

1. 下列之物具有典型的齐鲁文化特色，据其主要化学成分不能与其他三种归为一类的是

- A. 泰山墨玉    B. 龙山黑陶    C. 齐国刀币    D. 淄博琉璃

【答案】C

【详解】墨玉、黑陶、琉璃均为陶瓷制品，均属于硅酸盐制品，主要成分均为硅酸盐材料，而刀币的主要成分为青铜，故答案为：C。

2. 实验室中使用盐酸、硫酸和硝酸时，对应关系错误的是

- A. 稀盐酸：配制  $\text{AlCl}_3$  溶液  
B. 稀硫酸：蔗糖和淀粉的水解  
C. 稀硝酸：清洗附有银镜的试管  
D. 浓硫酸和浓硝酸的混合溶液：苯的磺化

【答案】D

【详解】A. 实验室配制  $\text{AlCl}_3$  溶液时向其中加入少量的稀盐酸以抑制  $\text{Al}^{3+}$  水解，A 不合题意；

B. 蔗糖和淀粉的水解时常采用稀硫酸作催化剂，B 不合题意；

C. 清洗附有银镜的试管用稀硝酸，反应原理为：

$3\text{Ag} + 4\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{AgNO}_3 + \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，C 不合题意；

D. 苯的磺化是苯和浓硫酸共热，反应生成苯磺酸的反应，故不需要用到浓硫酸和



浓硝酸的混合溶液，D符合题意；

3. 下列分子属于极性分子的是

- A.  $\text{CS}_2$       B.  $\text{NF}_3$       C.  $\text{SO}_3$       D.  $\text{SiF}_4$

【答案】B

【详解】A.  $\text{CS}_2$  中 C 上的孤电子对数为  $\frac{1}{2} \times (4 - 2 \times 2) = 0$ ， $\sigma$  键电子对数为 2，价层电子对数为 2， $\text{CS}_2$  的空间构型为直线形，分子中正负电中心重合， $\text{CS}_2$  属于非极性分子，A 项不符合题意；

B.  $\text{NF}_3$  中 N 上的孤电子对数为  $\frac{1}{2} \times (5 - 3 \times 1) = 1$ ， $\sigma$  键电子对数为 3，价层电子对数为 4， $\text{NF}_3$  的空间构型为三角锥形，分子中正负电中心不重合， $\text{NF}_3$  属于极性分子，B 项符合题意；

C.  $\text{SO}_3$  中 S 上的孤电子对数为  $\frac{1}{2} \times (6 - 3 \times 2) = 0$ ， $\sigma$  键电子对数为 3，价层电子对数为 3， $\text{SO}_3$  的空间构型为平面正三角形，分子中正负电中心重合， $\text{SO}_3$  属于非极性分子，C 项不符合题意；

D.  $\text{SiF}_4$  中 Si 上的孤电子对数为  $\frac{1}{2} \times (4 - 4 \times 1) = 0$ ， $\sigma$  键电子对数为 4，价层电子对数为 4， $\text{SiF}_4$  的空间构型为正四面体形，分子中正负电中心重合， $\text{SiF}_4$  属于非极性分子，D 项不符合题意；

答案选 B。

4. 实验室安全至关重要，下列实验室事故处理方法错误的是

- A. 眼睛溅进酸液，先用大量水冲洗，再用饱和碳酸钠溶液冲洗  
B. 皮肤溅上碱液，先用大量水冲洗，再用 2% 的硼酸溶液冲洗  
C. 电器起火，先切断电源，再用二氧化碳灭火器灭火  
D. 活泼金属燃烧起火，用灭火毛(石棉布)灭火

【答案】A

【详解】A. 眼睛溅进酸液，先用大量水冲洗，再用 3%-5% 的碳酸氢钠溶液冲洗，故 A 错误；

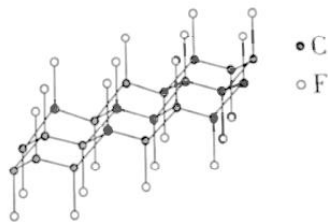
B. 立即用大量水冲洗，边洗边眨眼，尽可能减少酸或碱对眼睛的伤害，再用 20% 的硼酸中和残余的碱，故 B 正确；

C. 电器起火，先切断电源，再用二氧化碳灭火器灭火，故 C 正确；

D. 活泼金属会与水反应，所以燃烧起火，用灭火毛(石棉布)灭火，故 D 正确；

答案为 A。

5. 石墨与  $\text{F}_2$  在  $450^\circ\text{C}$  反应，石墨层间插入 F 得到层状结构化合物  $(\text{CF})_x$ ，该物质仍具润滑性，其单层局部结构如图所示。下列关于该化合物的说法正确的是



- A. 与石墨相比,  $(CF)_x$  导电性增强  
 B. 与石墨相比,  $(CF)_x$  抗氧化性增强  
 C.  $(CF)_x$  中 C-C 的键长比 C-F 短  
 D.  $1\text{mol}(CF)_x$  中含有  $2x\text{mol}$  共价单键

【答案】B

【详解】A. 石墨晶体中每个碳原子上未参与杂化的 1 个 2p 轨道上电子在层内离域运动, 故石墨晶体能导电, 而  $(CF)_x$  中没有未参与杂化的 2p 轨道上的电子, 故与石墨相比,  $(CF)_x$  导电性减弱, A 错误;

B.  $(CF)_x$  中 C 原子的所有价键均参与成键, 未有未参与成键的孤电子或者不饱和键, 故与石墨相比,  $(CF)_x$  抗氧化性增强, B 正确;

C. 已知 C 的原子半径比 F 的大, 故可知  $(CF)_x$  中 C-C 的键长比 C-F 长, C 错误;

D. 由题干结构示意图可知, 在  $(CF)_x$  中 C 与周围的 3 个碳原子形成共价键, 每个 C-C 键被 2 个碳原子共用, 和 1 个 F 原子形成共价键, 即  $1\text{mol}(CF)_x$  中含有  $2.5x\text{mol}$  共价单键, D 错误;

故答案为: B。

6. 鉴别浓度均为  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的  $\text{NaClO}$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  三种溶液, 仅用下列一种方法不可行的是

- A. 测定溶液 pH  
 B. 滴加酚酞试剂  
 C. 滴加  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KI}$  溶液  
 D. 滴加饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液

【答案】C

【详解】A.  $\text{NaClO}$  溶液显弱碱性,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液显强碱性,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液显酸性, 则测定溶液 pH 是可以鉴别出来的, 故 A 不符合题意;

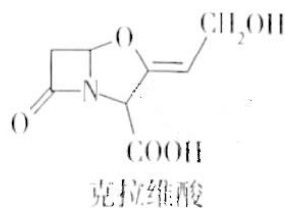
B.  $\text{NaClO}$  溶液显弱碱性,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液显强碱性, 滴入酚酞溶液, 两种溶液颜色变色深浅不一样,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液显酸性, 滴入酚酞不变色, 则滴加酚酞试剂是可以鉴别出来的, 故 B 不符合题意;

C.  $\text{NaClO}$  溶液滴入碘化钾溶液, 发生氧化还原反应生成碘, 液面会由无色变成黄色, 振荡后会变成无色, 而  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液滴入碘化钾溶液后, 因不与两者反应而没有现象, 则仅用滴加  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KI}$  溶液无法鉴别, 则 C 符合题意;

D. 饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{NaClO}$  溶液不反应，和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液反应生成碳酸钡沉淀，和  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液发生双水解反应生成沉淀和气体，则滴入饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液是可以鉴别出来的，故 D 不符合题意；

答案 C。

7. 抗生素克拉维酸的结构简式如图所示，下列关于克拉维酸的说法错误的是



- A. 存在顺反异构  
B. 含有 5 种官能团  
C. 可形成分子内氢键和分子间氢键  
D. 1mol 该物质最多可与 1molNaOH 反应

【答案】D

【详解】A. 由题干有机物结构简式可知，该有机物存在碳碳双键，且双键两端的碳原子分别连有互不同的原子或原子团，故该有机物存在顺反异构，A 正确；

B. 由题干有机物结构简式可知，该有机物含有羟基、羧基、碳碳双键、醚键和酰胺基等 5 种官能团，B 正确；

C. 由题干有机物结构简式可知，该有机物中的羧基、羟基、酰胺基等官能团具有形成氢键的能力，故其分子间可以形成氢键，其中距离较近的某些官能团之间还可以形成分子内氢键，C 正确；

D. 由题干有机物结构简式可知，1mol 该有机物含有羧基和酰胺基各 1mol，这两种官能团都能与强碱反应，故 1mol 该物质最多可与 2molNaOH 反应，D 错误；

8. 一定条件下，乙酸酐  $[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}]$  醇解反应

$[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOR} + \text{CH}_3\text{COOH}]$  可进行完全，利用此反应定量测定有机醇 (ROH) 中的羟基含量，实验过程中酯的水解可忽略。实验步骤如下：

