\text{VO}_2^+$ ，则需要氧化剂  $\text{KClO}_3$  至少为\_\_\_\_\_ mol。

(3) “中和”作用之一是使钒以  $\text{V}_4\text{O}_{12}^{4\ominus}$  形式存在于溶液中。“废渣 2”中含有\_\_\_\_\_。

(4) “离子交换”和“洗脱”可简单表示为：
$$4\text{ROH} + \text{V}_4\text{O}_{12}^{4\ominus} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} \text{R}_4\text{V}_4\text{O}_{12} + 4\text{OH}^\ominus$$

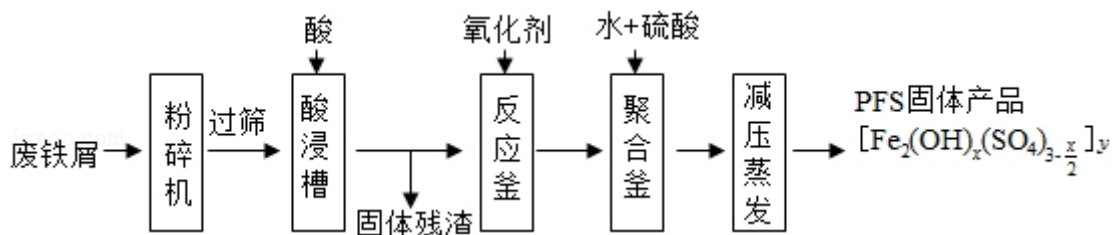
(以  $\text{ROH}$  为强碱性阴离子交换树脂)。为了提高洗脱效率，淋洗液应该呈\_\_\_\_\_性 (填“酸”“碱”“中”)。

(5) “流出液”中阳离子最多的是\_\_\_\_\_。

(6) “沉钒”得到偏钒酸铵 ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ) 沉淀, 写出“煅烧”中发生反应的化学方程式\_\_\_\_\_.

【[化学——选修 2: 化学与技术] (15 分)

11. (15 分) 聚合硫酸铁 (PFS) 是水处理中重要的絮凝剂, 如图是以回收废铁屑为原料制备 PFS 的一种工艺流程.



回答下列问题

(1) 废铁屑主要为表面附有大量铁锈的铁, 铁锈的主要成分为\_\_\_\_\_. 粉碎过筛的目的是\_\_\_\_\_.

(2) 酸浸时最合适的酸是\_\_\_\_\_, 写出铁锈与酸反应的离子方程式\_\_\_\_\_.

(3) 反应釜中加入氧化剂的作用是\_\_\_\_\_, 下列氧化剂中最合适的是\_\_\_\_\_ (填标号).

A.  $\text{KMnO}_4$                       B.  $\text{Cl}_2$                       C.  $\text{H}_2\text{O}_2$                       D.  $\text{HNO}_3$

(4) 聚合釜中溶液的 pH 必须控制在一定的范围内, pH 偏小时  $\text{Fe}^{3+}$  水解程度弱, pH 偏大时则\_\_\_\_\_.

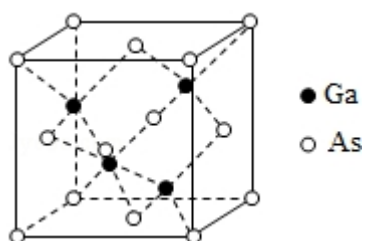
(5) 相对于常压蒸发, 减压蒸发的优点是\_\_\_\_\_.

(6) 盐基度 B 是衡量絮凝剂絮凝效果的重要指标, 定义式为  $B = \frac{3n(\text{OH})}{n(\text{Fe})}$  (n 为物质的量). 为测量样品的 B 值, 取样品 m g, 准确加入过量盐酸, 充分反应, 再加入煮沸后冷却的蒸馏水, 以酚酞为指示剂, 用  $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的标准 NaOH 溶液进行中和滴定 (部分操作略去, 已排除铁离子干扰). 到终点时消耗 NaOH 溶液 V mL. 按上述步骤做空白对照试验, 消耗 NaOH 溶液  $V_0$  mL, 已知该样品中 Fe 的质量分数 w, 则 B 的表达式为\_\_\_\_\_.

【化学-选修 3: 物质结构与性质】 (15 分)

12. (15 分) 砷化镓 ( $\text{GaAs}$ ) 是优良的半导体材料, 可用于制作微型激光器或太阳能电池的材料等. 回答下列问题:

- (1) 写出基态 As 原子的核外电子排布式\_\_\_\_\_.
- (2) 根据元素周期律, 原子半径 Ga\_\_\_\_\_As, 第一电离能 Ga\_\_\_\_\_As. (填“大于”或“小于”)
- (3) AsCl<sub>3</sub> 分子的立体构型为\_\_\_\_\_, 其中 As 的杂化轨道类型为\_\_\_\_\_.
- (4) GaF<sub>3</sub> 的熔点高于 1000°C, GaCl<sub>3</sub> 的熔点为 77.9°C, 其原因是\_\_\_\_\_.
- (5) GaAs 的熔点为 1238°C, 密度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 其晶胞结构如图所示. 该晶体的类型为\_\_\_\_\_, Ga 与 As 以\_\_\_\_\_键键合. Ga 和 As 的摩尔质量分别为  $M_{\text{Ga}} \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  和  $M_{\text{As}} \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 原子半径分别为  $r_{\text{Ga}} \text{ pm}$  和  $r_{\text{As}} \text{ pm}$ , 阿伏伽德罗常数值为  $N_A$ , 则 GaAs 晶胞中原子的体积占晶胞体积的百分率为\_\_\_\_\_.

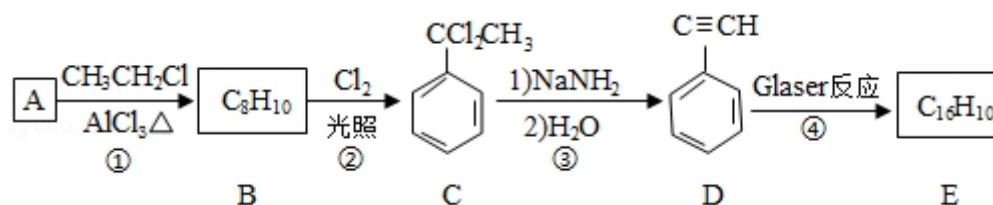


#### 四、【化学-选修 5: 有机化学基础】(15 分)

13. (15 分) 端炔烃在催化剂存在下可发生偶联反应, 成为 Glaser 反应.



该反应在研究新型发光材料、超分子化学等方面具有重要价值. 下面是利用 Glaser 反应制备化合物 E 的一种合成路线:



回答下列问题:

- (1) B 的结构简式为\_\_\_\_\_, D 的化学名称为\_\_\_\_\_.
- (2) ①和③的反应类型分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_.
- (3) E 的结构简式为\_\_\_\_\_. 用 1mol E 合成 1, 4-二苯基丁烷, 理论上需要消耗氢气\_\_\_\_\_mol.
- (4) 化合物 ( $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{CH}$ ) 也可发生 Glaser 偶联反应生成聚合物, 该

聚合反应的化学方程式为\_\_\_\_\_.

(5) 芳香化合物 F 是 C 的同分异构体, 其分子中只有两种不同化学环境的氢, 数目比为 3: 1, 写出其中 3 种的结构简式\_\_\_\_\_.

(6) 写出用 2-苯基乙醇为原料 (其他无机试剂任选) 制备化合物 D 的合成路线\_\_\_\_\_.



# 2016 年全国统一高考化学试卷（新课标Ⅲ）

参考答案与试题解析

## 一、选择题.

1. （3 分）化学在生活中有着广泛的应用，下列对应关系错误的是（ ）

选项	化学性质	实际应用
A	$\text{ClO}_2$ 具有强氧化性	自来水消毒杀菌
B	$\text{SO}_2$ 具有还原性	用作漂白剂
C	$\text{NaHCO}_3$ 受热易分解并且生成气体	焙制糕点
D	$\text{Al}(\text{OH})_3$ 分解吸收大量热量并有 $\text{H}_2\text{O}$ 生成	阻燃剂

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】EM：氯、溴、碘及其化合物的综合应用；F5：二氧化硫的化学性质；

GF：钠的重要化合物；GK：镁、铝的重要化合物.

