

2020 年全国统一高考化学试卷（新课标 I）

参考答案与试题解析

一、选择题：本题共 7 小题，每小题 6 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. (6 分) 国家卫健委公布的新冠状肺炎治疗方案指出，乙醚、75%乙醇、含氯消毒剂、过氧乙酸 (CH_3COOOH)、氯仿等均可有效灭活病毒。对于上述化学药品，下列说法错误的是 ()

- A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 能与水互溶
- B. NaClO 通过氧化灭活病毒
- C. 过氧乙酸相对分子质量为 76
- D. 氯仿的化学名称是四氯化碳

【分析】A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 与水分子间能形成氢键，并且都是极性分子；

B. NaClO 具有强氧化性；

C. 过氧乙酸的结构简式为 CH_3COOOH ；

D. 氯仿的化学名称是三氯甲烷。

【解答】解 A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 与水分子间能形成氢键，并且都是极性分子，所以 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 能与水以任意比互溶，故 A 正确；

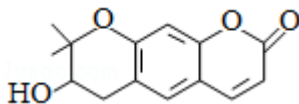
B. NaClO 具有强氧化性，通过氧化能灭活病毒，故 B 正确；

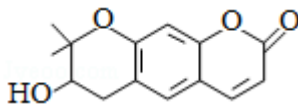
C. 过氧乙酸的结构简式为 CH_3COOOH ，相对分子质量为 $12 \times 2 + 4 + 16 \times 3 = 76$ ，故 C 正确；

D. 氯仿的化学名称是三氯甲烷，不是四氯化碳，故 D 错误；

故选：D。

【点评】本题结合时事热点考查化学问题，平时要注意积累，题目难度不大。



2. (6 分) 紫花前胡醇 () 可从中药材当归和白芷中提取得到，能提高人体免疫力。有关该化合物，下列叙述错误的是 ()

- A. 分子式为 $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{O}_4$
- B. 不能使酸性重铬酸钾溶液变色

- C. 能够发生水解反应
D. 能够发生消去反应生成双键

【分析】A、分子中 14 个碳原子，不饱和度为 8；

B、分子中含有碳碳双键和羟基直接相连碳上有氢原子；

C、分子中含有酯基，能发生水解；

D、与 -OH 相连的 C 的邻位 C 上有一种 H 可发生消去反应；

【解答】解：A、分子的不饱和度为 8，则氢原子个数为： $14 \times 2 + 2 - 8 \times 2 = 14$ ，四个氧原子，所以分子式为： $C_{14}H_{14}O_4$ ，故 A 正确；

B、分子中含有碳碳双键和羟基直接相连碳上有氢原子，所以能使酸性重铬酸钾溶液变色，故 B 错误；

C、分子中含有能发生水解酯基，则紫花前胡醇能水解，故 C 正确；

D、与 -OH 相连的 C 的邻位 C 上有一种 H 可发生消去反应，生成双键，故 D 正确；

故选：B。

【点评】本题考查有机物的结构与性质，为高频考点，把握醇消去反应的结构特点为解答的关键，侧重醇性质的考查，题目难度不大。

3. (6分) 下列气体去除杂质的方法中，不能实现目的是 ()

	气体 (杂质)	方法
A.	SO_2 (H_2S)	通过酸性高锰酸钾溶液
B.	Cl_2 (HCl)	通过饱和的食盐水
C.	N_2 (O_2)	通过灼热的铜丝网
D.	NO (NO_2)	通过氢氧化钠溶液

A. A

B. B

C. C

D. D

【分析】除杂的原则是不引入新的杂质，不减少要提纯的物质，操作简单，绿色环保。

A. SO_2 具有还原性，易被酸性高锰酸钾溶液氧化为硫酸；

B. 饱和食盐水可以减少氯气的溶解量；

C. N_2 (O_2) 利用化学性质的差异, 铜与氧气反应,;

D. $2NO_2+2NaOH=NaNO_2+NaNO_3+H_2O$, NO 为不成盐氧化物,

【解答】解: A. SO_2 被酸性高锰酸钾溶液氧化为硫酸, 故 A 错误;

B. Cl_2 (HCl) 利用溶解性的差异, 除去 HCl , 故 B 正确;

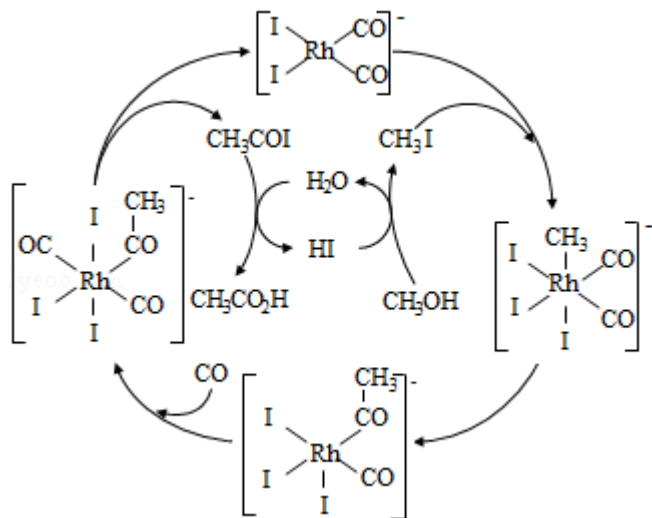
C. N_2 (O_2) 利用化学性质的差异, 铜与氧气反应, 不与氮气反应, 达到除杂目的, 故 C 正确;

D. NO_2 可以与 $NaOH$ 发生反应: $2NO_2+2NaOH=NaNO_2+NaNO_3+H_2O$, NO 与 $NaOH$ 溶液不能发生反应; 尽管 NO 可以与 NO_2 一同跟 $NaOH$ 发生反应: $NO+NO_2+2NaOH=2NaNO_3+H_2O$, 但由于杂质的含量一般较少, 所以也不会对 NO 的量产生较大的影响, 故 D 正确;

故选: A。

【点评】本题考查了气体除杂质, 要掌握各物质的性质, 难度不大, 注重基础。

4. (6分) 铑的配合物离子 $[Rh(CO)_2I_2]^-$ 可催化甲醇羰基化, 反应过程如图所示。下列叙述错误的是 ()



A. CH_3COI 是反应中间体

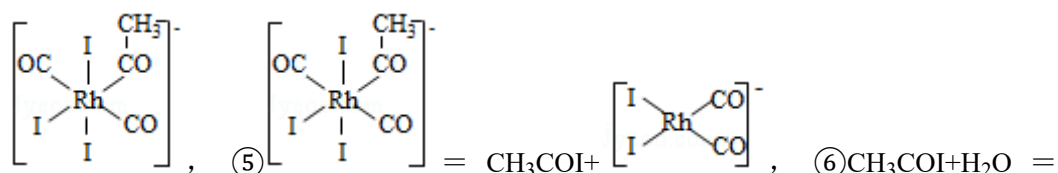
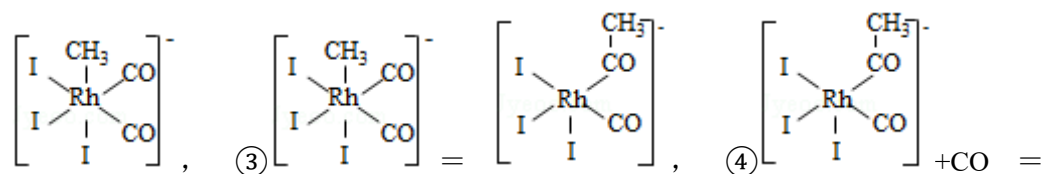
B. 甲醇羰基化反应为 $CH_3OH+CO=CH_3CO_2H$

C. 反应过程中 Rh 的成键数目保持不变

D. 存在反应 $CH_3OH+HI=CH_3I+H_2O$

【分析】A、由图可知, 铑的配合物离子 $[Rh(CO)_2I_2]^-$ 生成 CH_3COI , CH_3COI 继续与 H_2O 反应生成 HI 和 CH_3CO_2H ;