①配制一定浓度的乙酸酐-苯溶液。

②量取一定体积乙酸酐-苯溶液置于锥形瓶中，加入  $\text{mgROH}$  样品，充分反应后，加适量水使剩余乙酸酐完全水解： $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH}$ 。

③加指示剂并用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$ -甲醇标准溶液滴定至终点，消耗标准溶液  $V_1\text{mL}$ 。

④在相同条件下，量取相同体积的乙酸酐-苯溶液，只加适量水使乙酸酐完全水解；加指示剂并用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$ -甲醇标准溶液滴定至终点，消耗标准溶液  $V_2\text{mL}$ 。对于上述

实验，下列做法正确的是

- A. 进行容量瓶检漏时，倒置一次即可
- B. 滴入半滴标准溶液，锥形瓶中溶液变色，即可判定达滴定终点
- C. 滴定读数时，应单手持滴定管上端并保持其自然垂直
- D. 滴定读数时，应双手一上一下持滴定管

【答案】C

【详解】A. 进行容量瓶检漏时，倒置一次，然后玻璃塞旋转 180 度后再倒置一次，故 A 错误；

B. 滴入半滴标准溶液，锥形瓶中溶液变色，且半分钟内不变回原色，才是达到滴定终点，故 B 错误；

C. 滴定读数时，应单手持滴定管上端无刻度处，并保持其自然垂直，故 C 正确；

D. 滴定读数时，应单手持滴定管上端无刻度处，并保持其自然垂直，故 D 错误；答案为 C。

9. 一定条件下，乙酸酐 $[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}]$ 醇解反应

$[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOR} + \text{CH}_3\text{COOH}]$ 可进行完全，利用此反应定量测定有机醇(ROH)中的羟基含量，实验过程中酯的水解可忽略。实验步骤如下：

①配制一定浓度的乙酸酐-苯溶液。

②量取一定体积乙酸酐-苯溶液置于锥形瓶中，加入 mgROH 样品，充分反应后，加适量水使剩余乙酸酐完全水解： $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH}$ 。

③加指示剂并用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH- 甲醇标准溶液滴定至终点，消耗标准溶液  $V_1\text{mL}$ 。

④在相同条件下，量取相同体积的乙酸酐-苯溶液，只加适量水使乙酸酐完全水解；加指示剂并用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH- 甲醇标准溶液滴定至终点，消耗标准溶液  $V_2\text{mL}$ 。ROH 样品中羟基含量(质量分数)计算正确的是

A.  $\frac{c(V_2 - V_1) \times 17}{1000m} \times 100\%$

B.  $\frac{c(V_1 - V_2) \times 17}{1000m} \times 100\%$

C.  $\frac{0.5c(V_2 - V_1) \times 17}{1000m} \times 100\%$

D.  $\frac{c(0.5V_2 - V_1) \times 17}{1000m} \times 100\%$

【答案】C

【分析】用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH- 甲醇标准溶液滴定乙酸酐完全水解生成的乙酸，可以计算乙酸酐的总物质的量，根据反应方程式 $[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOR} + \text{CH}_3\text{COOH}]$ 系数关系，得出 ROH 与乙酸酐反应后剩余的乙酸酐的物质的量，由此可以计算与 ROH 反应的乙酸酐的物质的量，即 R-OH 的物质的量，即羟基的含量。

【详解】根据滴定过程中，用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH- 甲醇标准溶液滴定乙酸酐完全水解生成的乙酸，消耗标准溶液  $V_2\text{mL}$ ，需要消耗  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH- 甲醇的物质的量为  $V_2 \times c \times 10^{-3}\text{mol}$ ，

即乙酸酐的总物质的量 =  $\frac{V_2 \times c \times 10^{-3}}{2}$  mol；则 ROH 与乙酸酐反应后剩余的乙酸酐的物质的量 =  $\frac{V_1 \times c \times 10^{-3}}{2}$  mol，所以与 ROH 反应的乙酸酐的物质的量 =  $\frac{V_2 \times c \times 10^{-3} - V_1 \times c \times 10^{-3}}{2}$  mol，也即样品 ROH 中羟基的物质的量，所以 ROH 样品中羟基质量分数

$$= \frac{\frac{V_2 \times c \times 10^{-3} - V_1 \times c \times 10^{-3}}{2} \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol}}{\text{mg}} \times 100\% = \frac{0.5 (V_2 - V_1) \times c \times 17}{10^3 m} \times 100\%$$
，选 C。

10. 一定条件下，乙酸酐  $[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}]$  醇解反应

$[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOR} + \text{CH}_3\text{COOH}]$  可进行完全，利用此反应定量测定有机醇 (ROH) 中的羟基含量，实验过程中酯的水解可忽略。实验步骤如下：

① 配制一定浓度的乙酸酐-苯溶液。

② 量取一定体积乙酸酐-苯溶液置于锥形瓶中，加入 mgROH 样品，充分反应后，加适量水使剩余乙酸酐完全水解： $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH}$ 。

③ 加指示剂并用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH-甲醇标准溶液滴定至终点，消耗标准溶液  $V_1$  mL。

④ 在相同条件下，量取相同体积的乙酸酐-苯溶液，只加适量水使乙酸酐完全水解：加指示剂并用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH-甲醇标准溶液滴定至终点，消耗标准溶液  $V_2$  mL。根据上述实验原理，下列说法正确的是

- A. 可以用乙酸代替乙酸酐进行上述实验
- B. 若因甲醇挥发造成标准溶液浓度发生变化，将导致测定结果偏小
- C. 步骤③滴定时，不慎将锥形瓶内溶液溅出，将导致测定结果偏小
- D. 步骤④中，若加水量不足，将导致测定结果偏大

【答案】B

【分析】步骤④测定乙酸酐的物质的量为  $\frac{cV_2}{2} \times 10^{-3}$  mol；根据步骤②③可知 mgROH 样品中羟基的物质的量为  $\frac{cV_2}{2} \times 10^{-3} \text{ mol} \times 2 - cV_1 \times 10^{-3} \text{ mol} = c(V_2 - V_1) \times 10^{-3} \text{ mol}$ 。

【详解】A. 乙酸与醇的酯化反应可逆，不能用乙酸代替乙酸酐进行上述实验，故 A 错误；

B. 若甲醇挥发，则甲醇消耗乙酸酐的物质的量减小，剩余乙酸酐的物质的量偏大，消耗氢氧化钠的体积偏大，将导致测定结果偏小，故 B 正确；

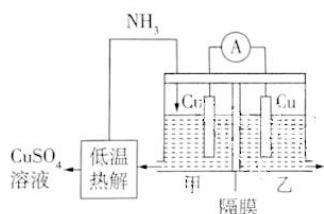
C. 步骤③滴定时，不慎将锥形瓶内溶液溅出，消耗氢氧化钠的体积偏小，将导致测定结果偏大，故 C 错误；

D. 步骤④中，若加水量不足，生成乙酸的物质的量偏小，消耗氢氧化钠的体积偏小，测定乙酸酐初始物质的量偏小，将导致测定结果偏小，故 D 错误；

选 B。

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. 利用热再生氨电池可实现  $\text{CuSO}_4$  电镀废液的浓缩再生。电池装置如图所示，甲、乙两室均预加相同的  $\text{CuSO}_4$  电镀废液，向甲室加入足量氨水后电池开始工作。下列说法正确的是



- A. 甲室 Cu 电极为正极
- B. 隔膜为阳离子膜
- C. 电池总反应为： $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
- D.  $\text{NH}_3$  扩散到乙室将对电池电动势产生影响

【答案】CD

【详解】A. 向甲室加入足量氨水后电池开始工作，则甲室 Cu 电极溶解，变为铜离子与氨气形成  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，因此甲室 Cu 电极为负极，故 A 错误；