【专题】52：元素及其化合物.

【分析】A. 具有强氧化性，可用于杀菌消毒；

B. 做漂白剂与漂白性有关；

C.  $\text{NaHCO}_3$  不稳定，与酸反应生成二氧化碳气体；

D. 氢氧化铝分解吸收热量。

【解答】解：A.  $\text{ClO}_2$  具有强氧化性，可使蛋白质变性，可用于杀菌消毒，故 A 正确；

B. 做漂白剂与漂白性有关，与还原性无关，故 B 错误；

C.  $\text{NaHCO}_3$  不稳定，与酸反应生成二氧化碳气体，可用于焙制糕点，故 C 正确；

D. 氢氧化铝分解吸收热量，可用于阻燃剂，故 D 正确。

故选：B。

【点评】本题考查物质的性质与应用，为高考常见题型和高频考点，侧重考查

学生的双基的掌握，有利于培养学生良好的科学素养，难度不大。

2. (3分) 下列说法错误的是 ( )

- A. 乙烷光照下能与浓盐酸发生取代反应
- B. 乙烯可以用作生产食品包装材料的原料
- C. 乙醇室温下在水中的溶解度大于溴乙烷
- D. 乙酸和甲酸甲酯互为同分异构体

【考点】HD：有机物的结构和性质.

【专题】533：有机反应.

【分析】A. 乙烷与浓盐酸不反应；

- B. 聚乙烯为食品包装材料；
- C. 乙醇与水分子间含氢键，溴乙烷不含；
- D. 乙酸和甲酸甲酯的分子式相同，结构不同。

【解答】解：A. 乙烷与浓盐酸不反应，光照下可与卤素单质发生取代反应，故 A 错误；

- B. 聚乙烯为食品包装材料，乙烯可合成聚乙烯，故 B 正确；
- C. 乙醇与水分子间含氢键，溴乙烷不含，则乙醇室温下在水中的溶解度大于溴乙烷，故 C 正确；
- D. 乙酸和甲酸甲酯的分子式相同，结构不同，二者互为同分异构体，故 D 正确；

故选：A。

【点评】本题考查有机物的结构与性质，为高频考点，把握官能团与性质的关系、有机反应为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意常见有机物的性质，题目难度不大。

3. (3分) 下列有关实验的操作正确的是 ( )

	实验	操作
A	除去 $\text{NaHCO}_3$ 固体中混有的 $\text{NH}_4\text{Cl}$	直接将固体加热

B	实验室收集 Cu 与稀硝酸反应成的 NO	向上排空气法收集
C	检验乙酸具有酸性	配制乙酸溶液，滴加 $\text{NaHCO}_3$ 溶液有气泡产生
D	测定某稀硫酸的浓度	取 20.00ml 该稀硫酸于干净的锥形瓶中，用 0.1000mol/L 的 NaOH 标准液进行滴定

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】U5：化学实验方案的评价。

【专题】25：实验评价题。

【分析】A. 碳酸氢钠热稳定性较弱，加热易分解生成碳酸钠、二氧化碳和水；

B. NO 与空气中氧气反应，不能用排空气法收集；

C. 乙酸溶液中滴加  $\text{NaHCO}_3$  溶液有气泡产生，证明乙酸的酸性大于碳酸；

D. 该中和滴定实验中没有加入指示剂。

【解答】解：A. 由于碳酸氢钠加热易分解，不能利用加热的方法除去  $\text{NaHCO}_3$  固体中混有的  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ，故 A 错误；

B. NO 与氧气反应，应该用排水法收集，不能用排空气法收集，故 B 错误；

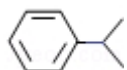
C. 配制乙酸溶液，滴加  $\text{NaHCO}_3$  溶液有气泡产生，证明乙酸的酸性大于碳酸，碳酸具有酸性，则证明乙酸具有酸性，故 C 正确；

D. 稀硫酸与 NaOH 溶液的反应没有明显现象，需要滴入指示剂，否则无法完成实验，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题考查了化学实验方案的评价，题目难度不大，涉及物质分离与提纯、气体收集方法、中和滴定等知识，明确常见化学实验基本操作方法为解答关键，试题培养了学生的分析能力及化学实验能力。

4. （3 分）已知异丙苯的结构简式如图，下列说法错误的是（ ）



- A. 异丙苯的分子式为  $C_9H_{12}$
- B. 异丙苯的沸点比苯高
- C. 异丙苯中碳原子可能都处于同一平面
- D. 异丙苯和苯为同系物

【考点】HD：有机物的结构和性质。

【专题】534：有机物的化学性质及推断。

【分析】A. 由有机物结构简式可知有机物的分子式为  $C_9H_{12}$ ；

- B. 异丙苯和苯均为分子晶体，相对分子质量越大，分子间作用力越强，沸点越高；
- C. 苯环为平面结构，与苯环直接相连的 C 在同一平面内，四面体 C 最多三原子共平面；
- D. 异丙苯和苯的结构相似，分子组成上相差 3 个  $CH_2$  原子团，互为同系物。

【解答】解：A. 由有机物结构简式可知有机物的分子式为  $C_9H_{12}$ ，故 A 正确；

- B. 异丙苯和苯均为分子晶体，异丙苯的相对分子质量比苯大，故分子间作用力强与苯，沸点比苯高，故 B 正确；
- C. 苯环为平面结构，但侧链中存在四面体结构，故 C 错误；
- D. 异丙苯和苯的结构相似，分子组成上相差 3 个  $CH_2$  原子团，互为同系物，故 D 正确。

故选：C。

【点评】本题考查有机物的结构和性质，为高考常见题型，侧重于学生的分析能力的考查，注意把握有机物的结构和官能团的性质，注意四面体碳最多 3 原子共平面，难度不大。

5. （3 分）锌 $\square$ 空气燃料电池可用作电动车动力电源，电池的电解质溶液为 KOH 溶液，反应为  $2Zn+O_2+4OH^{\ominus}+2H_2O=2Zn(OH)_4^{2\ominus}$ 。下列说法正确的是（     ）
- A. 充电时，电解质溶液中  $K^+$ 向阳极移动
  - B. 充电时，电解质溶液中  $c(OH^{\ominus})$ 逐渐减小

C. 放电时, 负极反应为:  $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$

D. 放电时, 电路中通过 2mol 电子, 消耗氧气 22.4L (标准状况)

【考点】BH: 原电池和电解池的工作原理.

【专题】51I: 电化学专题.

【分析】根据  $2\text{Zn} + \text{O}_2 + 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$  可知,  $\text{O}_2$  中元素的化合价降低, 被还原, 应为原电池正极, Zn 元素化合价升高, 被氧化, 应为原电池负极, 电极反应式为  $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ , 充电时阳离子向阴极移动, 以此解答该题.

【解答】解: A. 充电时阳离子向阴极移动, 故 A 错误;

B. 充电时, 电池反应为  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e}^- = \text{Zn} + 4\text{OH}^-$ , 电解质溶液中  $c(\text{OH}^-)$  逐渐增大, 故 B 错误;

C. 放电时, 负极反应式为  $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ , 故 C 正确;

D. 放电时, 每消耗标况下 22.4L 氧气, 转移电子 4mol, 故 D 错误.

故选: C.

【点评】本题考查原电池与电解池的基础知识, 正确判断正负极、阴阳极, 注意电极反应式的书写及电子转移的计算, 正确判断化合价的变化为解答该题的关键, 题目难度中等.

6. (3 分) 四种短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大, W、X 的简单离子具有相同电子层结构, X 的原子半径是短周期主族元素原子中最大的, W 与 Y 同族, Z 与 X 形成的离子化合物的水溶液呈中性. 下列说法正确的是 ( )

A. W 与 X 形成的化合物溶于水后溶液呈碱性

B. 简单离子半径:  $W < X < Z$

C. 气态氢化物的热稳定性:  $W < Y$

D. 最高价氧化物的水化物的酸性:  $Y > Z$

【考点】8F: 原子结构与元素周期律的关系.