B、由图可知发生的反应依次为：① $\text{CH}_3\text{OH}+\text{HI}=\text{CH}_3\text{I}+\text{H}_2\text{O}$ ，② $\left[\begin{array}{c} \text{I} \quad \text{CO} \\ \diagdown \quad / \\ \text{Rh} \\ / \quad \diagdown \\ \text{I} \quad \text{CO} \end{array}\right]^- + \text{CH}_3\text{I} =$



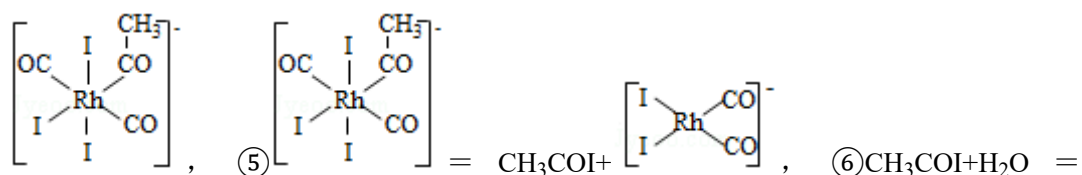
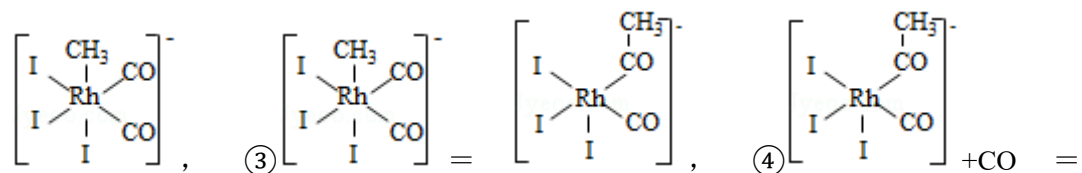
$\text{HI} + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ，6个反应依次发生；

C、由图可以看出 Rh 的成键数目由 4 - 6 - 5 - 6 - 4 变化；

D、由 B 分析及图中箭头方向判断出此步反应。

【解答】解：A、由图可知，铑的配合物离子 $(\text{Rh}(\text{CO})_2\text{I}_2)^-$ 生成 CH_3COI ， CH_3COI 继续与 H_2O 反应生成 HI 和 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ，所以 CH_3COI 是反应中间体，故 A 正确；

B、由图可知发生的反应依次为：① $\text{CH}_3\text{OH}+\text{HI}=\text{CH}_3\text{I}+\text{H}_2\text{O}$ ，② $\left[\begin{array}{c} \text{I} \quad \text{CO} \\ \diagdown \quad / \\ \text{Rh} \\ / \quad \diagdown \\ \text{I} \quad \text{CO} \end{array}\right]^- + \text{CH}_3\text{I} =$



$\text{HI} + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ，6个反应依次发生，6个反应方程式相加和，消去中间产物得出总反应：

$\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} = \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ，故 B 正确；

C、由图可以看出 Rh 的成键数目由 4 变为 6 再变为 5 再变为 6 再变为 4，依次循环，故 C 错误；

D、由 B 分析，按照箭头方向可知 CH_3OH 和 HI 反应生成 CH_3I 和 H_2O ，反应方程式为：即 $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HI} = \text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O}$ ，故 D 正确；

故选：C。

【点评】 本题考查学生对有机化学基础的理解和掌握，题目难度中等，掌握反应类型、化学反应原理等，明确由化学反应是解题关键。同时也考查了学生阅读题目获取新信息的能力，需要学生具备扎实的基础与综合运用知识、信息分析解决问题能力。

5. (6分) 1934年约里奥-居里夫妇在核反应中用 α 粒子(即氦核 ${}^4_2\text{He}$)轰击金属原子 ${}^W_Z\text{X}$, 得到核素 ${}^{30}_{Z+2}\text{Y}$, 开创了人造放射性核素的先河: ${}^W_Z\text{X} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{Z+2}\text{Y} + {}^1_0\text{n}$ 其中元素X、Y的最外层电子数之和为8。下列叙述正确的是()
- A. ${}^W_Z\text{X}$ 的相对原子质量为26
- B. X、Y均可形成三氯化物
- C. X的原子半径小于Y的
- D. Y仅有一种含氧酸

【分析】 由 ${}^W_Z\text{X} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{Z+2}\text{Y} + {}^1_0\text{n}$ 及质量守恒可知, $W = 30 + 1 - 4 = 27$, X、Y的最外层电子数之和为8, X的最外层电子数为 $\frac{8-2}{2} = 3$, 金属原子 ${}^W_Z\text{X}$ 的质量数为27、且位于IIIA族, $Z = 13$ 符合题意, 则X为Al; Y的最外层电子数为 $8 - 3 = 5$, 质子数为 $13 + 2 = 15$, Y为P, 以此来解答。

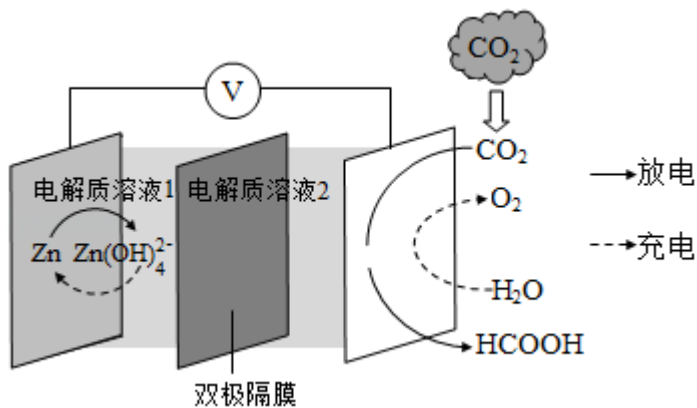
【解答】 解: 由上述分析可知X为Al、Y为P,

- A. W为27, X原子的相对原子质量为27, 故A错误;
- B. X、Y可形成三氯化物分别为 AlCl_3 、 PCl_3 , 故B正确;
- C. 同周期从左向右原子半径减小, 则X的原子半径大于Y的半径, 故C错误;
- D. Y的含氧酸有磷酸、偏磷酸等, 故D错误;

故选: B。

【点评】 本题考查原子结构与元素周期律, 为高频考点, 把握最外层电子数、质量守恒来推断元素为解答的关键, 同时侧重分析与应用能力的考查, 注意规律性知识的应用, 题目难度不大。

6. (6分) 科学家近年发明了一种新型Zn - CO_2 水介质电池。电池示意图如图, 电极为金属锌和选择性催化材料。放电时, 温室气体 CO_2 被转化为储氢物质甲酸等, 为解决环境和能源问题提供了一种新途径。下列说法错误的是()



- A. 放电时，负极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$
- B. 放电时，1mol CO_2 转化为 HCOOH ，转移的电子数为 2mol
- C. 充电时，电池总反应为 $2\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} = 2\text{Zn} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
- D. 充电时，正极溶液中 OH^- 浓度升高

【分析】 电极为金属锌放电时，由图示知负极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ，温室气体 CO_2 被转化为储氢物质甲酸为还原反应，充电时阳极生成氧气，阴极发生还原反应生成锌，据此答题。

【解答】 解 A. 放电时，金属锌做负极生成 $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ，负极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ，故 A 正确；

B. 放电时， CO_2 中碳的化合价为+4 价， HCOOH 中碳的化合价+2，1mol CO_2 转化为 HCOOH ，降低 2 价，转移的电子数为 2mol，故 B 正确；

C. 充电时，阳极电极反应： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，阴极反应： $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} = \text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^-$ ，电池总反应为 $2\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} = 2\text{Zn} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ，故 C 正确；

D. 充电时，阳极（原电池的正极）电极反应： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，溶液中 H^+ 浓度增大，溶液中 $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = K_w$ ，温度不变时， K_w 不变，因此溶液中 OH^- 浓度降低，故 D 错误；