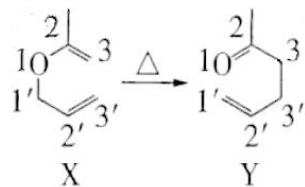
B. 再原电池内电路中阳离子向正极移动，若隔膜为阳离子膜，电极溶解生成的铜离子要向右侧移动，通入氨气要消耗铜离子，显然左侧阳离子不断减小，明显不利于电池反应正常进行，故 B 错误；

C. 左侧负极是  $\text{Cu} - 2\text{e}^- + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，正极是  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ，则电池总反应为： $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，故 C 正确；

D.  $\text{NH}_3$  扩散到乙室会与铜离子反应生成  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，铜离子浓度降低，铜离子得电子能力减弱，因此将对电池电动势产生影响，故 D 正确。

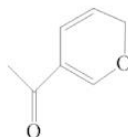
综上所述，答案为 CD。

12. 有机物 X → Y 的异构化反应如图所示，下列说法错误的是



- A. 依据红外光谱可确证 X、Y 存在不同的官能团
- B. 除氢原子外，X 中其他原子可能共平面

C. 含醛基和碳碳双键且有手性碳原子的 Y 的同分异构体有 4 种(不考虑立体异构)



D. 类比上述反应,  的异构化产物可发生银镜反应和加聚反应

【答案】C

【详解】A. 由题干图示有机物 X、Y 的结构简式可知, X 含有碳碳双键和醚键, Y 含有碳碳双键和酮羰基, 红外光谱图中可以反映不同官能团或化学键的吸收峰, 故依据红外光谱可确证 X、Y 存在不同的官能团, A 正确;

B. 由题干图示有机物 X 的结构简式可知, X 分子中存在两个碳碳双键所在的平面, 单键可以任意旋转, 故除氢原子外, X 中其他原子可能共平面, B 正确;

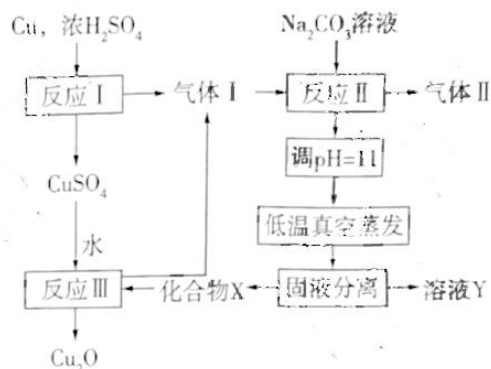
C. 由题干图示有机物 Y 的结构简式可知, Y 的分子式为:  $C_6H_{10}O$ , 则含醛基和碳碳双键且有手性碳原子(即同时连有四个互不相同的原子或原子团的碳原子)的 Y 的同分异构体有:  $CH_3CH=CHCH(CH_3)CHO$ 、 $CH_2=C(CH_3)CH(CH_3)CHO$ 、 $CH_2=CHCH(CH_3)CH_2CHO$ 、 $CH_2=CHCH_2CH(CH_3)CHO$  和  $CH_2=CHCH(CH_2CH_3)CHO$  共 5 种(不考虑立体异构), C 错误;

D. 由题干信息可知, 类比上述反应,  的异构化产物为:  含有碳

碳双键和醛基, 故可发生银镜反应和加聚反应, D 正确;

故答案为: C。

13. 一种制备  $Cu_2O$  的工艺路线如图所示, 反应II所得溶液 pH 在 3~4 之间, 反应III需及时补加 NaOH 以保持反应在 pH=5 条件下进行。常温下,  $H_2SO_3$  的电离平衡常数  $K_{a1}=1.3 \times 10^{-2}$ ,  $K_{a2}=6.3 \times 10^{-8}$ 。下列说法正确的是



- A. 反应I、II、III均为氧化还原反应  
B. 低温真空蒸发主要目的是防止  $NaHSO_3$  被氧化  
C. 溶液 Y 可循环用于反应II所在操作单元吸收气体I



D. 若  $\text{Cu}_2\text{O}$  产量不变, 参与反应III的 X 与  $\text{CuSO}_4$  物质的量之比  $\frac{n(\text{X})}{n(\text{CuSO}_4)}$  增大时, 需补加 NaOH 的量减少

【答案】CD

【分析】铜和浓硫酸反应(反应I)生成二氧化硫气体(气体 I)和硫酸铜, 生成的二氧化硫气体与碳酸钠反应(反应II), 所得溶液 pH 在 3~4 之间, 溶液显酸性, 根据  $\text{H}_2\text{SO}_3$  的电离平衡常数  $K_{a1} = 1.3 \times 10^{-2}$ ,  $K_{a2} = 6.3 \times 10^{-8}$ , 可知  $\text{NaHSO}_3$  溶液显酸性(电离大于水解), 则反应 II 所得溶液成分是  $\text{NaHSO}_3$ , 调节溶液 pH 值至 11, 使  $\text{NaHSO}_3$  转化为  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 低温真空蒸发(防止  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  被氧化), 故固液分离得到  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  晶体和  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  和  $\text{CuSO}_4$  反应的离子方程式是  $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + \text{Cu}_2\text{O} + 4\text{H}^+$ , 反应过程中酸性越来越强, 使  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  转化成  $\text{SO}_2$  气体, 总反应方程式是  $2\text{CuSO}_4 + 3\text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{SO}_2 \uparrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 需及时补加 NaOH 以保持反应在 pH=5 条件下进行, 据此分析解答。

【详解】A. 反应I是铜和浓硫酸反应, 生成二氧化硫, 是氧化还原反应, 反应II是  $\text{SO}_2$  和碳酸钠溶液反应, 生成  $\text{NaHSO}_3$ 、水和二氧化碳, 是非氧化还原反应, 反应III是  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  和  $\text{CuSO}_4$  反应生成  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 是氧化还原反应, 故 A 错误;

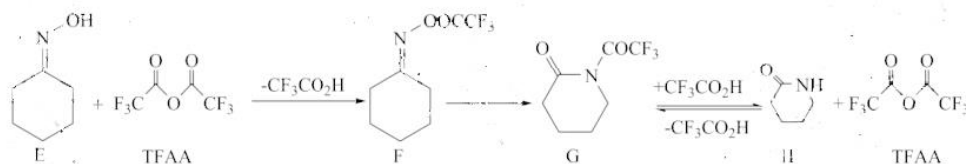
B. 低温真空蒸发主要目的是防止  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  被氧化, 而不是  $\text{NaHSO}_3$ , 故 B 错误;

C. 经分析溶液 Y 的成分是  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液, 可循环用于反应II的操作单元吸收  $\text{SO}_2$  气体(气体I), 故 C 正确;

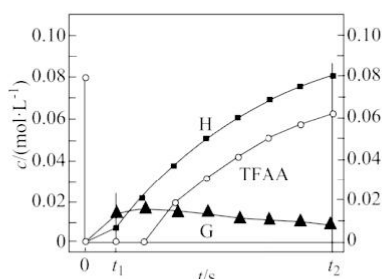
D. 制取  $\text{Cu}_2\text{O}$  总反应方程式是  $2\text{CuSO}_4 + 3\text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{SO}_2 \uparrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 化合物 X 是指  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 若  $\text{Cu}_2\text{O}$  产量不变, 增大  $\frac{n(\text{X})}{n(\text{CuSO}_4)}$  比, 多的  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  会消耗氢离子, 用于控制 pH 值, 可减少 NaOH 的量, 故 D 正确;

答案 CD。

14. 一定条件下, 化合物 E 和 TFAA 合成 H 的反应路径如下:



已知反应初始 E 的浓度为  $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , TFAA 的浓度为  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 部分物种的浓度随时间的变化关系如图所示, 忽略反应过程中的体积变化。下列说法正确的是



- A.  $t_1$ 时刻, 体系中有 E 存在  
 B.  $t_2$ 时刻, 体系中无 F 存在  
 C. E 和 TFAA 反应生成 F 的活化能很小  
 D. 反应达平衡后, TFAA 的浓度为  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

【答案】AC

【分析】一定条件下, 化合物 E 和 TFAA 合成 H 的反应路径中, 共发生三个反应:



$t_1$  之后的某时刻, H 为  $0.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 此时 TFAA 的浓度仍为 0, 则表明  $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  E、起始时的  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  TFAA、G 分解生成的  $0.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  TFAA 全部参加反应, 生成  $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  F; 在  $t_2$  时刻, H 为  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , TFAA 为  $0.06\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , G 为  $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 则 F 为  $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

【详解】A.  $t_1$  时刻, H 的浓度小于  $0.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 此时反应③生成 F 的浓度小于  $0.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 参加反应①的 H 的浓度小于  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 则参加反应 E 的浓度小于  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 所以体系中有 E 存在, A 正确;

B. 由分析可知,  $t_2$  时刻, H 为  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , TFAA 为  $0.06\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , G 为  $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 则 F 为  $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 所以体系中有 F 存在, B 不正确;

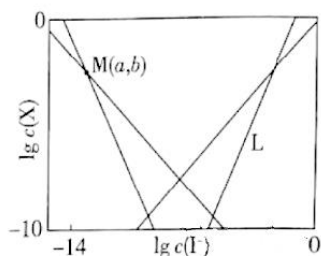
C.  $t_1$  之后的某时刻, H 为  $0.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 此时 TFAA 的浓度仍为 0, 表明此时 E 和 TFAA 完全反应生成 F, 所以 E 和 TFAA 生成 F 的反应速率快, 反应的活化能很小, C 正确;

D. 在  $t_2$  时刻, H 为  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , TFAA 为  $0.06\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , G 为  $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , F 为  $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 只有 F、G 全部转化为 H 和 TFAA 时, TFAA 的浓度才能为  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 而  $\text{G} \rightleftharpoons \text{H} + \text{TFAA}$  为可逆反应, 所以反应达平衡后, TFAA 的浓度一定小于  $0.08\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , D 不正确;

故选 AC。

15. 在含  $\text{HgI}_2(\text{g})$  的溶液中, 一定  $c(\text{I}^-)$  范围内, 存在平衡关系:  $\text{HgI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{HgI}_2(\text{aq})$ ;  $\text{HgI}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 2\text{I}^-$ ;  $\text{HgI}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HgI}^+ + \text{I}^-$ ;  $\text{HgI}_2(\text{aq}) + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{HgI}_3^-$ ;  $\text{HgI}_2(\text{aq}) + 2\text{I}^- \rightleftharpoons \text{HgI}_4^{2-}$ ,

平衡常数依次为  $K_0$ 、 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ 。已知  $\lg c(\text{Hg}^{2+})$ 、 $\lg c(\text{HgI}^+)$ 、 $\lg c(\text{HgI}_3^-)$ 、 $\lg c(\text{HgI}_4^{2-})$  随  $\lg c(\text{I}^-)$  的变化关系如图所示，下列说法错误的是

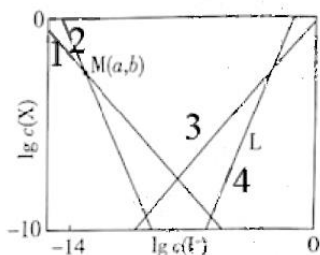


- A. 线 L 表示  $\lg c(\text{HgI}_4^{2-})$  的变化情况
- B. 随  $c(\text{I}^-)$  增大， $c[\text{HgI}_2(\text{aq})]$  先增大后减小
- C.  $a = \lg \frac{K_1}{K_2}$
- D. 溶液中 I 元素与 Hg 元素的物质的量之比始终为 2:1

【答案】B

【分析】由题干反应方程式  $\text{HgI}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 2\text{I}^-$  可知， $K_1 = \frac{c(\text{Hg}^{2+})c^2(\text{I}^-)}{c(\text{HgI}_2)}$ ，则有  $c(\text{Hg}^{2+}) = \frac{K_1 c(\text{HgI}_2)}{c^2(\text{I}^-)}$ ，则有  $\lg c(\text{Hg}^{2+}) = \lg K_1 + \lg c(\text{HgI}_2) - 2\lg c(\text{I}^-)$ ，同理可得：  
 $\lg c(\text{HgI}^+) = \lg K_2 + \lg c(\text{HgI}_2) - \lg c(\text{I}^-)$ ， $\lg c(\text{HgI}_3^-) = \lg K_3 + \lg c(\text{HgI}_2) + \lg c(\text{I}^-)$ ，  
 $\lg c(\text{HgI}_4^{2-}) = \lg K_4 + \lg c(\text{HgI}_2) + 2\lg c(\text{I}^-)$ ，且由  $\text{HgI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{HgI}_2(\text{aq})$  可知  $K_0 = c[\text{HgI}_2(\text{aq})]$  为一定

值，故可知图示中



曲线 1、2、3、4 即 L 分别代表  $\lg c(\text{HgI}^+)$ 、

$\lg c(\text{Hg}^{2+})$ 、 $\lg c(\text{HgI}_3^-)$ 、 $\lg c(\text{HgI}_4^{2-})$ ，据此分析解题。

【详解】A. 由分析可知，线 L 表示  $\lg c(\text{HgI}_4^{2-})$  的变化情况，A 正确；

B. 已知  $\text{HgI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{HgI}_2(\text{aq})$  的化学平衡常数  $K_0 = c[\text{HgI}_2(\text{aq})]$ ，温度不变平衡常数不变，故随  $c(\text{I}^-)$  增大， $c[\text{HgI}_2(\text{aq})]$  始终保持不变，B 错误；

C. 由分析可知，曲线 1 方程为： $\lg c(\text{Hg}^{2+}) = \lg K_1 + \lg c(\text{HgI}_2) - 2\lg c(\text{I}^-)$ ，曲线 2 方程为： $\lg c(\text{HgI}^+) = \lg K_2 + \lg c(\text{HgI}_2) - \lg c(\text{I}^-)$  即有 ①  $b = \lg K_1 + \lg c(\text{HgI}_2) - 2a$ ，②  $b = \lg K_2 + \lg c(\text{HgI}_2) - a$ ，联

合①②可知得： $a = \lg K_1 - \lg K_2 = \lg \frac{K_1}{K_2}$ ，C 正确；

D. 溶液中的初始溶质为  $\text{HgI}_2$ ，根据原子守恒可知，该溶液中 I 元素与 Hg 元素的物质的量之比始终为 2:1，D 正确；

故答案为：B。

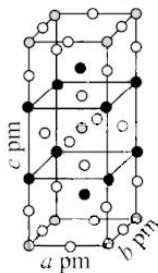
### 三、非选择题：本题共 5 小题，共 60 分。

16. 卤素可形成许多结构和性质特殊的化合物。回答下列问题：

(1)  $-40^\circ\text{C}$  时， $\text{F}_2$  与冰反应生成  $\text{HOF}$  和  $\text{HF}$ 。常温常压下， $\text{HOF}$  为无色气体，固态  $\text{HOF}$  的晶体类型为\_\_\_\_\_， $\text{HOF}$  水解反应的产物为\_\_\_\_\_ (填化学式)。

(2)  $\text{ClO}_2$  中心原子为 Cl， $\text{Cl}_2\text{O}$  中心原子为 O，二者均为 V 形结构，但  $\text{ClO}_2$  中存在大  $\pi$  键 ( $\Pi_3^2$ )。 $\text{ClO}_2$  中 Cl 原子的轨道杂化方式\_\_\_\_\_；为 O-Cl-O 键角\_\_\_\_\_  $\text{Cl}-\text{O}-\text{Cl}$  键角 (填“>”“<”或“=”)。比较  $\text{ClO}_2$  与  $\text{Cl}_2\text{O}$  中 Cl-O 键的键长并说明原因\_\_\_\_\_。

(3) 一定条件下， $\text{CuCl}_2$ 、K 和  $\text{F}_2$  反应生成  $\text{KCl}$  和化合物 X。已知 X 属于四方晶系，晶胞结构如图所示 (晶胞参数  $a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ )，其中 Cu 化合价为 +2。上述反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。若阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ ，化合物 X 的密度  $\rho =$  \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (用含  $N_A$  的代数式表示)。



【答案】(1) ①. 分子晶体 ②.  $\text{HF}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{O}_2$

(2) ①.  $\text{sp}^2$  ②. > ③.  $\text{ClO}_2$  分子中 Cl-O 键的键长小于  $\text{Cl}_2\text{O}$  中 Cl-O 键的键长，其原因是： $\text{ClO}_2$  分子中既存在  $\sigma$  键，又存在大  $\pi$  键，原子轨道重叠的程度较大，因此其中 Cl-O 键的键长较小，而  $\text{Cl}_2\text{O}$  只存在普通的  $\sigma$  键。