【专题】51C：元素周期律与元素周期表专题。

【分析】四种短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大，X 的原子半径是短周期主族元素原子中最大的，则 X 为 Na。由原子序数可知，Y、Z 处于第三周期，而 Z 与 X（钠）形成的离子化合物的水溶液呈中性，则 Z 为 Cl。W、X 的简单离子具有相同电子层结构，且 W 与 Y 同族，W 在第二周期且是非金属元素，W 可能是氮（或）氧，则对应的 Y 为磷（或硫）。

【解答】解：四种短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大，X 的原子半径是短周期主族元素原子中最大的，则 X 为 Na。由原子序数可知，Y、Z 处于第三周期，而 Z 与 X（钠）形成的离子化合物的水溶液呈中性，则 Z 为 Cl。W、X 的简单离子具有相同电子层结构，且 W 与 Y 同族，W 在第二周期且是非金属元素，W 可能是氮（或）氧，则对应的 Y 为磷（或硫）。

- A. W 可能是氮或氧，与钠形成的化合物可能是氮化钠，氧化钠，过氧化钠，它们与水反应都能生成氢氧化钠使溶液呈碱性，故 A 正确；
- B. X 离子（ $\text{Na}^+$ ）、W 离子的电子层为 2 层，Z 离子（ $\text{Cl}^-$ ）电子层为 3 层，电子层结构相同，核电荷数越大离子半径越小，离子电子层越多离子半径越大，故简单离子半径大小顺序是： $X < W < Z$ ，故 B 错误；
- C. W 与 Y 处于同主族，从上到下非金属性逐渐减弱，气态氢化物的热稳定性： $W > Y$ ，故 C 错误；
- D. Y 与 Z 处于同周期，从左到右非金属性逐渐增强，最高价氧化物的水化物的酸性： $Z > Y$ ，故 D 错误。

故选：A。

【点评】本题考查结构性性质位置关系应用，侧重对元素周期律的考查，正确推断各元素为解答关键，注意元素的不确定性，试题培养了学生的分析能力及灵活应用能力。

7. （3 分）下列有关电解质溶液的说法正确的是（ ）

- A. 向  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中加入少量水，溶液中  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$  减小

B. 将  $\text{CH}_3\text{COONa}$  溶液从  $20^\circ\text{C}$  升温至  $30^\circ\text{C}$ , 溶液中  $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}$  增大

C. 向盐酸中加入氨水至中性, 溶液中  $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{Cl}^-)} > 1$

D. 向  $\text{AgCl}$ 、 $\text{AgBr}$  的饱和溶液中加入少量  $\text{AgNO}_3$ , 溶液中  $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)}$  不变

【考点】D5: 弱电解质在水溶液中的电离平衡; DO: 酸碱混合时的定性判断及有关 pH 的计算.

【专题】51G: 电离平衡与溶液的 pH 专题.

【分析】A. 加水促进电离, 则  $n(\text{H}^+)$  增大,  $c(\text{CH}_3\text{COOH})$  减小;

B. 从  $20^\circ\text{C}$  升温至  $30^\circ\text{C}$ , 促进水解,  $K_h$  增大;

C. 向盐酸中加入氨水至中性, 则  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ , 结合电荷守恒分析;

D. 向  $\text{AgCl}$ 、 $\text{AgBr}$  的饱和溶液中加入少量  $\text{AgNO}_3$ ,  $c(\text{Ag}^+)$  相同,  $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)} = \frac{K_{sp}(\text{AgCl})}{K_{sp}(\text{AgBr})}$ .

【解答】解: A.  $K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ , 加水虽然促进电离,  $n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

增大, 但  $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  减小,  $K_a$  保持不变, 则溶液中  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$  增大, 故

A 错误;

B. 从  $20^\circ\text{C}$  升温至  $30^\circ\text{C}$ , 促进水解,  $K_h$  增大, 则溶液中  $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)} = \frac{1}{K_h}$  减小, 故 B 错误;

C. 向盐酸中加入氨水至中性, 则  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ , 由电荷守恒可知, 溶液中  $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{Cl}^-)} = 1$ , 故 C 错误;

D. 向  $\text{AgCl}$ 、 $\text{AgBr}$  的饱和溶液中加入少量  $\text{AgNO}_3$ ， $c(\text{Ag}^+)$  相同， $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)} =$

$\frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{K_{\text{sp}}(\text{AgBr})}$ ， $K_{\text{sp}}$  只与温度有关，而温度不变，则溶液中  $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)}$  不变，故 D

正确；

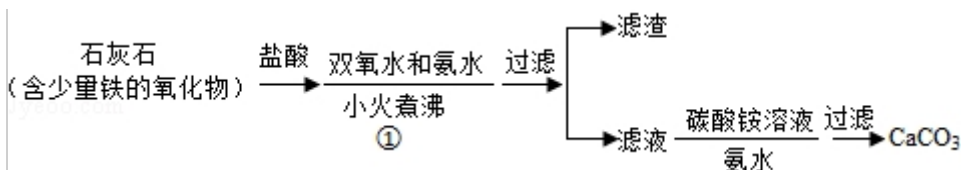
故选：D。

【点评】本题考查酸碱混合及弱电解质的电离，为高频考点，把握电离平衡、溶解平衡及酸碱混合定性分析等为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意平衡常数的应用及电荷守恒应用，题目难度中等。

## 二、解答题.

8. 过氧化钙微溶于水，溶于酸，可用作分析试剂、医用防腐剂、消毒剂。以下是一种制备过氧化钙的实验方法。回答下列问题：

(一) 碳酸钙的制备



(1) 步骤①加入氨水的目的是 调节溶液 pH 使  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀。小火煮沸的作用是使沉淀颗粒长大，有利于 过滤分离。

(2) 如图是某学生的过滤操作示意图，其操作不规范的是 ade (填标号)。



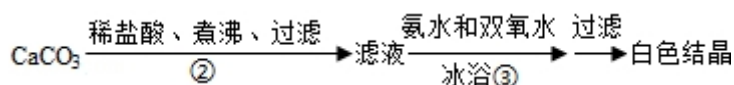
- a. 漏斗末端颈尖未紧靠烧杯壁
- b. 玻璃棒用作引流
- c. 将滤纸湿润，使其紧贴漏斗壁



d. 滤纸边缘高出漏斗

e. 用玻璃棒在漏斗中轻轻搅动以加快过滤速度

## (二) 过氧化钙的制备



(3) 步骤②的具体操作为逐滴加入稀盐酸，至溶液中尚存有少量固体，此时溶液呈酸性（填“酸”、“碱”或“中”）。将溶液煮沸，趁热过滤，将溶液煮沸的作用是除去溶液中溶解的二氧化碳。

(4) 步骤③中反应的化学方程式为 $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ ，该反应需要在冰浴下进行，原因是温度过高时双氧水易分解。

(5) 将过滤得到的白色结晶依次使用蒸馏水、乙醇洗涤，使用乙醇洗涤的目的是去除晶体表面水分。

(6) 制备过氧化钙的另一种方法是：将石灰石煅烧后，直接加入双氧水反应，过滤后可得到过氧化钙产品。该工艺方法的优点是工艺简单、操作方便，产品的缺点是纯度较低。

【考点】U3：制备实验方案的设计。

【专题】548：制备实验综合。

【分析】（一）碳酸钙的制备

由流程可知，加盐酸，碳酸钙、铁的氧化物均溶解，加双氧水可氧化亚铁离子，加氨水将铁离子转化为沉淀，过滤后的滤液中含盐酸，加氨水中和酸，利用得到碳酸钙沉淀；

(1) 碱可中和酸，小火煮沸利于沉淀生成；

(2) 过滤遵循一贴二低三靠；

## (二) 过氧化钙的制备

由流程可知，碳酸钙溶于盐酸后，至溶液中尚存有少量固体，过滤后，滤液中氯化钙、氨水、过氧化氢反应生成  $\text{CaO}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、水；再过滤，洗涤得到过氧化钙；制备过氧化钙的另一种方法是：将石灰石煅烧后，直接加入双氧水反应，过滤后可得到过氧化钙产品，石灰石便宜易得，但纯度较低，以此来

解答.