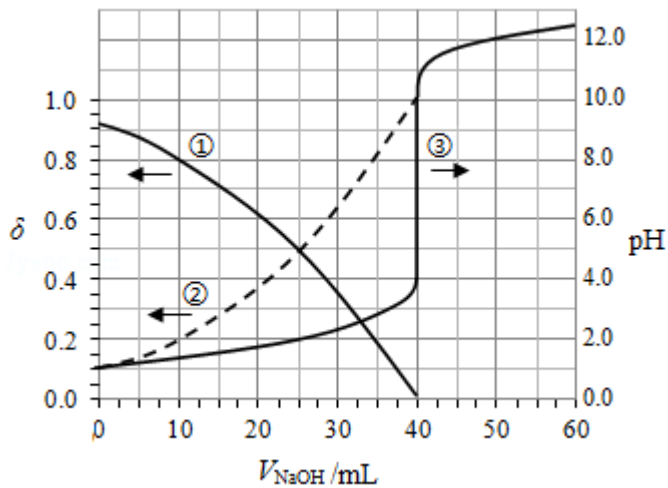
故选：D。

【点评】 本题考查原电池原理、电解池原理、电极方程式的书写、离子电子的转移等知识点，是高频考点，难度中等，注重基础。

7. (6 分) 以酚酞为指示剂，用 $0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液滴定 20.00mL 未知浓度的二元酸 H_2A 溶液。溶液中， pH 、分布系数 δ 随滴加 NaOH 溶液体积 V_{NaOH} 的变化关系如图

所示。[比如 A^{2-} 的分布系数： $\delta(\text{A}^{2-}) = \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{HA}^-) + c(\text{A}^{2-})}$]

下列叙述正确的是 ()



- A. 曲线①代表 $\delta(\text{H}_2\text{A})$, 曲线②代表 $\delta(\text{HA}^-)$
 B. H_2A 溶液的浓度为 $0.2000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
 C. HA^- 的电离常数 $K_a=1.0\times 10^{-2}$
 D. 滴定终点时, 溶液中 $c(\text{Na}^+) < 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{HA}^-)$

【分析】A、曲线①一直在减小, 曲线②在一直增加, 且两者相加等于 1;

B、溶液的 pH 发生突变时, 滴有酚酞的溶液发生颜色变化, 到达滴定终点, 即 NaOH 和 H_2A 恰好完全反应;

C、 HA^- 的电离常数 $K_a = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)}$;

D、滴定终点时 $\delta(\text{HA}^-) = 0$, 溶液中的电荷守恒: $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ 。

【解答】解: A、在未加 NaOH 溶液时, 曲线①的分布系数与曲线②的分布系数之和等于 1, 且 δ 曲线①一直在减小, 曲线②在一直增加; 说明 H_2A 第一步完全电离, 第二步存在电离平衡, 即 $\text{H}_2\text{A} = \text{HA}^- + \text{H}^+$, $\text{HA}^- \rightleftharpoons \text{A}^{2-} + \text{H}^+$, 曲线①代表 $\delta(\text{HA}^-)$; 当加入用 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液 40.00mL 滴定后, 发生 $\text{NaHA} + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{A} + \text{H}_2\text{O}$, HA^- 的分布系数减小, A^{2-} 的分布系数在增大, 且曲线②在一直在增加, 在滴定终点后与③重合, 所以曲线②代表 $\delta(\text{A}^{2-})$, 故 A 错误;

B、当加入 40.00mLNaOH 溶液时, 溶液的 pH 发生突变, 到达滴定终点, 说明 NaOH 和 H_2A 恰好完全反应, 根据反应 $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{A} = \text{Na}_2\text{A} + 2\text{H}_2\text{O}$, $n(\text{NaOH}) = 2n(\text{H}_2\text{A})$, c

$(\text{H}_2\text{A}) = \frac{0.1000\text{mol/L} \times 40\text{mL}}{2 \times 20.00\text{mL}} = 0.1000\text{mol/L}$, 故 B 错误;

C、由于 H_2A 第一步完全电离，则 HA^- 的起始浓度为 0.1000mol/L ，根据图象，当 $V_{NaOH}=0$ 时， HA^- 的分布系数为 0.9 ，溶液的 $\text{pH}=1$ ， A^{2-} 的分布系数为 0.1 ，则 HA^- 的电离平衡

$$\text{常数 } K_a = \frac{c(A^{2-}) \cdot c(H^+)}{c(HA^-)} = \frac{0.1000\text{mol/L} \times 0.1 \times 0.1000\text{mol/L}}{0.1000\text{mol/L} \times 0.9} \approx 1 \times 10^{-2}, \text{ 故 C 正}$$

确；

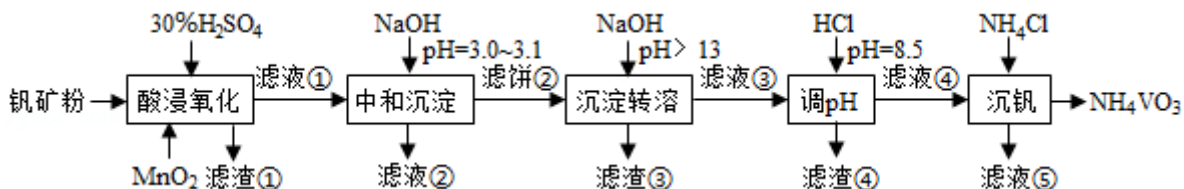
D、用酚酞作指示剂，酚酞变色的 pH 范围为 $8.2 \sim 10$ ，终点时溶液呈碱性， $c(OH^-) > c(H^+)$ ，溶液中的电荷守恒， $c(H^+) + c(Na^+) = 2c(A^{2-}) + c(OH^-) + c(HA^-)$ ，则 $c(Na^+) > 2c(A^{2-}) + c(HA^-)$ ，故 D 错误；

故选：C。

【点评】 本题考查学生对酸碱混合时的定性判断和 pH 的理解和掌握，以及阅读题目获取新信息能力等，熟练掌握电离平衡、水解平衡的影响原理等，需要学生具备扎实的基础与综合运用知识、信息分析解决问题能力，题目难度中等。明确曲线①②③是解题关键。

二、非选择题：共 58 分。第 8~10 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 11~12 题为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题：共 43 分。

8. (14 分) 钒具有广泛用途。黏土钒矿中，钒以 +3、+4、+5 价的化合物存在，还包括钾、镁的铝硅酸盐，以及 SiO_2 、 Fe_3O_4 。采用以下工艺流程可由黏土钒矿制备 NH_4VO_3 。



该工艺条件下，溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH 如下表所示：

金属离子	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Al^{3+}	Mn^{2+}
开始沉淀 pH	1.9	7.0	3.0	8.1
完全沉淀 pH	3.2	9.0	4.7	10.1

回答下列问题：

- “酸浸氧化”需要加热，其原因是 加快酸浸和氧化反应速率。
- “酸浸氧化”中， VO^+ 和 VO^{2+} 被氧化成 VO_2^+ ，同时还有 Fe^{2+} 离子被氧化。写出 VO^+ 转化为 VO_2^+ 反应的离子方程式 $VO^+ + 2H^+ + MnO_2 = VO_2^+ + Mn^{2+} + H_2O$ 。
- “中和沉淀”中，钒水解并沉淀为 $V_2O_5 \cdot xH_2O$ ，随滤液②可除去金属离子 K^+ 、

Mg^{2+} 、 Na^+ 、 Mn^{2+} ，以及部分的 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 。

(4) “沉淀转溶”中， $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化为钒酸盐溶解。滤渣③的主要成分是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

(5) “调 pH”中有沉淀生成，生成沉淀反应的化学方程式是 $\text{HCl} + \text{NaAl}(\text{OH})_4 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ 。