(3) ①.  $\text{CuCl}_2 + 4\text{K} + 2\text{F}_2 = \text{K}_2\text{CuF}_4 + 2\text{KCl}$  ②.  $\frac{436 \times 10^{30}}{a^2 c N_A}$

#### 【小问 1 详解】

常温常压下， $\text{HOF}$  为无色气体，则  $\text{HOF}$  的沸点较低，因此，固态  $\text{HOF}$  的晶体类型为分子晶体。 $\text{HOF}$  分子中 F 显 -1 价，其水解时结合  $\text{H}_2\text{O}$  电离的  $\text{H}^+$  生成  $\text{HF}$ ，则  $\text{OH}^-$  结合  $\text{H}_2\text{O}$  电离的  $\text{OH}^-$ ，两者反应生成  $\text{H}_2\text{O}_2$ ， $\text{H}_2\text{O}_2$  不稳定，其分解生成  $\text{O}_2$ ，因此， $\text{HOF}$  水解反应的产物为  $\text{HF}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{O}_2$ 。

#### 【小问 2 详解】

$\text{ClO}_2$  中心原子为 Cl， $\text{Cl}_2\text{O}$  中心原子为 O，二者均为 V 形结构，但  $\text{ClO}_2$  中存在大  $\pi$  键

( $\Pi_3^5$ )。由  $\text{ClO}_2$  中存在  $\Pi_3^5$  可以推断, 其中 Cl 原子只能提供 1 对电子, 有一个 O 原子提供 1 个电子, 另一个 O 原子提供 1 对电子, 这 5 个电子处于互相平行的 P 轨道中形成大  $\pi$  键, Cl 提供孤电子对与其中一个 O 形成配位键, 与另一个 O 形成的是普通的共价键 ( $\sigma$  键, 这个 O 只提供了一个电子参与形成大  $\pi$  键), Cl 的价层电子对数为 3, 则 Cl 原子的轨道杂化方式为  $sp^2$ ;  $\text{Cl}_2\text{O}$  中心原子为 O, 根据价层电子对的计算公式可知  $n = \frac{6+1 \times 2}{2} = 4$ , 因此, O 的杂化方式为  $sp^3$ ; 根据价层电子对互斥理论可知,  $n=4$  时, 价电子对的几何构型为正四面体,  $n=3$  时, 价电子对的几何构型平面正三角形,  $sp^2$  杂化的键角一定大于  $sp^3$  的, 因此, 虽然  $\text{ClO}_2$  和  $\text{Cl}_2\text{O}$  均为 V 形结构, 但 O-Cl-O 键角大于 Cl-O-Cl 键角, 孤电子对对成键电子对的排斥作用也改变不了这个结论。  $\text{ClO}_2$  分子中 Cl-O 键的键长小于  $\text{Cl}_2\text{O}$  中 Cl-O 键的键长, 其原因是:  $\text{ClO}_2$  分子中既存在  $\sigma$  键, 又存在大  $\pi$  键, 原子轨道重叠的程度较大, 因此其中 Cl-O 键的键长较小, 而  $\text{Cl}_2\text{O}$  只存在普通的  $\sigma$  键。

【小问 3 详解】

一定条件下,  $\text{CuCl}_2$ 、K 和  $\text{F}_2$  反应生成 KCl 和化合物 X。已知 X 属于四方晶系, 其中 Cu 化合价为 +2。由晶胞结构图可知, 该晶胞中含有黑球的个数为  $8 \times \frac{1}{4} + 2 = 4$ 、白球的个数为  $16 \times \frac{1}{4} + 4 \times \frac{1}{2} + 2 = 8$ 、灰色球的个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ , 则 X 中含有 3 种元素, 其个数比为 1:2:4, 由于其中 Cu 化合价为 +2、F 的化合价为 -1、K 的化合价为 +1, 根据化合价代数和为 0, 可以推断 X 为  $\text{K}_2\text{CuF}_4$ , 上述反应的化学方程式为  $\text{CuCl}_2 + 4\text{K} + 2\text{F}_2 = \text{K}_2\text{CuF}_4 + 2\text{KCl}$ 。若阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ , 晶胞的质量为  $\frac{2 \times 218}{N_A} \text{g}$ ,

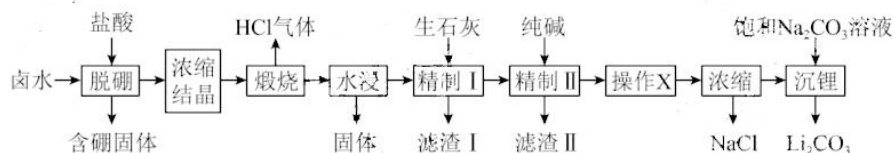
晶胞的体积为  $a^3 \text{cm}^3 = a^2 c \times 10^{-30} \text{cm}^3$ , 化合物 X 的密度  $\rho = \frac{\frac{2 \times 218}{N_A} \text{g}}{a^2 c \times 10^{-30} \text{cm}^3} = \frac{436 \times 10^{30}}{a^2 c N_A} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

【点睛】(1)

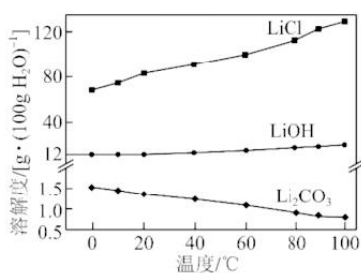
(2)

(3)

17. 盐湖卤水(主要含  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和硼酸根等)是锂盐的重要来源。一种以高镁卤水为原料经两段除镁制备  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  的工艺流程如下:



已知: 常温下,  $K_{sp}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 2.2 \times 10^{-3}$ 。相关化合物的溶解度与温度的关系如图所示。



回答下列问题:

(1) 含硼固体中的  $B(OH)_3$  在水中存在平衡:  $B(OH)_3 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + [B(OH)_4]^-$  (常温下,  $K_a = 10^{-9.34}$ );  $B(OH)_3$  与 NaOH 溶液反应可制备硼砂  $Na_2B_4O_7 \cdot 8H_2O$ 。常温下, 在  $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硼砂溶液中,  $[B_4O_7(OH)_4]^{2-}$  水解生成等物质的量浓度的  $B(OH)_3$  和  $[B(OH)_4]^-$ , 该水解反应的离子方程式为 \_\_\_\_\_, 该溶液  $\text{pH} =$  \_\_\_\_\_。

(2) 滤渣 I 的主要成分是 \_\_\_\_\_ (填化学式); 精制 I 后溶液中  $\text{Li}^+$  的浓度为  $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则常温下精制 II 过程中  $\text{CO}_3^{2-}$  浓度应控制在 \_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  以下。若脱硼后直接进行精制 I, 除无法回收 HCl 外, 还将增加 \_\_\_\_\_ 的用量 (填化学式)。

(3) 精制 II 的目的是 \_\_\_\_\_; 进行操作 X 时应选择的试剂是 \_\_\_\_\_, 若不进行该操作而直接浓缩, 将导致 \_\_\_\_\_。

【答案】(1) ①.  $[B_4O_7(OH)_4]^{2-} + 5H_2O = 2B(OH)_3 + 2[B(OH)_4]^-$  ②. 9.34

(2) ①.  $\text{CaSO}_4$  ②.  $5.5 \times 10^{-4}$  ③. 纯碱

(3) ①. 加入纯碱将精制 I 所得滤液中的  $\text{Ca}^{2+}$  转化为  $\text{CaCO}_3$  (或除去精制 I 所得滤液中的  $\text{Ca}^{2+}$ ), 提高  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  纯度 ②. 盐酸 ③. 浓缩液中因  $\text{CO}_3^{2-}$  浓度过大使得  $\text{Li}^+$  过早沉淀, 即浓缩结晶得到的 NaCl 中会混有  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , 最终所得  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  的产率减小