【解答】解：（一）碳酸钙的制备

由流程可知，加盐酸，碳酸钙、铁的氧化物均溶解，加双氧水可氧化亚铁离子，加氨水将铁离子转化为沉淀，过滤后的滤液中含盐酸，加氨水中和酸，利用得到碳酸钙沉淀；

（1）步骤①加入氨水的目的是中和多余的盐酸，沉淀铁离子。小火煮沸的作用是使沉淀颗粒长大，有利于过滤，

故答案为：调节溶液 pH 使  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀；过滤分离；

（2）a. 漏斗末端颈尖未紧靠烧杯壁，应漏斗末端颈尖紧靠烧杯壁，故错误；

b. 玻璃棒用作引流，使液体顺利流下，故正确；

c. 将滤纸湿润，使其紧贴漏斗壁，防止液体从滤纸与漏斗的缝隙流下，故正确；

d. 滤纸边缘应低于漏斗上边缘，故错误；

e. 玻璃棒不能在漏斗中轻轻搅动以加快过滤速度，可能捣破滤纸，过滤失败，故错误；

故答案为：ade；

（二）过氧化钙的制备

由流程可知，碳酸钙溶于盐酸后，至溶液中尚存有少量固体，过滤后，滤液中氯化钙、氨水、过氧化氢反应生成  $\text{CaO}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、水；再过滤，洗涤得到过氧化钙；

（3）步骤②的具体操作为逐滴加入稀盐酸，至溶液中尚存有少量固体，溶液中溶解二氧化碳，此时溶液呈酸性；将溶液煮沸，趁热过滤，将溶液煮沸的作用是除去溶液中溶解的二氧化碳，

故答案为：酸；除去溶液中溶解的二氧化碳；

（4）步骤③中反应的化学方程式为

$\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{CaO}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，该反应需要在冰浴下进行，原因是温度过高时双氧水易分解，

故答案为： $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ ；温度过高时双氧水易分解；

(5) 将过滤得到的白色结晶依次使用蒸馏水、乙醇洗涤，使用乙醇洗涤的目的是去除晶体表面水分，

故答案为：去除晶体表面水分；

(6) 制备过氧化钙的另一种方法是：将石灰石煅烧后，直接加入双氧水反应，过滤后可得到过氧化钙产品。该工艺方法的优点是原料来源丰富、操作简单，产品的缺点是纯度较低，

故答案为：工艺简单、操作方便；纯度较低。

【点评】本题考查物质的制备实验，为高频考点，把握制备实验原理、实验技能、物质的性质为解答的关键，侧重分析与实验能力的考查，注意物质的性质及应用，题目难度中等。

9. 煤燃烧排放的烟含有  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$ ，形成酸雨、污染大气，采用  $\text{NaClO}_2$  溶液作为吸收剂可同时对烟气进行脱硫、脱硝。回答下列问题：

(1)  $\text{NaClO}_2$  的化学名称为 亚氯酸钠。

(2) 在鼓泡反应器中通入含  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  的烟气，反应温度 323K， $\text{NaClO}_2$  溶液浓度为  $5 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。反应一段时间后溶液中离子浓度的分析结果如表。

离子	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_3^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{Cl}^-$
$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$8.35 \times 10^{-4}$	$6.87 \times 10^{-6}$	$1.5 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-3}$

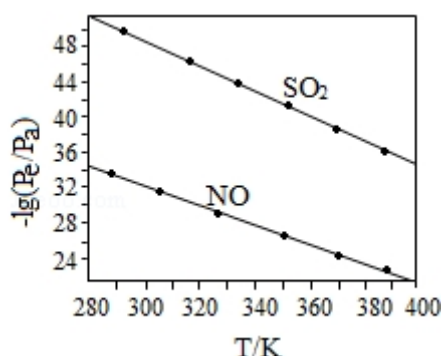
① 写出  $\text{NaClO}_2$  溶液脱硝过程中主要反应的离子方程式  $3\text{ClO}_2^- + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。增加压强，NO 的转化率 提高（填“提高”、“不变”或“降低”）。

② 随着吸收反应的进行，吸收剂溶液的 pH 逐渐 减小（填“增大”、“不变”或“减小”）。

③ 由实验结果可知，脱硫反应速率 大于 脱硝反应速率（填“大于”或“小于”）原因是除了  $\text{SO}_2$  和 NO 在烟气中初始浓度不同，还可能是 NO 溶解度较低或脱硝反应活化能较高。

(3) 在不同温度下， $\text{NaClO}_2$  溶液脱硫、脱硝的反应中  $\text{SO}_2$  和 NO 的平衡分压  $P_e$

如图所示。



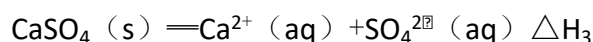
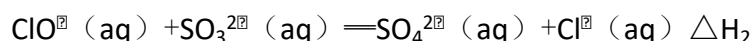
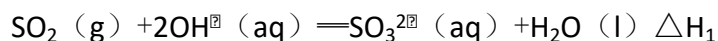
①由图分析可知，反应温度升高，脱硫、脱硝反应的平衡常数均减小（填“增大”、“不变”或“减小”）。

②反应  $\text{ClO}_2 + 2\text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$  的平衡常数  $K$  表达式为 
$$K = \frac{c(\text{Cl}^-) \cdot c^2(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{ClO}_2) \cdot c^2(\text{SO}_3^{2-})}$$
。

（4）如果采用  $\text{NaClO}$ 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  替代  $\text{NaClO}_2$ ，也能得到较好的烟气脱硫效果。

①从化学平衡原理分析， $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  相比  $\text{NaClO}$  具有的优点是形成  $\text{CaSO}_4$  沉淀，反应平衡向产物方向移动， $\text{SO}_2$  转化率提高。

②已知下列反应：



则反应  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$  的  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$ 。

【考点】BB：反应热和焓变；CB：化学平衡的影响因素。

【专题】51E：化学平衡专题。

【分析】（1） $\text{NaClO}_2$  的化学名称为亚氯酸钠；

（2）①亚氯酸钠具有氧化性，则  $\text{NaClO}_2$  溶液脱硝过程中主要反应的离子方程式为  $3\text{ClO}_2 + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ；正反应是体积减小的，则增加压强，NO 的转化率提高；

②根据反应的方程式  $3\text{ClO}_2 + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$  可知随着吸收反应的进行氢氧根离子被消耗，吸收剂溶液的 pH 逐渐降低；

③由实验结果可知，在相同时间内硫酸根离子的浓度增加的多，因此脱硫反应速率大于脱硝反应速率。原因是除了  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}$  在烟气中的初始浓度不同，还可能是二氧化硫的还原性强，易被氧化；

(3) ①由图分析可知，根据反应  $3\text{ClO}_2 + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{NO}$  的平衡分压的负对数随温度的升高而减小，则说明温度越高， $\text{NO}$  的平衡分压越大， $\text{NO}$  的含量越高，故升高温度，平衡向逆反应方向进行，平衡常数减小；

②根据反应的方程式  $\text{ClO}_2 + 2\text{SO}_3^{2-} = 2\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$  可知平衡常数 K 表达式为  $K = \frac{c(\text{Cl}^-) \cdot c^2(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{ClO}_2) \cdot c^2(\text{SO}_3^{2-})}$ ；

(4) ①如果采用  $\text{NaClO}$ 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  替代  $\text{NaClO}_2$ ，由于生成的硫酸钙微溶，降低硫酸根离子浓度，促使平衡向正反应方向进行；

②则根据盖斯定律计算。

**【解答】**解：(1)  $\text{NaClO}_2$  的化学名称为亚氯酸钠，故答案为：亚氯酸钠；

(2) ①亚氯酸钠具有氧化性，且  $\text{NaClO}_2$  溶液呈碱性，则  $\text{NaClO}_2$  溶液脱硝过程中主要反应的离子方程式为  $3\text{ClO}_2 + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ；正反应是体积减小的，则增加压强， $\text{NO}$  的转化率提高，故答案为： $3\text{ClO}_2 + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ；提高；

②根据反应的方程式  $3\text{ClO}_2 + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$  可知随着吸收反应的进行氢氧根离子被消耗，吸收剂溶液的 pH 逐渐降低，故答案为：减小；