(6) “沉钒”中析出 NH_4VO_3 晶体时，需要加入过量 NH_4Cl ，其原因是利用同离子效应，促进 NH_4VO_3 尽可能析出完全。

【分析】黏土钒矿中，钒以+3、+4、+5 价的化合物存在，还包括钾、镁的铝硅酸盐，以及 SiO_2 、 Fe_3O_4 ，加入稀硫酸，使 Fe_3O_4 生成 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} ；加入 MnO_2 氧化还原性的 Fe^{2+} 成 Fe^{3+} ； VO^+ 和 VO^{2+} 成 VO_2^+ ， SiO_2 和硅酸盐与酸生成的硅酸成为滤渣①，滤液①含有： Fe^{3+} 、 VO_2^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} ；滤液①加入 NaOH 溶液至 $\text{pH}=3.0\sim 3.1$ ，中和过量的硫酸并沉淀 Fe^{3+} ，使钒水解并沉淀为 $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，得滤饼②，除去滤液② Mn^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 及部分 Fe^{3+} 、 Al^{3+} ；滤饼②加入过量 NaOH 溶液至 $\text{pH}>13$ ，沉淀转溶得滤液③，滤液③含有 $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 生成 VO_3^- 和溶于碱的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 生成的 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ；滤渣③为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，滤液③加入盐酸调 pH， $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 即滤渣④；滤液④含有 VO_3^- ，加入 NH_4Cl 沉钒的产物 NH_4VO_3 ；和滤液⑤ NaCl 溶液；

(1) 升高温度，反应速率加快；

(2) 加入氧化性物质可除去具有还原性的离子；依据电子转移守恒和元素守恒写出离子方程式；

(3) 根据某些离子沉淀的 pH，找出相应沉淀的离子；

(4) Fe^{3+} 溶液呈强碱性时转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ；

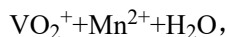
(5) 加入酸沉淀离子 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ；

(6) NH_4Cl 溶于水电离出 NH_4^+ ，根据沉淀溶解平衡原理，利用等离子效应。

【解答】解：(1) 温度升高反应速率加快；加快酸浸氧化的反应速率，

故答案为：加快酸浸和氧化反应速率；

(2) 加入氧化剂 MnO_2 ，除了氧化具有还原性的 VO^+ 和 VO^{2+} ，还可以氧化还原性的 Fe^{2+} 为 Fe^{3+} ；以便后面步骤一次性的除去 Fe 元素；酸浸氧化 VO^+ 转化为 VO_2^+ ，根据电荷守恒和电子转移守恒得出：在酸性条件下，+3 价的钒化合价升高 2 生成 +5 价， MnO_2 中 +4 价的锰化合价降低 2 生成 +2 价，所以反应的离子方程式为： $\text{VO}^+ + 2\text{H}^+ + \text{MnO}_2 =$



故答案为： Fe^{2+} ； $\text{VO}^+ + 2\text{H}^+ + \text{MnO}_2 = \text{VO}_2^+ + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ；

(3) “中和沉淀”中，滤液①加入 NaOH 溶液至 $\text{pH} = 3.0 \sim 3.1$ ，中和过量的硫酸并沉淀 Fe^{3+} 和 Al^{3+} ，使钒水解并沉淀为 $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，得滤饼②，除去滤液② Mn^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 及部分 Fe^{3+} 、 Al^{3+} ，

故答案为： Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 和 Al^{3+} ；

(4) 滤液①加入 NaOH 溶液至 $\text{pH} = 3.0 \sim 3.1$ ，中和过量的硫酸并沉淀 Fe^{3+} ，使钒水解并沉淀为 $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，得滤饼②，

故答案为： $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ；

(5) 滤液③含有 $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 生成 VO_3^- 和溶于碱的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 生成的 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ；滤液③加入盐酸调 pH， $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 即滤渣④；化学方程式为： $\text{HCl} + \text{NaAl}(\text{OH})_4 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ，

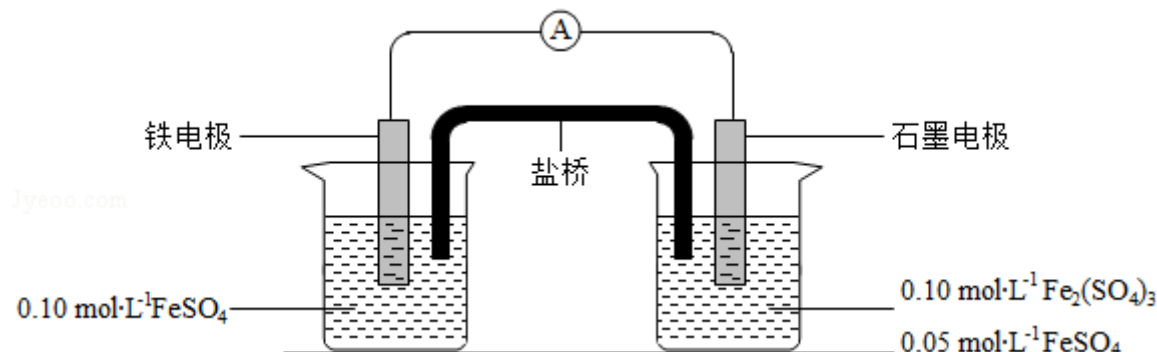
故答案为： $\text{HCl} + \text{NaAl}(\text{OH})_4 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ；

(6) “沉钒”中析出 NH_4VO_3 晶体时， NH_4VO_3 沉淀溶解平衡方程式为： $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{VO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{VO}_3(\text{s})$ ，需要加入过量 NH_4Cl ， NH_4Cl 溶于水电离出 NH_4^+ ，增大 $c(\text{NH}_4^+)$ ，利用同离子效应，促进 NH_4VO_3 尽可能析出完全。

故答案为：利用同离子效应，促进 NH_4VO_3 尽可能析出完全。

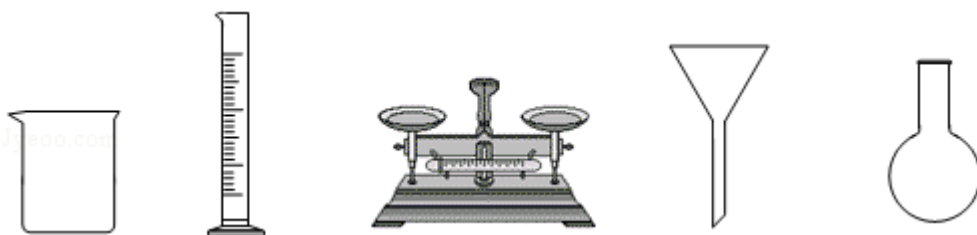
【点评】 本题考查学生对化学实验的理解和掌握，题目难度中等，掌握每步的除杂和分离目的等，明确由工艺流程写出相应反应是解题关键。同时考查学生阅读题目获取新信息的能力，需要学生具备扎实的基础与综合运用知识、信息分析解决问题能力。

9. (15 分) 为验证不同化合价铁的氧化还原能力，利用下列电池装置进行实验。



回答下列问题：

(1) 由 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 固体配制 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeSO}_4$ 溶液，需要的仪器有药匙、玻璃棒、托盘天平、烧杯、量筒 (从下列图中选择，写出名称)。



(2) 电池装置中，盐桥连接两电极电解质溶液。盐桥中阴、阳离子不与溶液中的物质发生化学反应，并且电迁移率 (u^∞) 应尽可能地相近。根据下表数据，盐桥中应选择 KCl 作为电解质。

阳离子	$u^\infty \times 10^8 / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1})$	阴离子	$u^\infty \times 10^8 / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1})$
Li^+	4.07	HCO_3^-	4.61
Na^+	5.19	NO_3^-	7.40
Ca^{2+}	6.59	Cl^-	7.91
K^+	7.62	SO_4^{2-}	8.27

(3) 电流表显示电子由铁电极流向石墨电极。可知，盐桥中的阳离子进入 石墨 电极溶液中。

(4) 电池反应一段时间后，测得铁电极溶液中 $c(\text{Fe}^{2+})$ 增加了 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。石墨电极上未见 Fe 析出。可知，石墨电极溶液中 $c(\text{Fe}^{2+}) = \underline{0.09 \text{ mol/L}}$ 。

(5) 根据 (3)、(4) 实验结果，可知石墨电极的电极反应式为 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，铁电极反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ 。因此，验证了 Fe^{2+} 氧化性小于 Fe^{3+} ，还原性小于 Fe。