【分析】由流程可知, 卤水中加入盐酸脱镁后过滤, 所得滤液经浓缩结晶后得到晶体, 该晶体中含有  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等, 焙烧后生成 HCl 气体; 烧渣水浸后过滤, 滤液中加生石灰后产生沉淀, 在此条件下溶解度最小的是  $\text{CaSO}_4$ , 则滤渣 I 的主要成分为  $\text{CaSO}_4$ ; 由于  $\text{CaSO}_4$  微溶于水, 精制 I 所得滤液中再加纯碱又生成沉淀, 则滤渣 II 为  $\text{CaCO}_3$ ; 精制 II 所得滤液经操作 X 后, 所得溶液经浓缩结晶、过滤得到氯化钠, 浓缩后的滤液中加入饱和碳酸钠溶液沉锂, 得到  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 。

【小问 1 详解】

含硼固体中的  $B(OH)_3$  在水中存在平衡:  $B(OH)_3 + H_2O \rightleftharpoons [B(OH)_4]^- + H^+$  (常温下,  $K = 10^{-9.34}$ );  $B(OH)_3$  与 NaOH 溶液反应可制备硼砂  $Na_2B_4O_7 \cdot 8H_2O$ 。常温下, 在  $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硼砂溶液中,  $[B_4O_7(OH)_4]^{2-}$  水解生成等物质的量浓度的  $B(OH)_3$  和  $[B(OH)_4]^-$ , 该水解反应的离子方程式为  $[B_4O_7(OH)_4]^{2-} + 5H_2O = 2B(OH)_3 + 2[B(OH)_4]^-$ , 由 B 元素守恒可

知,  $B(OH)_3$  和  $[B(OH)_4]^-$  的浓度均为  $0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $K = \frac{c_{[B(OH)_4]^-} \cdot c(H^+)}{c_{B(OH)_3}} = c(H^+) = 10^{-9.34}$ , 则该溶液  $\text{pH} = 9.34$ 。

【小问 2 详解】

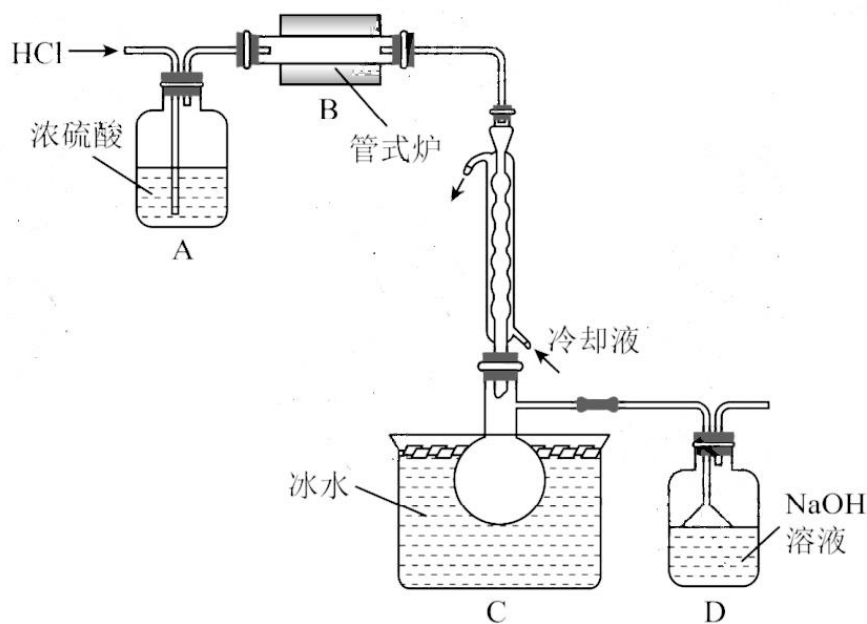
由分析可知, 滤渣 I 的主要成分是  $\text{CaSO}_4$ ; 精制 I 后溶液中  $\text{Li}^+$  的浓度为  $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由  $K_{sp}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 2.2 \times 10^{-3}$  可知, 则常温下精制 II 过程中  $\text{CO}_3^{2-}$  浓度应控制在

$\frac{2.2 \times 10^{-3}}{2.0^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5.5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  以下。若脱硼后直接进行精制 I, 除无法回收  $\text{HCl}$  外, 后续在浓缩结晶时将生成更多的氯化钠晶体, 因此, 还将增加纯碱 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 的用量。

【小问 3 详解】

精制 I 中, 烧渣水浸后的滤液中加入生石灰后产生的滤渣 I 的主要成分为  $\text{CaSO}_4$ ; 由于  $\text{CaSO}_4$  微溶于水, 精制 I 所得滤液中还含有一定浓度的  $\text{Ca}^{2+}$ , 还需要除去  $\text{Ca}^{2+}$ , 因此, 精制 II 的目的是: 加入纯碱将精制 I 所得滤液中的  $\text{Ca}^{2+}$  转化为  $\text{CaCO}_3$  (或除去精制 I 所得滤液中的  $\text{Ca}^{2+}$ ), 提高  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  纯度。操作 X 是为了除去剩余的碳酸根离子, 为了防止引入杂质离子, 应选择的试剂是盐酸; 加入盐酸的目的是除去剩余的碳酸根离子, 若不进行该操作而直接浓缩, 将导致浓缩液中因  $\text{CO}_3^{2-}$  浓度过大使得  $\text{Li}^+$  过早沉淀, 即浓缩结晶得到的  $\text{NaCl}$  中会混有  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , 最终所得  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  的产率减小。

18. 三氯甲硅烷 ( $\text{SiHCl}_3$ ) 是制取高纯硅的重要原料, 常温下为无色液体, 沸点为  $31.8^\circ\text{C}$ , 熔点为  $-126.5^\circ\text{C}$ , 易水解。实验室根据反应  $\text{Si} + 3\text{HCl} \xrightarrow{\Delta} \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$ , 利用如下装置制备  $\text{SiHCl}_3$  粗品(加热及夹持装置略)。回答下列问题:

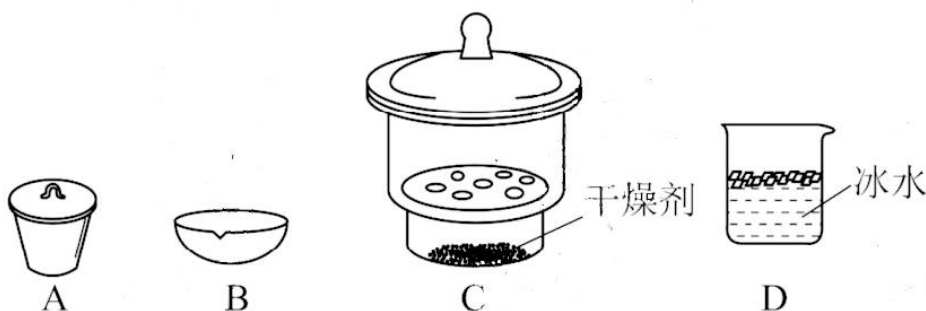


(1) 制备  $\text{SiHCl}_3$  时进行操作: (i)……; (ii)将盛有硅粉的瓷舟置于管式炉中; (iii)通入  $\text{HCl}$ , 一段时间后接通冷凝装置, 加热开始反应。操作(i)为\_\_\_\_; 判断制备反应结束的实验现象是\_\_\_\_。图示装置存在的两处缺陷是\_\_\_\_。

(2) 已知电负性  $\text{Cl} > \text{H} > \text{Si}$ ,  $\text{SiHCl}_3$  在浓  $\text{NaOH}$  溶液中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_。

(3) 采用如下方法测定溶有少量  $\text{HCl}$  的  $\text{SiHCl}_3$  纯度。

$m_1\text{g}$  样品经水解、干燥等预处理过程得硅酸水合物后, 进行如下实验操作: ①\_\_\_\_, ②\_\_\_\_(填操作名称), ③称量等操作, 测得所得固体氧化物质量为  $m_2\text{g}$ , 从下列仪器中选出①、②中需使用的仪器, 依次为\_\_\_\_(填标号)。测得样品纯度为\_\_\_\_(用含  $m_1$ 、 $m_2$  的代数式表示)。



【答案】(1) ①. 检查装置气密性 ②. 当管式炉中没有固体剩余时 ③. C、D 之间没有干燥装置, 没有处理氢气的装置

(2)  $\text{SiHCl}_3 + 5\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3\text{NaCl} + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(3) ①. 高温灼烧 ②. 冷却 ③. AC ④.  $\frac{135.5m_2}{60m_1} \times 100\%$