③由实验结果可知，在相同时间内硫酸根离子的浓度增加的多，因此脱硫反应速率大于脱硝反应速率。原因是除了  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}$  在烟气中的初始浓度不同，还可能是  $\text{NO}$  溶解度较低或脱硝反应活化能较高，故答案为：大于； $\text{NO}$  溶解度较低或脱硝反应活化能较高；

(3) ①由图分析可知，根据反应  $3\text{ClO}_2 + 4\text{NO} + 4\text{OH}^- = 4\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{NO}$  的平衡分压的负对数随温度的升高而减小，则说明温度越高， $\text{NO}$  的平衡分压越大， $\text{NO}$  的含量越高，故升高温度，平衡向逆反应方向进行，平衡常数减小；

小，故答案为：减小；

②根据反应的方程式  $\text{ClO}_2^- + 2\text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$  可知平衡常数  $K$  表达式为  $K =$

$$\frac{c(\text{Cl}^-) \cdot c^2(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{ClO}_2^-) \cdot c^2(\text{SO}_3^{2-})}, \text{ 故答案为: } \frac{c(\text{Cl}^-) \cdot c^2(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{ClO}_2^-) \cdot c^2(\text{SO}_3^{2-})};$$

(4) ①如果采用  $\text{NaClO}$ 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  替代  $\text{NaClO}_2$ ，生成硫酸钙沉淀，降低硫酸根离子浓度，促使平衡向正反应方向进行，所以  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  效果好，故答案为：形成  $\text{CaSO}_4$  沉淀，反应平衡向产物方向移动， $\text{SO}_2$  转化率提高；

②已知  $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_1$

$\text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \quad \Delta H_2$

$\text{CaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \quad \Delta H_3$

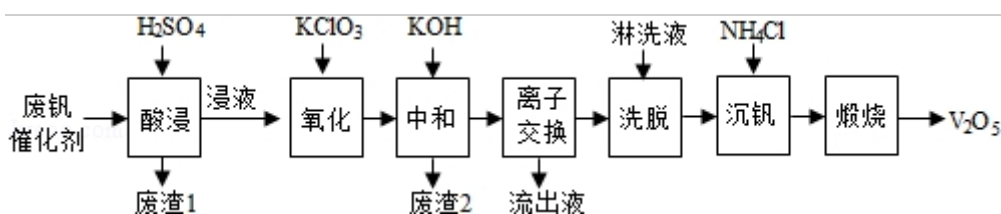
则根据盖斯定律可知①+②-③即得到反应  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$ ，故答案为： $\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$ 。

**【点评】** 本题考查氧化还原反应、盖斯定律、外界条件对反应速率和平衡状态的影响等，要求学生掌握基本概念，结合生活实际分析问题、解决问题，方程式的书写要遵循相关守恒，题目难度中等。

10. 以硅藻土为载体的五氧化二钒 ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) 是接触法生产硫酸的催化剂。从废钒催化剂中回收  $\text{V}_2\text{O}_5$  既避免污染环境又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为：

物质	$\text{V}_2\text{O}_5$	$\text{V}_2\text{O}_4$	$\text{K}_2\text{SO}_4$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线：



回答下列问题：

(1) “酸浸”时  $\text{V}_2\text{O}_5$  转化为  $\text{VO}_2^+$ ，反应的离子方程式为  $\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+ = 2\text{VO}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$ ，同时  $\text{V}_2\text{O}_4$  转成  $\text{VO}^{2+}$ 。“废渣1”的主要成分是

SiO<sub>2</sub>。

(2) “氧化”中欲使 3 mol 的 VO<sup>2+</sup>变为 VO<sub>2</sub><sup>+</sup>，则需要氧化剂 KClO<sub>3</sub> 至少为 0.5 mol。

(3) “中和”作用之一是使钒以 V<sub>4</sub>O<sub>12</sub><sup>4-</sup>形式存在于溶液中。“废渣 2”中含有 Fe(OH)<sub>3</sub>、Al(OH)<sub>3</sub>。

(4) “离子交换”和“洗脱”可简单表示为：
$$4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4V_4O_{12} + 4OH^-$$

(以 ROH 为强碱性阴离子交换树脂)。为了提高洗脱效率，淋洗液应该呈 碱 性（填“酸”“碱”“中”）。

(5) “流出液”中阳离子最多的是 K<sup>+</sup>。

(6) “沉钒”得到偏钒酸铵 (NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub>) 沉淀，写出“煅烧”中发生反应的化学方程式  $2NH_4VO_3 \xrightarrow{\text{高温}} V_2O_5 + H_2O \uparrow + 2NH_3 \uparrow$ 。

【考点】P8：物质分离和提纯的方法和基本操作综合应用。

【专题】545：物质的分离提纯和鉴别。

【分析】从废钒催化剂中回收 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>，由流程可知，“酸浸”时 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 转化为 VO<sub>2</sub><sup>+</sup>，V<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 转成 VO<sup>2+</sup>。氧化铁、氧化铝均转化为金属阳离子，只有 SiO<sub>2</sub> 不溶，则过滤得到的滤渣 1 为 SiO<sub>2</sub>，然后加氧化剂 KClO<sub>3</sub>，将 VO<sup>2+</sup>变为 VO<sub>2</sub><sup>+</sup>，再加 KOH 时，铁离子、铝离子转化为 Fe(OH)<sub>3</sub>、Al(OH)<sub>3</sub> 沉淀，同时中和硫酸，过滤得到的滤渣 2 为 Fe(OH)<sub>3</sub>、Al(OH)<sub>3</sub>，“离子交换”和“洗脱”可简单表示为：
$$4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4V_4O_{12} + 4OH^-$$
，由 ROH 为强碱性阴离子交换树脂可知，碱性条件下利用反应逆向移动，流出液中主要为硫酸钾，“沉钒”得到偏钒酸铵 (NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub>) 沉淀，“煅烧”时分解生成 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>，以此来解答。

【解答】解：从废钒催化剂中回收 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>，由流程可知，“酸浸”时 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 转化为 VO<sub>2</sub><sup>+</sup>，V<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 转成 VO<sup>2+</sup>。氧化铁、氧化铝均转化为金属阳离子，只有 SiO<sub>2</sub> 不溶，则过滤得到的滤渣 1 为 SiO<sub>2</sub>，然后加氧化剂 KClO<sub>3</sub>，将 VO<sup>2+</sup>变为 VO<sub>2</sub><sup>+</sup>，再加 KOH 时，铁离子、铝离子转化为 Fe(OH)<sub>3</sub>、Al(OH)<sub>3</sub> 沉淀，同时中和硫酸，过滤得到的滤渣 2 为 Fe(OH)<sub>3</sub>、Al(OH)<sub>3</sub>，“离子交换”和“洗脱”可简单表示为：
$$4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4V_4O_{12} + 4OH^-$$
，由 ROH 为强碱性阴离



子交换树脂可知，碱性条件下利用反应正向移动，流出液中主要为硫酸钾，“沉钒”得到偏钒酸铵（ $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ）沉淀，“煅烧”时分解生成  $\text{V}_2\text{O}_5$ ，

（1）“酸浸”时  $\text{V}_2\text{O}_5$  转化为  $\text{VO}_2^+$ ，反应的离子方程式为  $\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+ = 2\text{VO}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$ ，

由上述分析可知滤渣 1 为  $\text{SiO}_2$ ，

故答案为： $\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+ = 2\text{VO}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$ ； $\text{SiO}_2$ ；

（2）“氧化”中欲使 3 mol 的  $\text{VO}^{2+}$  变为  $\text{VO}_2^+$ ，由电子守恒可知，则需要氧化剂

$$\text{KClO}_3 \text{ 至少为 } \frac{3\text{mol} \times (5-4)}{[5-(-1)]} = 0.5\text{mol},$$

故答案为：0.5；

（3）由上述流出分析可知滤渣 2 为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，故答案为： $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ；

（4）利用强碱性阴离子交换树脂可“离子交换”和“洗脱”，则应选择碱性条件下使用，且  $\text{OH}^-$  浓度大反应逆向移动提高洗脱效率，故答案为：碱；