(6) 实验前需要对铁电极表面活化。在 FeSO_4 溶液中加入几滴 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液，将铁电极浸泡一段时间，铁电极表面被刻蚀活化。检验活化反应完成的方法是 取少量活化液，加入洁净的试管中，向其中加入两滴硫氰酸钾溶液，看是否变红，若不变红，说明已经活化完成。

【分析】(1) 配制一定物质的量浓度的溶液用到的仪器有，托盘天平、烧杯、量筒、玻璃棒、容量瓶。

(2) 盐桥中的离子不与溶液中的物质反应，排除了碳酸氢根离子和硝酸根离子，电迁移率尽可能的接近，硫酸根离子的电迁移率与其它离子的相差较大，KCl 的阴阳离子电迁移率相差最小；

(3) 铁电极失去电子，铁电极是负极，石墨电极是正极，原电池内部阳离子向正极移动，所以阳离子向石墨电极移动。

(4) 铁电极反应： $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，铁电极增加 0.02mol/L ，根据电荷守恒，石墨电极反应 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，则石墨电极增加 0.04mol/L ，原溶液是 0.05mol/L ，现在变为 0.09mol/L ；

(5) 铁电极为负极，电极反应： $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，石墨电极为正极，电极反应反应： $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，电池的总反应式为： $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ ，根据氧化剂的氧化性大于氧化产物，所以氧化性： $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$ ，同理还原性 $\text{Fe} > \text{Fe}^{2+}$

(6) 对铁电极活化是除去表面的氧化膜，氧化膜反应完成后，铁单质把三价铁还原，所以只要检验溶液中是否还含有三价铁离子就可以了。

【解答】解析：(1) 配制一定物质的量浓度的溶液用到的仪器有：托盘天平、烧杯、量筒、玻璃棒、容量瓶。图中给出的有托盘天平、烧杯、量筒；

故答案为：托盘天平、烧杯、量筒；

(2) 盐桥中的离子不与溶液中的物质反应，排除了碳酸氢根离子和硝酸根离子，电迁移率尽可能的接近，故选 KCl ；

故答案为： KCl ；

(3) 铁电极失去电子，铁电极是负极，石墨电极是正极，原电池内部阳离子向正极移动，所以阳离子向石墨电极移动；

故答案为：石墨；

(4) 铁电极反应： $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，铁电极增加 0.02mol/L ，石墨电极反应 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，根据电荷守恒，则石墨电极增加 0.04mol/L ，变为 0.09mol/L ；

故答案为： 0.09mol/L ；

(5) 铁电极为负极，电极反应： $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，石墨电极为正极，电极反应反应： $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，电池的总反应式为： $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ ；所以氧化性： $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$ ，还原性 $\text{Fe} > \text{Fe}^{2+}$

故答案为： $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ； $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ； Fe^{3+} ； Fe ；

(6) 对铁电极活化是除去表面的氧化膜，氧化膜反应完成后，铁单质把三价铁还原，所以只要检验溶液中是否还含有三价铁离子就可以了，取少量活化液，加入洁净的试管中，向其中加入两滴硫氰酸钾溶液，看是否变红，若不变红，说明已经活化完成。

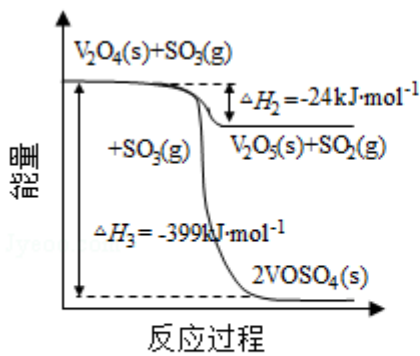
故答案为：取少量活化液，加入洁净的试管中，向其中加入两滴硫氰酸钾溶液，看是否

变红，若不变红，说明已经活化完成。

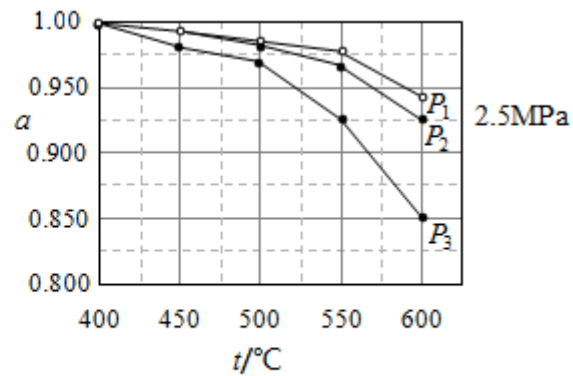
【点评】本题考查了溶液的配制、原电池原理、氧化还原反应、电极方程式书写、离子的检验等知识点，属于学科内综合，考查分析问题，解决问题的能力，难度中等。

10. (14分) 硫酸是一种重要的基本化工产品。接触法制硫酸生产中的关键工序是 SO_2 的催化氧化： $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{钒催化剂}} \text{SO}_3(\text{g}) \Delta H = -98\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。问答下列问题：

(1) 钒催化剂参与反应的能量变化如图(a)所示， $\text{V}_2\text{O}_5(\text{s})$ 与 $\text{SO}_2(\text{g})$ 反应生成 $\text{VOSO}_4(\text{s})$ 和 $\text{V}_2\text{O}_4(\text{s})$ 的热化学方程式为： $2\text{V}_2\text{O}_5(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) = 2\text{VOSO}_4(\text{s}) + \text{V}_2\text{O}_4(\text{s}) \Delta H = -351\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。



图(a)

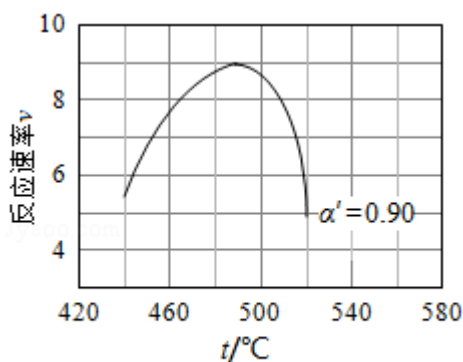


图(b)

(2) 当 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{O}_2(\text{g})$ 和 $\text{N}_2(\text{g})$ 起始的物质的量分数分别为 7.5%、10.5% 和 82% 时，在 0.5MPa、2.5MPa 和 5.0MPa 压强下， SO_2 平衡转化率 α 随温度的变化如图(b)所示。反应在 5.0MPa、550°C 时的 $\alpha = \underline{0.975}$ ，判断的依据是 反应是气体分子数减小的反应，压强越大转化率越大。影响 α 的因素有 压强、温度、投料比。

(3) 将组成(物质的量分数)为 2m% $\text{SO}_2(\text{g})$ 、m% $\text{O}_2(\text{g})$ 和 q% $\text{N}_2(\text{g})$ 的气体通入反应器，在温度 t、压强 p 条件下进行反应。平衡时，若 SO_2 转化率为 α ，则 SO_3 压强为 $\frac{2\alpha mp}{100 - \alpha m}$ ，平衡常数 $K_p = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)^{1.5} \left(\frac{m}{100 - m\alpha}\right)^{0.5}}$ (以分压表示，分压 = 总压 × 物质的量分数)。

(4) 研究表明， SO_2 催化氧化的反应速率方程为： $v = k \left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1\right)^{0.8} (1 - n\alpha')$ 式中： k 为反应速率常数，随温度 t 升高而增大； α 为 SO_2 平衡转化率， α' 为某时刻 SO_2 转化率， n 为常数。在 $\alpha' = 0.90$ 时，将一系列温度下的 k 、 α 值代入上述速率方程，得到 $v \sim t$ 曲线，如图(c)所示。



图(c)

曲线上 v 最大值所对应温度称为该 α' 下反应的最适宜温度 t_m 。 $t < t_m$ 时, v 逐渐提高; $t > t_m$ 后, v 逐渐下降。原因是 反应温度升高, 速率常数 k 增大使速率加快, 但 α 降低造成速率 v 减小, $t < t_m$ 时, k 增大对 v 的提高大于 α 引起的降低; $t > t_m$ 后, 速率常数 k 增大小于 α 引起的降低。