【分析】氯化氢气体通入浓硫酸干燥后, 在管式炉中和硅在高温下反应, 生成三氯甲硅烷和氢气, 由于三氯甲硅烷沸点为  $31.8^\circ\text{C}$ , 熔点为  $-126.5^\circ\text{C}$ , 在球形冷凝管中可冷却成液态, 在装置 C 中收集起来, 氢气则通过 D 装置排出同时 D 可处理多余吸收的氯化氢气体, 据此解答。

【小问 1 详解】

制备  $\text{SiHCl}_3$  时, 由于氯化氢、 $\text{SiHCl}_3$  和氢气都是气体, 所以组装好装置后, 要先检查装置气密性, 然后将盛有硅粉的瓷舟置于管式炉中, 通入氯化氢气体, 排出装置中的空气, 一段时间后, 接通冷凝装置, 加热开始反应, 当管式炉中没有固体剩余时, 即硅粉完全反应,  $\text{SiHCl}_3$  易水解, 所以需要在 C、D 之间加一个干燥装置, 防止 D 中的水蒸气进入装置 C 中, 另外氢氧化钠溶液不能吸收氢气, 需要在 D 后面加处理氢气的装置, 故答案为: 检查装置气密性; 当管式炉中没有固体剩余时; C、D 之间没有干燥装置, 没有处理氢气的装置;

【小问 2 详解】



已知电负性  $Cl > H > Si$ ，则  $SiHCl_3$  中氯元素的化合价为 -1，H 元素的化合价为 -1，硅元素化合价为 +4，所以氢氧化钠溶液和  $SiHCl_3$  反应时，要发生氧化还原反应，得到氯化钠、硅酸钠和氢气，化学方程式为： $SiHCl_3 + 5NaOH = Na_2SiO_3 + 3NaCl + H_2 \uparrow + 2H_2O$ ，故答案为： $SiHCl_3 + 5NaOH = Na_2SiO_3 + 3NaCl + H_2 \uparrow + 2H_2O$ ；

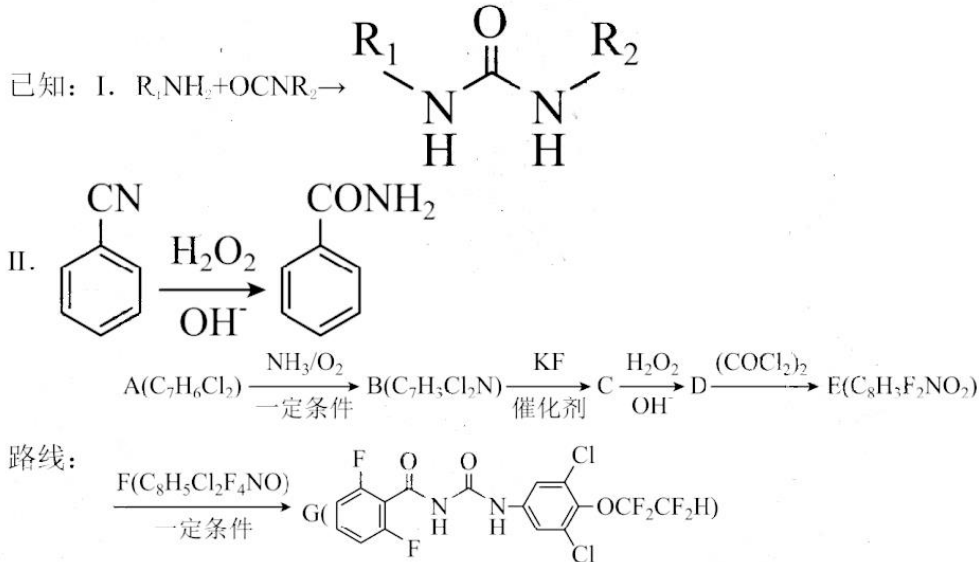
【小问 3 详解】

$m_1g$  样品经水解，干燥等预处理过程得到硅酸水合物后，高温灼烧，在干燥器中冷却后，称量，所用仪器包括坩埚和干燥器，所得固体氧化物为二氧化硅，质量为  $m_2g$ ，则二氧化硅的物质的量为  $n(SiO_2) = \frac{m_2}{60} \text{ mol}$ ，样品纯度为

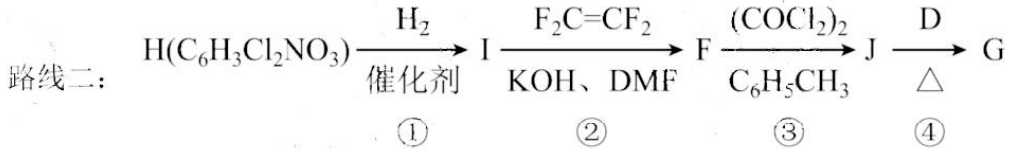
$$\frac{\frac{m_2}{60} \times (28 + 1 + 35.5 \times 3)}{m_1} \times 100\% = \frac{135.5m_2}{60m_1} \times 100\%$$

故答案为：高温灼烧；冷却；AC； $\frac{135.5m_2}{60m_1} \times 100\%$ 。

19. 根据杀虫剂氟铃脲(G)的两条合成路线，回答下列问题。



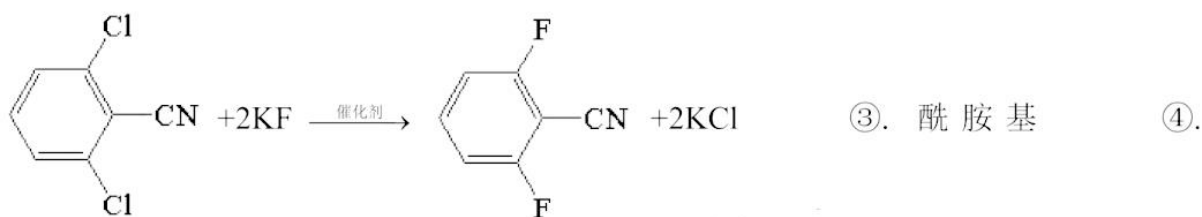
(1) A 的化学名称为\_\_\_\_\_(用系统命名法命名)；B→C 的化学方程式为\_\_\_\_；D 中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_；E 的结构简式为\_\_\_\_\_。



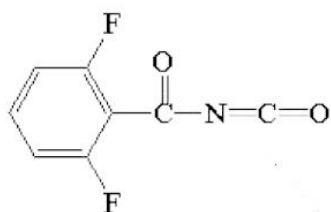
(2) H 中有\_\_\_\_种化学环境的氢，①~④属于加成反应的是\_\_\_\_(填序号)；J 中原子的轨道杂化方式有\_\_\_\_种。

【 答 案 】 ( 1 )

①. 2,6-二氯甲苯                                  ②.

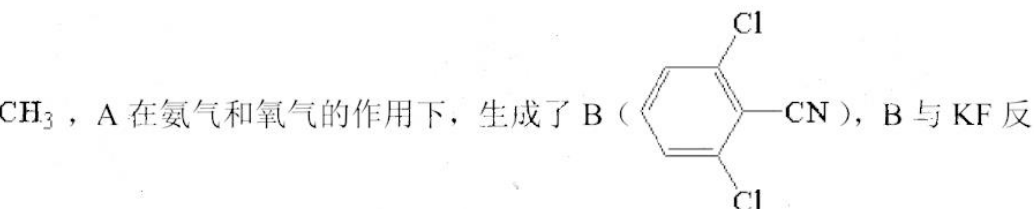
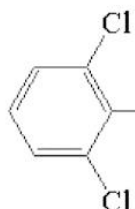


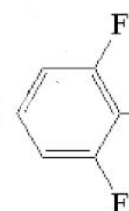
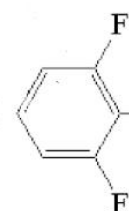
③. 酰胺基 ④.