（5）由上述分析可知，流出液中主要为硫酸钾，则“流出液”中阳离子最多的是  $\text{K}^+$ ，故答案为： $\text{K}^+$ ；

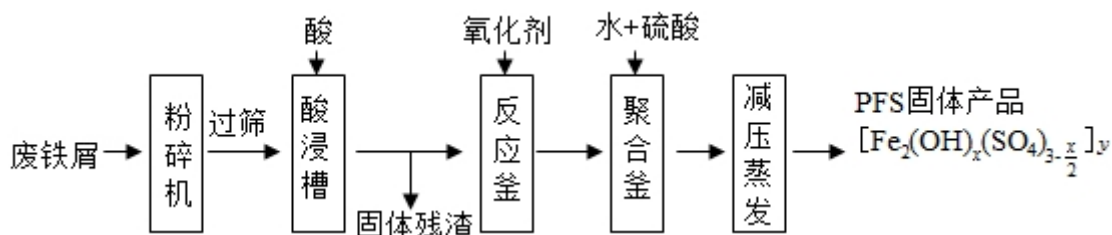
（6）“煅烧”中发生反应的化学方程式为  $2\text{NH}_4\text{VO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{V}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}\uparrow + 2\text{NH}_3\uparrow$ ，

故答案为： $2\text{NH}_4\text{VO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{V}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}\uparrow + 2\text{NH}_3\uparrow$ 。

**【点评】** 本题考查混合物分离提纯的综合应用，为高频考点，把握流程中发生的反应、混合物分离及实验技能为解答的关键，侧重分析与实验能力的考查，注意元素化合物与实验相结合的训练，综合性较强，题目难度中等。

### 【[化学——选修 2：化学与技术]（15 分）

11. （15 分）聚合硫酸铁（PFS）是水处理中重要的絮凝剂，如图是以回收废铁屑为原料制备 PFS 的一种工艺流程。



回答下列问题



(1) 废铁屑主要为表面附有大量铁锈的铁，铁锈的主要成分为  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。粉碎过筛的目的是 选取细小颗粒，增大反应物接触面积，提高“酸浸”反应速率。

(2) 酸浸时最合适的酸是 硫酸，写出铁锈与酸反应的离子方程式  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + (x+3)\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 反应釜中加入氧化剂的作用是 氧化亚铁离子，下列氧化剂中最合适的是 C (填标号)。

A.  $\text{KMnO}_4$                   B.  $\text{Cl}_2$                   C.  $\text{H}_2\text{O}_2$                   D.  $\text{HNO}_3$

(4) 聚合釜中溶液的 pH 必须控制在一定的范围内，pH 偏小时  $\text{Fe}^{3+}$  水解程度弱，pH 偏大时则 容易生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，产率降低。

(5) 相对于常压蒸发，减压蒸发的优点是 可以防止温度过高，聚合硫酸铁分解。

(6) 盐基度 B 是衡量絮凝剂絮凝效果的重要指标，定义式为  $B = \frac{3n(\text{OH})}{n(\text{Fe})}$  (n 为物质的量)。为测量样品的 B 值，取样品 m g，准确加入过量盐酸，充分反应，再加入煮沸后冷却的蒸馏水，以酚酞为指示剂，用  $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的标准 NaOH 溶液进行中和滴定 (部分操作略去，已排除铁离子干扰)。到终点时消耗 NaOH 溶液 V mL。按上述步骤做空白对照试验，消耗 NaOH 溶液  $V_0$  mL，已知该样品中 Fe 的质量分数 w，则 B 的表达式为  $\frac{0.168c(V_0 - V)}{m w}$ 。

**【考点】** RD：探究物质的组成或测量物质的含量。

**【专题】** 544：定量测定与误差分析。

**【分析】** 废铁屑粉碎过筛后加入酸浸，过滤得到滤液在反应釜中加入氧化剂氧化亚铁离子为铁离子，加入水和硫酸生成聚合硫酸铁，减压蒸发得到 PES 固体产品，

(1) 铁锈的主要成分是氧化铁水合物，粉碎过筛是选取细小颗粒，增大反应物接触面积，提高“酸浸”反应速率；

(2) 依据制备的物质聚合硫酸铁可知，酸化反应不能引入新的杂质，需要硫酸酸化，铁锈中氧化铁和酸反应生成铁离子和水；

(3) 反应釜中加入氧化剂的作用是氧化亚铁离子为铁离子，氧化剂不引入新的杂质；

(4) 铁离子易水解生成红褐色氢氧化铁胶体；

(5) 减压蒸发在较低温度下可进行，防止温度过高而导致物质分解；

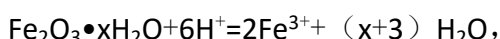
$$(6) B = \frac{3n(\text{OH})}{n(\text{Fe})} \quad (n \text{ 为物质的量}), \quad n(\text{OH}^-) = (V_0 - V) \times 10^{-3} \times c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \quad n(\text{Fe}) = \frac{m}{56 \text{ g/mol}} = \frac{m}{56} \text{ mol}.$$

【解答】解：(1) 铁锈的主要成分是氧化铁水合物，化学式为： $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，

粉碎过筛是选取细小颗粒，增大反应物接触面积，提高“酸浸”反应速率，

故答案为： $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ；选取细小颗粒，增大反应物接触面积，提高“酸浸”反应速率；

(2) 依据制备的物质聚合硫酸铁可知，酸化反应不能引入新的杂质，需要硫酸酸化，铁锈中氧化铁和酸反应生成铁离子和水，反应的离子方程式为：



故答案为： $\text{H}_2\text{SO}_4$ ； $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + (x+3) \text{H}_2\text{O}$ ；

(3) 反应釜中加入氧化剂的作用是氧化亚铁离子为铁离子，氧化剂不引入新的杂质，A、B、D 都会引入新的杂质，C 中过氧化氢被还原生成水无杂质离子引入，故答案为：C；

(4) 铁离子易水解生成红褐色氢氧化铁胶体，聚合釜中溶液的 pH 必须控制在一定的范围内，pH 偏小时  $\text{Fe}^{3+}$  水解程度弱，pH 偏大时则容易生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，产率降低，

故答案为：容易生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，产率降低；

(5) 减压蒸发在较低温度下可进行，防止常压蒸发温度过高聚合硫酸铁分解，

故答案为：可以防止温度过高，聚合硫酸铁分解；

$$(6) n(\text{OH}^-) = (V_0 - V) \times 10^{-3} \times c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \quad n(\text{Fe}) = \frac{m}{56 \text{ g/mol}} = \frac{m}{56} \text{ mol}, \quad B =$$

$$\frac{3n(\text{OH})}{n(\text{Fe})} \quad (n \text{ 为物质的量}) = 3 \times \frac{(V_0 - V) \times 10^{-3} \text{ L} \times c \text{ mol/L}}{\frac{m}{56} \text{ mol}} = \frac{0.168c(V_0 - V)}{m},$$

故答案为： $\frac{0.168c(V_0 - V)}{m}$ 。

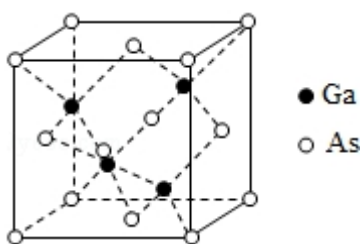
【点评】 本题考查了物质组成探究、物质性质的分析、试剂选择和离子反应实质的理解应用，注意信息的分析，掌握基础是解题关键，题目难度中等。