【分析】(1) 由图象得出① $\text{V}_2\text{O}_4(\text{s}) + \text{SO}_3(\text{g}) = \text{V}_2\text{O}_5(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -24\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$,

② $\text{V}_2\text{O}_4(\text{s}) + 2\text{SO}_3(\text{g}) = 2\text{VOSO}_4(\text{s}) \quad \Delta H = -399\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$,

结合盖斯定律可知② - ① $\times 2$ 得到: $2\text{V}_2\text{O}_5(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) = 2\text{VOSO}_4(\text{s}) + \text{V}_2\text{O}_4(\text{s})$;

(2) 当 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{O}_2(\text{g})$ 和 $\text{N}_2(\text{g})$ 起始的物质的量分数分别为 7.5%、10.5% 和 82% 时, 在 0.5MPa、2.5MPa 和 5.0MPa 压强下, SO_2 平衡转化率 α 随温度的变化如图 (b) 所示, 这个 $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{钒催化剂}} \text{SO}_3(\text{g})$ 反应是气体分子数减小的反应, 压强越大转化率越大, 所以反应在 5.0MPa、550°C 时的 $\alpha = 0.975$, 由图象看出压强越大转化率越高, 温度越高转化率越小, 转化率与影响平衡的因素: 温度压强还与投料比有关, 氧气越多 SO_2 平衡转化率 α 越大;

(3) 利用三段式计算出平衡时三氧化硫的量, 利用阿伏伽德罗定律的推论压强之比等于物质的量的比, 分压 = 总压 \times 物质的量分数可解;

(4) $v = k \left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1 \right)^{0.8} (1 - n\alpha')$ 温度升高, 速率常数 k 增大, 反应速率增大; $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{钒催化剂}} \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -98\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. 为放热反应, 平衡转化率 α 减小, $\left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1 \right)^{0.8}$ 减小, 反应速率减小, $t < t_m$ 时, 速率常数 k 增大, 对速率的影响大于因 $\left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1 \right)^{0.8}$ 减小对速率的影响, 总体速率加快; $t > t_m$ 后速率常数 k 增大没有 α 减小对速率影响大, 速率减小。

【解答】解 (1) 由图象得出① $V_2O_4(s) + SO_3(g) = V_2O_5(s) + SO_2(g)$ $\Delta H = -24kJ \cdot mol^{-1}$,



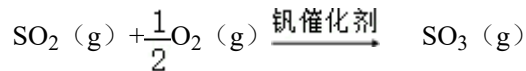
由盖斯定律可知② - ①×2 得到: $2V_2O_5(s) + 2SO_2(g) = 2VOSO_4(s) + V_2O_4(s)$ $\Delta H = -351kJ \cdot mol^{-1}$;

故答案为: $2V_2O_5(s) + 2SO_2(g) = 2VOSO_4(s) + V_2O_4(s)$ $\Delta H = -351kJ \cdot mol^{-1}$;

(2) 当 $SO_2(g)$ 、 $O_2(g)$ 和 $N_2(g)$ 起始的物质的量分数分别为 7.5%、10.5% 和 82% 时, 在 0.5MPa、2.5MPa 和 5.0MPa 压强下, SO_2 平衡转化率 α 随温度的变化如图 (b) 所示, 这个 $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \xrightarrow{\text{钒催化剂}} SO_3(g)$ 反应是气体分子数减小的反应, 压强越大转化率越大, 所以反应在 5.0MPa、550℃ 时的 $\alpha = 0.975$, 由图象看出压强越大转化率越高, 温度越高转化率越小, 转化率与影响平衡的因素: 温度、压强还与投料比有关, 氧气越多 SO_2 平衡转化率 α 越大;

故答案为: 0.975; 该反应是气体分子数减小的反应, 压强越大转化率越大, $P_1 = 5.0MPa$, 该线 550℃ 时的转化率为 97.5%; 压强、温度、投料比;

(3) 根据体积之比等于物质的量的比, $2m\% + m\% + q\% = 100\%$ $3m + p = 100$, 设 SO_2 的物质的量为 $2m$, O_2 的物质的量为 m



开始 $2m$ m 0

变化 $\alpha \times 2m$ $\alpha \times m$ $\alpha \times 2m$

平衡 $2m - \alpha \times 2m$ $m - \alpha \times m$ $\alpha \times 2m$

反应后的总量: $2m - \alpha \times 2m + m - \alpha \times m + \alpha \times 2m + q = 3m + q - \alpha m$, 结合 $3m + p = 100$, 反应后的总量 = $100 - \alpha m$,

$$\frac{P(SO_3)}{P} = \frac{n(SO_3)}{n(\text{总})} = \frac{2\alpha m}{100 - \alpha m}, \text{ 则 } p(SO_3) = \frac{2\alpha mp}{100 - \alpha m},$$

$$\text{平衡常数 } K_p = \frac{p(SO_3)}{P(SO_2)P^{0.5}(O_2)} = \frac{\frac{2\alpha m}{100 - \alpha m} p}{\frac{2m(1-\alpha)}{100 - \alpha m} p^{0.5} \frac{(m - \alpha m)^{0.5}}{(100 - \alpha m)^{0.5} p^{0.5}}} =$$

$$\frac{\alpha}{(1-\alpha)^{1.5} \left(\frac{m}{100-m\alpha} p\right)^{0.5}},$$

故答案为: $\frac{2\alpha mp}{100-\alpha m}; = \frac{\alpha}{(1-\alpha)^{1.5} \left(\frac{m}{100-m\alpha} p\right)^{0.5}};$

(4) $v=k \left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1\right)^{0.8} (1 - n\alpha')$ 温度升高, 表达式中速率常数 k 增大, 反应速率增大; $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{钒催化剂}} \text{SO}_3(\text{g}) \Delta H = -98\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 为放热反应, 平衡转化率 α 减小, $\left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1\right)^{0.8}$ 减小, 反应速率减小, $t < t_m$ 时, 速率常数 k 增大, 对速率的影响大于因 $\left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1\right)^{0.8}$ 减小对速率的影响, 总体速率加快; $t > t_m$ 后速率常数 k 增大没有 α 减小对速率影响大, 速率减小。

故答案为: 反应温度升高, 速率常数 k 增大使速率加快, 但 α 降低造成速率 v 减小。 $t < t_m$ 时, k 增大对 v 的提高大于 α 引起的降低; $t > t_m$ 后, 速率常数 k 增大小于 α 引起的降低。

【点评】 本题考查了热化学方程式的书写, 平衡转化率、压强平衡常数等知识点, 情景陌生, 要好好利用图象, 考查分析问题的能力, 计算能力, 难度较大。

(二) 选考题: 共 15 分。请考生从 2 道化学题中任选一题作答。如果多做, 则按所做的第一题计分。[化学--选修 3: 物质结构与性质] (15 分)

11. (15 分) Goodenough 等人因在锂离子电池及钴酸锂、磷酸铁锂等正极材料研究方面的卓越贡献而获得 2019 年诺贝尔化学奖。回答下列问题:

(1) 基态 Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 离子中未成对的电子数之比为 4: 5。

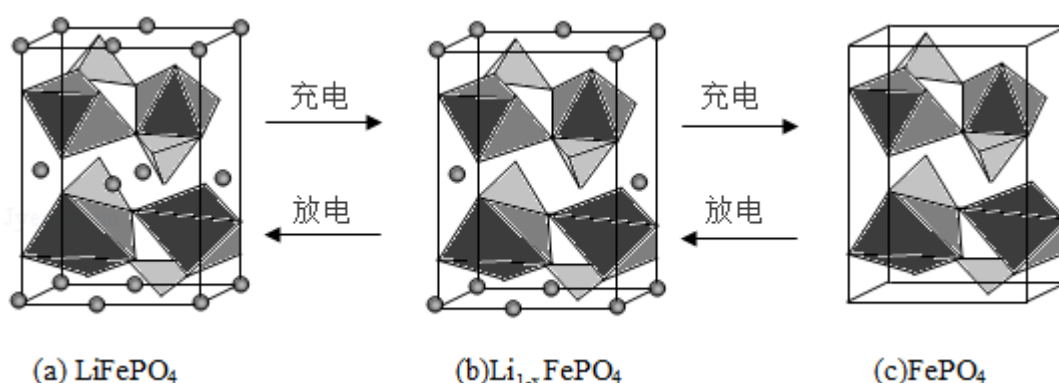
(2) Li 及其周期表中相邻元素的第一电离能 (I_1) 如表所示。 $I_1(\text{Li}) > I_1(\text{Na})$, 原因是 Li 与 Na 同族, Na 电子层多, 原子半径大, 易失电子。 $I_1(\text{Be}) > I_1(\text{B}) > I_1(\text{Li})$, 原因是 Li、Be、B 同周期, 核电荷数依次增加, Be 的电子排布为: $1s^2 2s^2$, 全满稳定结构, 第一电离能最大, 与 Li 相比, B 的核电荷数大, 半径小, 较难失去电子, 第一电离能较大。

$I_1 / (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$		
Li		B
520		Be 801
		900

Na	Al
496	Mg 578
	738

(3) 磷酸根离子的空间构型为 正四面体形，其中 P 的价层电子对数为 4、杂化轨道类型为 sp³。

(4) LiFePO₄ 的晶胞结构示意图如 (a) 所示。其中 O 围绕 Fe 和 P 分别形成正八面体和正四面体，它们通过共顶点、共棱形成空间链结构。每个晶胞中含有 LiFePO₄ 的单元数有 4 个。



电池充电时，LiFePO₄ 脱出部分 Li⁺，形成 Li_{1-x}FePO₄，结构示意图如 (b) 所示，则 $x = \frac{3}{16}$ ， $n(\text{Fe}^{2+}) : n(\text{Fe}^{3+}) = 13 : 3$ 。

【分析】(1) 基态 Fe 的电子排布式为：1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d⁶4s²；

(2) Li 与 Na 同族，Na 电子层多，原子半径大，易失电子；Be、B、Li 的价电子排布分别为：2s²，2s²2p¹，2s¹；

(3) 根据价层电子对互斥理论，价层电子对数 = 杂化轨道数 = $\sigma + \frac{1}{2}(a - xb)$ ，若为阴离子，a = 价电子数 + 电荷数；价层电子对数 = 4，空间构型为四面体形，去掉孤电子对，即为分子的空间构型；杂化轨道数 = 4，为 sp³ 杂化；

(4) 根据晶胞中的正八面体和正四面体来判断；LiFePO₄ 失去的 Li⁺ 为：棱心上一个，面心上一个；化合物中正负化合价代数和等于 0。

【解答】解：(1) 基态 Fe 的电子排布式为：1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d⁶4s²，基态 Fe 失去最外层 2 个电子得 Fe²⁺，价电子排布为：3d⁶，基态 Fe 失去 3 个电子得 Fe³⁺，价电子排布为：3d⁵，根据洪特规则和泡利原理，d 能级有 5 个轨道，每个轨道最多容纳 2 个电子，Fe²⁺ 有 4 个未成对电子，Fe³⁺ 有 5 个未成对电子，所以未成对电子数之比为：4 : 5，

故答案为：4：5；

(2) Li 与 Na 同族，Na 电子层多，原子半径大，易失电子；Li、Be、B 的电子排布分别为： $1s^2 2s^1$ ， $1s^2 2s^2$ ， $1s^2 2s^2 2p^1$ ，Li、Be、B 同周期，核电荷数依次增加，Be 的电子排布为： $1s^2 2s^2$ ，全满稳定结构，第一电离能最大，与 Li 相比 B 的核电荷数大，半径小，较难失去电子，第一电离能较大，

故答案为：Li 与 Na 同族，Na 电子层多，原子半径大，易失电子；Li、Be、B 同周期，核电荷数依次增加，Be 的电子排布为： $1s^2 2s^2$ ，全满稳定结构，第一电离能最大，与 Li 相比，B 的核电荷数大，半径小，较难失去电子，第一电离能较大；

(3) 根据价层电子对互斥理论， PO_4^{3-} 离子的价层电子对数： $4 + \frac{1}{2}(5+3 - 4 \times 2) = 4 + 0 = 4$ ，VSEPR 构型为：四面体形，去掉孤电子对数 0，即为分子的立体构型，即正四面体形，杂化轨道数=价层电子对数=4，中心原子 P 的杂化类型为： sp^3 杂化；

故答案为：正四面体形；4； sp^3 ；

(4) 根据晶胞中的正八面体和正四面体，可知晶体中含有 4 个单元 $LiFePO_4$ ；由图可知圆球为 Li^+ ， $LiFePO_4$ 失去的 Li^+ 为：棱心上一个，面心上一个；棱心上的为该晶胞的 $\frac{1}{4}$ ，面心上为该晶胞的 $\frac{1}{2}$ ；因晶体中含有 4 个单元 $LiFePO_4$ ，所以 $x = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$ ，则 $1 - x = 1 - \frac{3}{16} = \frac{13}{16}$ ，所以化学式为 $Li_{\frac{13}{16}}FePO_4$ ，根据化合价代数和等于 0，设 Fe^{2+} 的


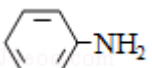

个数为 x ， Fe^{3+} 的个数为 y ， $\frac{13}{16} + 2x + 3y + 5 = 8$ ，又因 $x + y = 1$ ，解得 $x = \frac{13}{16}$ 、 $y = \frac{3}{16}$ ，

所以个数比为 13：3，

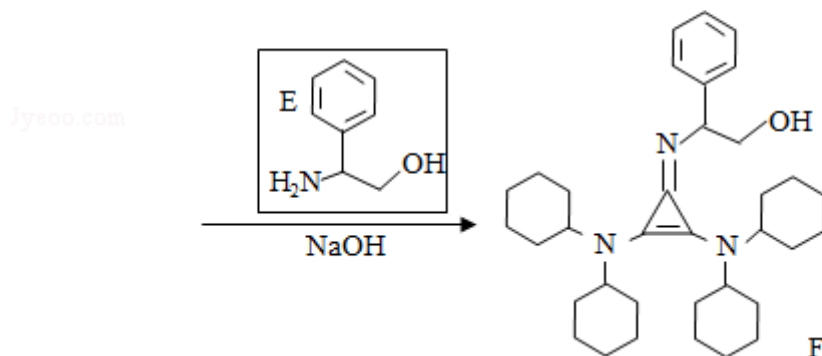
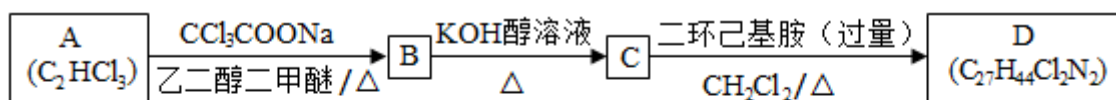
故答案为：4； $\frac{3}{16}$ ；13：3；

【点评】 本题考查学生对原子结构和性质的理解和掌握，题目难度中等，掌握常见的基态原子的电子排布、第一电离能、杂化方式、晶胞的计算等，明确原子杂化原理和晶胞计算方法是解题关键。阅读题目获取新信息能力等，需要学生具备扎实的基础与综合运用知识、信息分析解决问题能力。

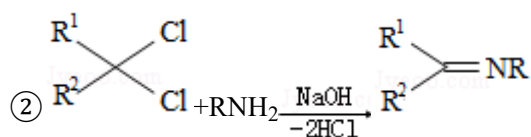
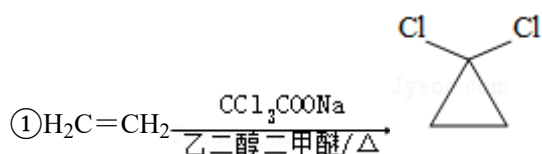
[化学--选修 5：有机化学基础] (15 分)

12. 有机碱，例如二甲基胺 ()、苯胺 ()、吡啶 () 等，在有机合成中应用很普遍，目前“有机超强碱”的研究越来越受到关注。以下为有机超强碱 F

的合成路线:



已知如下信息:

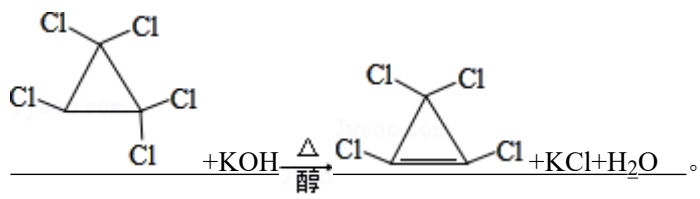


③ 苯胺与甲基吡啶互为芳香同分异构体

回答下列问题:

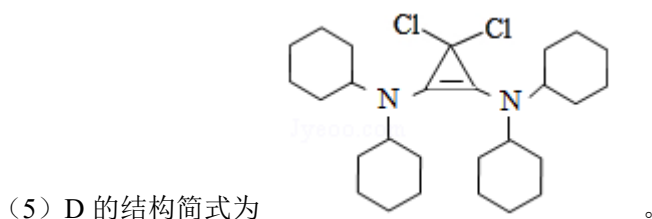
(1) A 的化学名称为 三氯乙烯。

(2) 由 B 生成 C 的化学方程式为

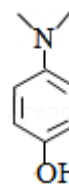


(3) C 中所含官能团的名称为 碳碳双键、氯原子。

(4) 由 C 生成 D 的反应类型为 取代反应。

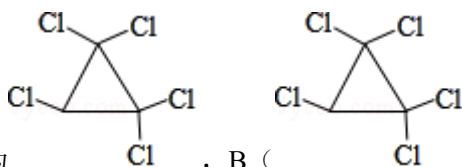


(6) E 的六元环芳香同分异构体中, 能与金属钠反应, 且核磁共振氢谱有四组峰, 峰面

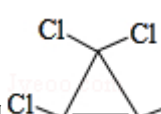
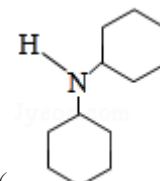


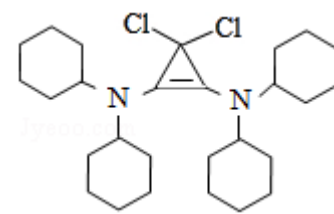
积之比为 6: 2: 2: 1 的有 6 种, 其中, 芳香环上为二取代的结构简式为 。

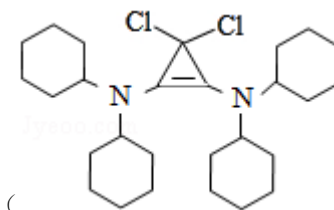
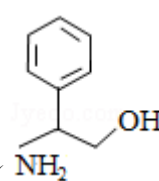
【分析】A (C_2HCl_3) 三氯乙烯在 CCl_3COONa 和乙二醇二甲醚在加热条件下生成 B,

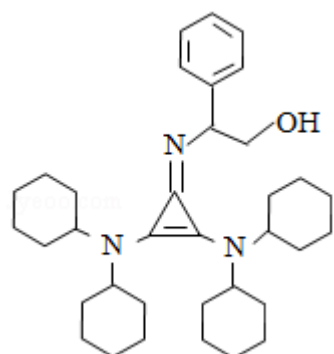


即 B 为 , B () 在 KOH 的醇溶液下加热发生消去反应,

生成 C, 即 , C 与过量的二环己基胺 () 与 CH_2Cl_2 在加热

条件下发生取代反应生成 D, 即 , D

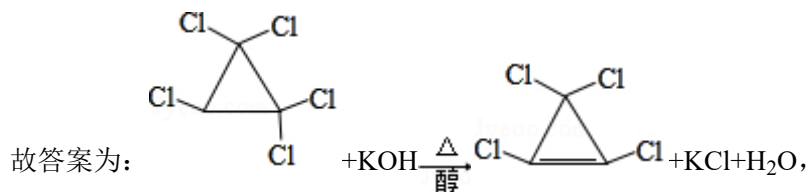
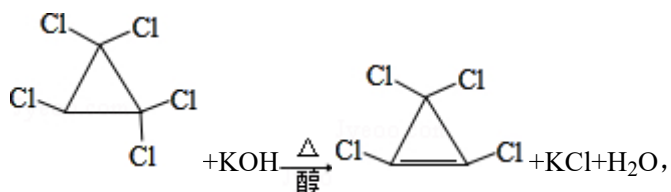
() 与 E () 在 NaOH 条件下反应生成最终产物

F: 。

【解答】解: (1) A (C_2HCl_3) 名称为三氯乙烯,

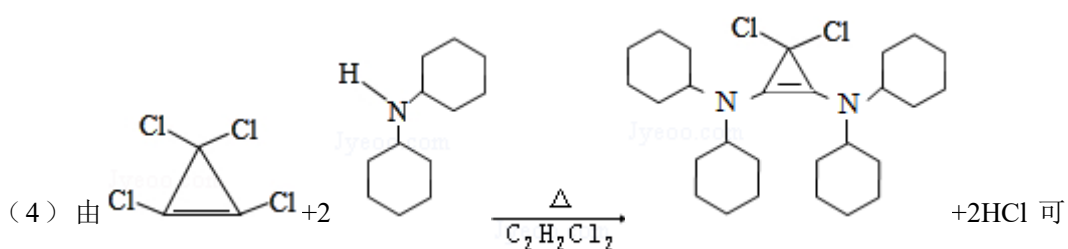
故答案为: 三氯乙烯;

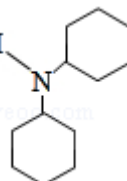
(2) 有分析得出, 由 B 发生消去反应生成 C 的化学方程式为:



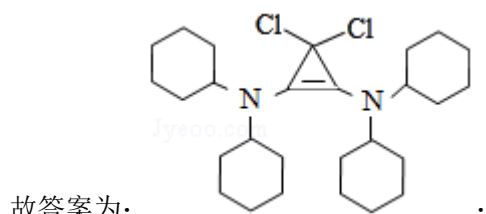
(3) C 中的官能团为: 碳碳双键、氯原子,


故答案为: 碳碳双键、氯原子;



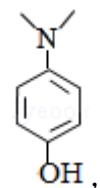
知, C 上 2 个 Cl 原子被二环己基胺 () 去氢后剩余的原子团所取代, 反应类型为: 取代反应,

故答案为: 取代反应;

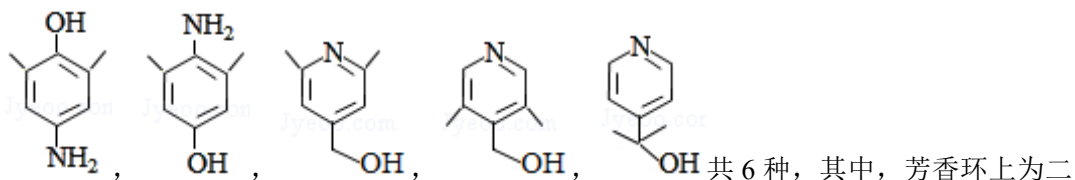


(6) E () 的六元环芳香同分异构体中, 与钠反应产生氢气, 说明含有羟

基，且核磁共振氢谱有四组峰，峰面积之比为 6: 2: 2: 1；说明有两个甲基且对称；又



因苯胺与甲基吡啶互为芳香同分异构体，所以同分异构体的结构简式分别为：



取代的结构简式为

故答案为：6；

【点评】 本题考查学生对有机化学基础的理解和掌握，题目难度中等，掌握有机的命名、反应类型、化学反应原理、同分异构等，明确化学反应及同分异构的书写是解题关键。同时考查了阅读题目获取新信息的能力，需要学生具备扎实的基础与综合运用知识、信息分析解决问题能力。