【化学-选修3：物质结构与性质】（15分）

12. （15分）砷化镓（GaAs）是优良的半导体材料，可用于制作微型激光器或太阳能电池的材料等。回答下列问题：

- （1）写出基态 As 原子的核外电子排布式  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ 。
- （2）根据元素周期律，原子半径 Ga 大于 As，第一电离能 Ga 小于 As。（填“大于”或“小于”）
- （3）AsCl<sub>3</sub> 分子的立体构型为 三角锥形，其中 As 的杂化轨道类型为 sp<sup>3</sup>。
- （4）GaF<sub>3</sub> 的熔点高于 1000℃，GaCl<sub>3</sub> 的熔点为 77.9℃，其原因是 GaF<sub>3</sub> 为离子晶体，GaCl<sub>3</sub> 为分子晶体，离子晶体的熔点高。
- （5）GaAs 的熔点为 1238℃，密度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，其晶胞结构如图所示。该晶体的类型为 原子晶体，Ga 与 As 以 共价 键键合。Ga 和 As 的摩尔质量分别为  $M_{\text{Ga}} \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  和  $M_{\text{As}} \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，原子半径分别为  $r_{\text{Ga}} \text{ pm}$  和  $r_{\text{As}} \text{ pm}$ ，阿伏伽德罗常数值为  $N_A$ ，则 GaAs 晶胞中原子的体积占晶胞体积的百分率为

$$\frac{4\pi \times 10^{-30} N_A \rho (r_{\text{Ga}}^3 + r_{\text{As}}^3)}{3(M_{\text{Ga}} + M_{\text{As}})} \times 100\%$$



【考点】 86：原子核外电子排布；8B：元素电离能、电负性的含义及应用；9I：晶胞的计算；9S：原子轨道杂化方式及杂化类型判断。

【专题】 51D：化学键与晶体结构。

【分析】 （1）As 为 VA 族 33 号元素，电子排布式为：  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ ；

(2) 同一周期，原子序数越小半径越大，同周期第一电离能从左到右，逐渐增大；

(3)  $\text{AsCl}_3$  中价层电子对个数 =  $\sigma$  键个数 + 孤电子对个数 =  $3 + \frac{5-3 \times 1}{2} = 4$ ，所以原子

杂化方式是  $\text{sp}^3$ ，由于有一对孤对电子对，分子空间构型为三角锥形；

(4)  $\text{GaF}_3$  的熔点高于  $1000^\circ\text{C}$ ， $\text{GaCl}_3$  的熔点为  $77.9^\circ\text{C}$ ，其原因是  $\text{GaF}_3$  为离子晶体， $\text{GaCl}_3$  为分子晶体，离子晶体的熔点高；

(5)  $\text{GaAs}$  的熔点为  $1238^\circ\text{C}$ ，熔点较高，以共价键结合形成属于原子晶体，密度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，根据均摊法计算，As:  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，Ga:  $4 \times 1 = 4$ ，故其晶胞中原子所占的体积  $V_1 = \left( \frac{4}{3} \pi r_{\text{As}}^3 \times 4 + \frac{4}{3} \pi r_{\text{Ga}}^3 \times 4 \right) \times 10^{-30}$ ，晶胞的

体积  $V_2 = \frac{m}{\rho} = \frac{4 \times \frac{(M_{\text{Ga}} + M_{\text{As}})}{N_A}}{\rho}$ ，故  $\text{GaAs}$  晶胞中原子的体积占晶胞体积的百分

率为  $\frac{V_1}{V_2} \times 100\%$  将  $V_1$ 、 $V_2$  代入计算得百分率 =  $\frac{4\pi \times 10^{-30} N_A \rho (r_{\text{Ga}}^3 + r_{\text{As}}^3)}{3(M_{\text{Ga}} + M_{\text{As}})} \times$

100%.

【解答】解：(1) As 为 VA 族 33 号元素，电子排布式为：

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ ，故答案为： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ ；

(2) 根据元素周期律，Ga 与 As 位于同一周期，Ga 原子序数小于 As，故半径 Ga 大于 As，同周期第一电离能从左到右，逐渐增大，故第一电离能 Ga 小于 As，

故答案为：大于；小于；

(3)  $\text{AsCl}_3$  中价层电子对个数 =  $\sigma$  键个数 + 孤电子对个数 =  $3 + \frac{5-3 \times 1}{2} = 4$ ，所以原子

杂化方式是  $\text{sp}^3$ ，由于有一对孤对电子对，分子空间构型为三角锥形，

故答案为：三角锥形； $\text{sp}^3$ ；

(4)  $\text{GaF}_3$  的熔点高于  $1000^\circ\text{C}$ ， $\text{GaCl}_3$  的熔点为  $77.9^\circ\text{C}$ ，其原因是  $\text{GaF}_3$  为离子晶体， $\text{GaCl}_3$  为分子晶体，离子晶体的熔点高，

故答案为： $\text{GaF}_3$  为离子晶体， $\text{GaCl}_3$  为分子晶体，离子晶体的熔点高；

(5)  $\text{GaAs}$  的熔点为  $1238^\circ\text{C}$ ，熔点较高，以共价键结合形成属于原子晶体，密

度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 根据均摊法计算, As:  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ , Ga:  $4 \times 1 = 4$ , 故其

晶胞中原子所占的体积  $V_1 = \left( \frac{4}{3} \pi r_{\text{As}}^3 \times 4 + \frac{4}{3} \pi r_{\text{Ga}}^3 \times 4 \right) \times 10^{-30}$ , 晶胞的

体积  $V_2 = \frac{m}{\rho} = \frac{4 \times \frac{(M_{\text{Ga}} + M_{\text{As}})}{N_{\text{A}}}}{\rho}$ , 故 GaAs 晶胞中原子的体积占晶胞体积的百分

率为  $\frac{V_1}{V_2} \times 100\%$  将  $V_1$ 、 $V_2$  带入计算得百分率  $= \frac{4\pi \times 10^{-30} N_{\text{A}} \rho (r_{\text{Ga}}^3 + r_{\text{As}}^3)}{3(M_{\text{Ga}} + M_{\text{As}})} \times$

100%,

故答案为: 原子晶体; 共价;  $\frac{4\pi \times 10^{-30} N_{\text{A}} \rho (r_{\text{Ga}}^3 + r_{\text{As}}^3)}{3(M_{\text{Ga}} + M_{\text{As}})} \times 100\%$ .

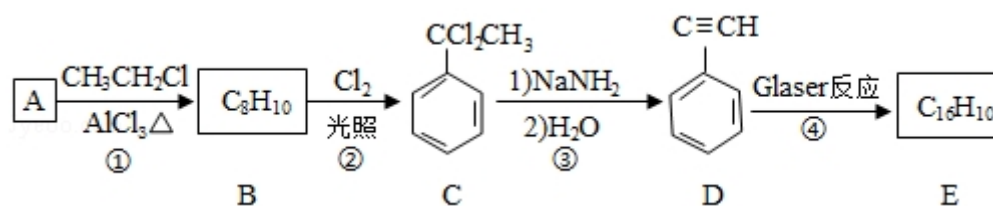
**【点评】** 本题考查了分子空间构型、电子排布式、原子杂化方式、晶胞密度的计算、电离能及半径大小比较等知识, 综合性较强, 最后的计算难度较大, 要求学生有较严谨的态度和扎实的基础, 也是对学生能力的考查.

#### 四、【化学-选修 5: 有机化学基础】(15 分)

13. (15 分) 端炔烃在催化剂存在下可发生偶联反应, 成为 Glaser 反应.



该反应在研究新型发光材料、超分子化学等方面具有重要价值. 下面是利用 Glaser 反应制备化合物 E 的一种合成路线:



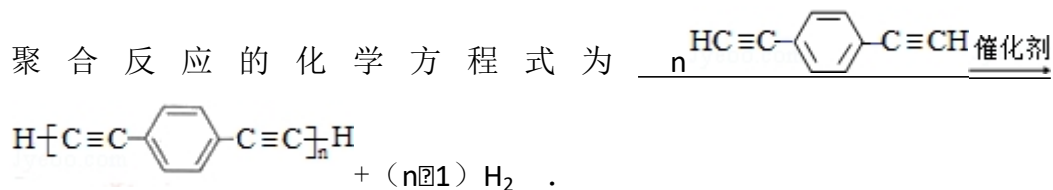
回答下列问题:

(1) B 的结构简式为 , D 的化学名称为 苯乙炔.

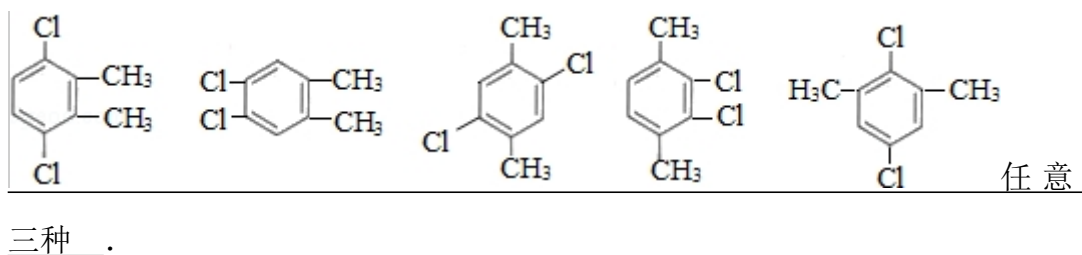
(2) ①和③的反应类型分别为 取代反应、消去反应.

(3) E 的结构简式为 . 用 1mol E 合成 1, 4-二苯基丁烷, 理论上需要消耗氢气 4 mol.

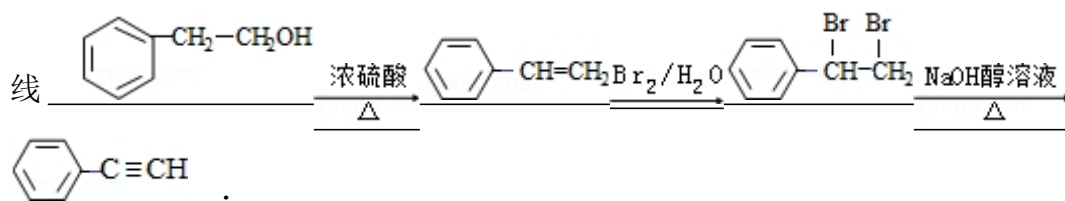
(4) 化合物 ( $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{CH}$ ) 也可发生 Glaser 偶联反应生成聚合物, 该



(5) 芳香化合物 F 是 C 的同分异构体, 其分子中只有两种不同化学环境的氢, 数目比为 3: 1, 写出其中 3 种的结构简式



(6) 写出用 2-苯基乙醇为原料 (其他无机试剂任选) 制备化合物 D 的合成路线



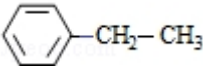
【考点】HC: 有机物的合成.


【专题】534: 有机物的化学性质及推断.

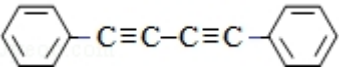
【分析】由 B 的分子式、C 的结构简式可知 B 为  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$ , 则 A 与氯乙烷

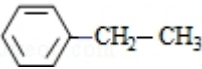
发生取代反应生成 B, 则 A 为  $\text{C}_6\text{H}_6$ . 对比 C、D 的结构可知 C 脱去 2 分子 HCl, 同时形成碳碳三键得到 D, 该反应属于消去反应. D 发生信息中的偶联反应生成 E 为  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_5$ .

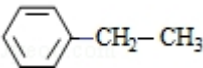
(6)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  在浓硫酸、加热条件下发生消去反应生成  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$ , 然后与溴发生加成反应生成  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_2(\text{Br})$ , 最后在氢氧化钠醇溶液、加热条件下发生消去反应生成  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}\equiv\text{CH}$ .

【解答】解：由 B 的分子式、C 的结构简式可知 B 为 ，则 A 与氯

乙烷发生取代反应生成 B，则 A 为 。对比 C、D 的结构可知 C 脱去 2 分子 HCl，同时形成碳碳三键得到 D，该反应属于消去反应。D 发生信息中的

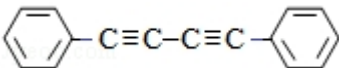
偶联反应生成 E 为 .

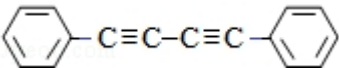
(1) B 的结构简式为 ，D 的化学名称为苯乙炔，


故答案为：；苯乙炔；

(2) ①和③的反应类型分别为取代反应、消去反应，

故答案为：取代反应、消去反应；

(3) E 的结构简式为 ，用 1mol E 合成 1, 4-二苯基丁烷，碳碳三键与氢气发生加成反应，理论上需要消耗氢气 4mol，

故答案为：；4；

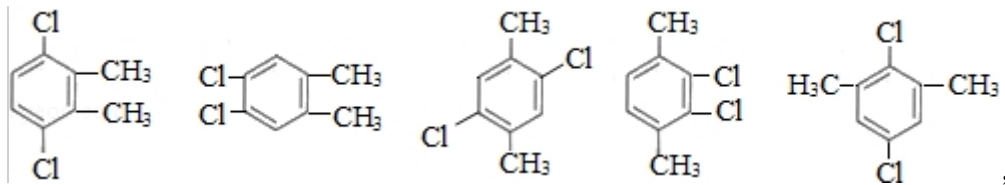
(4) 化合物 () 也可发生 Glaser 偶联反应生成聚合物，该

聚合反应的化学方程式为：
$$n \text{ HC}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{催化剂}}$$

$$\text{H} \left[ \text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{C} \right]_n \text{H} + (n-1) \text{H}_2,$$

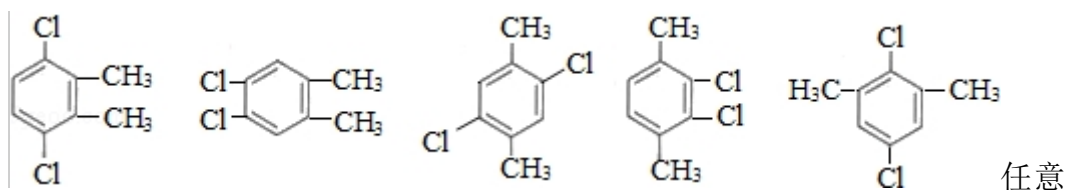
故答案为：
$$n \text{ HC}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{H} \left[ \text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{C} \right]_n \text{H} + (n-1) \text{H}_2;$$

(5) 芳香化合物 F 是 C 的同分异构体，其分子中只有两种不同化学环境的氢，数目比为 3：1，可能的结构简式为：

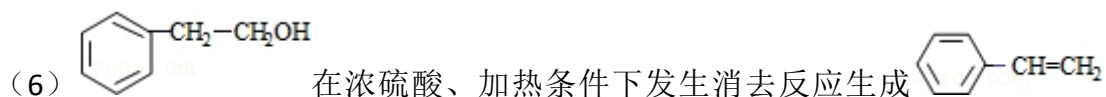


故 答 案 为：

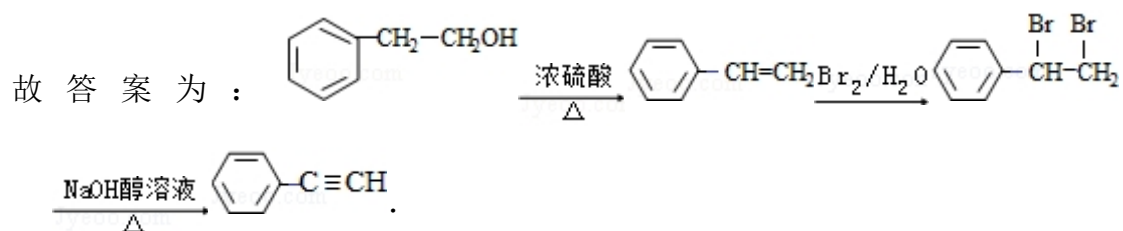
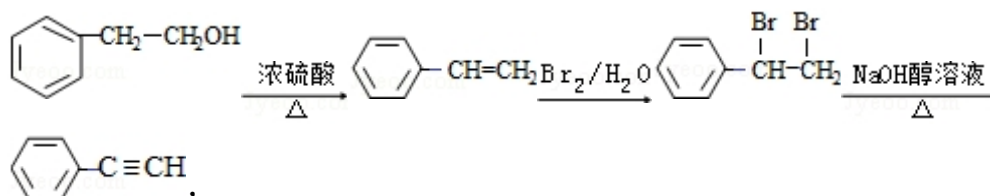




3 种；



，然后与溴发生加成反应生成 ，最后在氢氧化钠醇溶液、加热条件下发生消去反应生成 ，合成路线流程图为：



**【点评】** 本题考查有机物的推断与合成、有机反应类型、限制条件同分异构体书写、对信息的获取与迁移运用等，是对有机化学基础的综合考查，是有机化学常考题型，熟练掌握官能团的性质与转化。