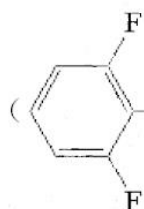


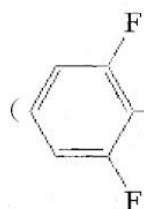
(2) ①. 2 ②. ② ③. 2

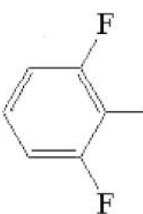
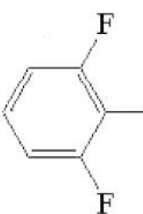
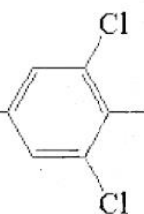
【分析】路线：根据流程及 A 的分子式为  $\text{C}_7\text{H}_6\text{Cl}_2$ ，可推出 A 的结构式为




 应，生成 C (  )，根据题给信息，C 与过氧化氢反应，生成 D



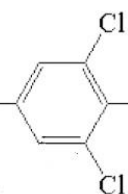
(  )，D 和  $(\text{COCl})_2$  反应生成 E，E 的分子式为  $\text{C}_8\text{H}_3\text{F}_2\text{NO}_2$ ，推出 E 的

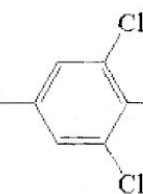

 结构式为 ，E 与 F (  ) 反应生成

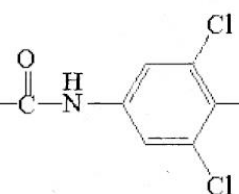
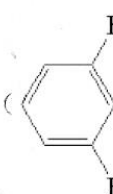
了氟铃脲 (G)。

路线二：

根据流程及 F 的分子式可推出 H 的结构式 ，H 与氢气反应

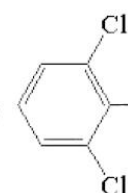
生成 I (  )，I 与  $\text{CF}_2=\text{CF}_2$  反应生成 F

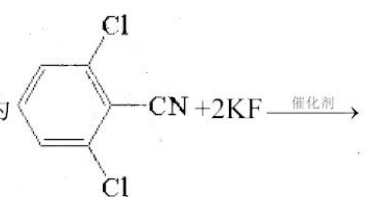
(  )，F 与  $\text{COCl}_2$  反应生成 J

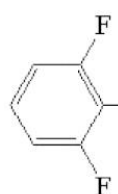
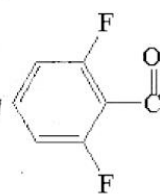
(  )，J 与 D (  ) 反应生成了氟铃

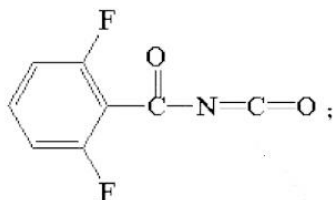
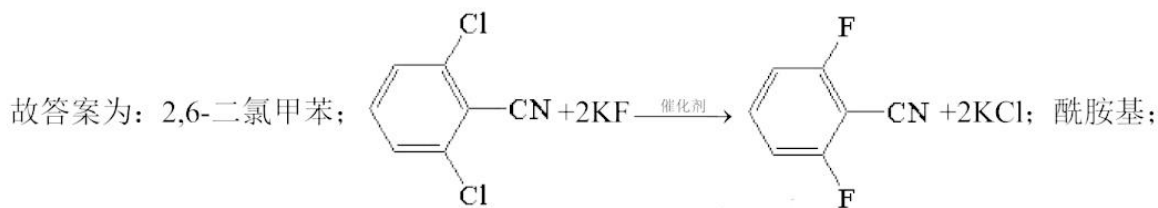
脲 (G)。

【小问 1 详解】

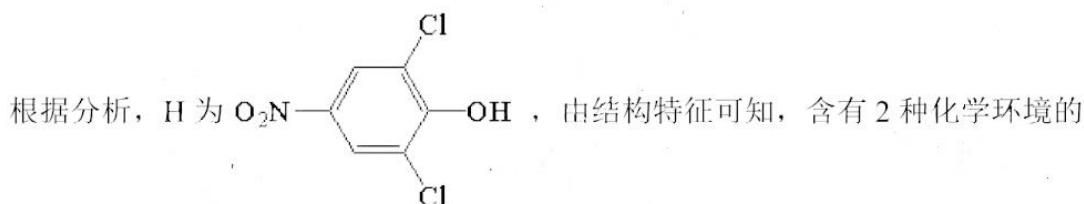
由分析可知，A 为 ，系统命名为 2,6-二氯甲苯，B 与 KF 发生取代

反应生成 C，化学方程式为 ，D 为

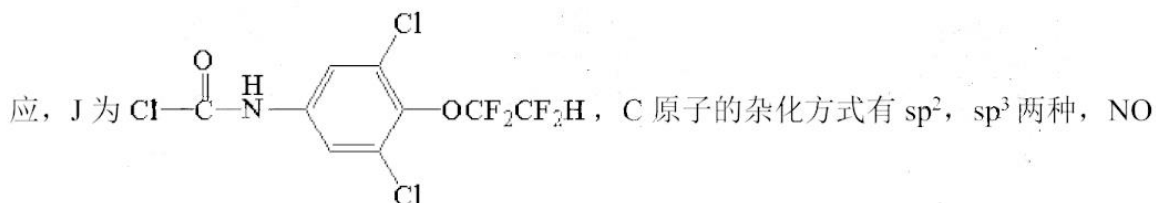
，含氧官能团为酰胺基，根据分析，E 为 ，



【小问 2 详解】

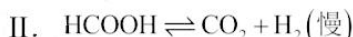
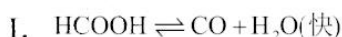


氢，根据分析流程可知 H→I 为还原反应，I→F 为加成反应，F→J，J→G 均为取代反



原子的杂化方式均为  $sp^3$ ，所以 J 中原子的杂化方式有 2 种，故答案为：2；②；2。

20. 一定条件下，水气变换反应  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$  的中间产物是 HCOOH。为探究该反应过程，研究 HCOOH 水溶液在密封石英管中的分子反应：



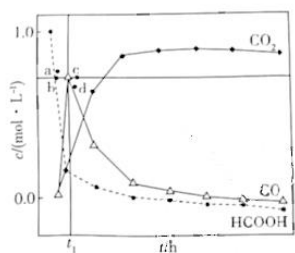
研究发现，在反应 I、II 中， $H^+$  仅对反应 I 有催加速作用；反应 I 速率远大于反应 II，近似认为反应 I 建立平衡后始终处于平衡状态。忽略水电离，其浓度视为常数。回答下列问题：

(1) 一定条件下，反应 I、II 的焓变分别为  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$ ，则该条件下水气变换反应的焓变  $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}}$  (用含  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$  的代数式表示)。

(2) 反应 I 正反应速率方程为： $v = kc(H^+) \cdot c(HCOOH)$ ，k 为反应速率常数。 $T_1$  温度下，HCOOH 电离平衡常数为  $K_a$ ，当 HCOOH 平衡浓度为  $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时， $H^+$  浓度为  $\underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，此时反应 I 应速率  $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  (用含  $K_a$ 、x 和 k 的代数式表示)。

(3)  $T_3$  温度下，在密封石英管内完全充满  $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  HCOOH 水溶液，使 HCOOH 分

解, 分解产物均完全溶于水。含碳物种浓度与反应时间的变化关系如图所示(忽略碳元素的其他存在形式)。 $t_1$ 时刻测得 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 的浓度分别为 $0.70\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.16\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 反应II达平衡时, 测得 $\text{H}_2$ 的浓度为 $y\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。体系达平衡后 $\frac{c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)} = \underline{\hspace{2cm}}$ (用含 $y$ 的代数式表示, 下同), 反应II的平衡常数为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。



相同条件下, 若反应起始时溶液中同时还含有 $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸, 则图示点a、b、c、d中,  $\text{CO}$ 的浓度峰值点可能是 $\underline{\hspace{1cm}}$ (填标号)。与不同盐酸相比,  $\text{CO}$ 达浓度峰值时,  $\text{CO}_2$ 浓度 $\underline{\hspace{1cm}}$ (填“增大”“减小”或“不变”),  $\frac{c(\text{CO})}{c(\text{HCOOH})}$ 的反应 $\underline{\hspace{1cm}}$ (填“增大”“减小”或“不变”)。

【答案】(1)  $\Delta H_2 - \Delta H_1$

(2) ①.  $\sqrt{K_a x}$  ②.  $kx\sqrt{K_a x}$

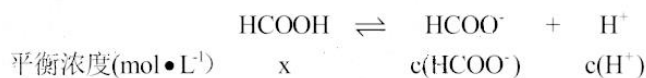
(3) ①.  $\frac{5-5y}{6y}$  ②.  $\frac{6y^2}{1-y}$  ③. a ④. 减小 ⑤. 不变

【小问1详解】

根据盖斯定律, 反应II-反应I=水气变换反应, 故水气变换反应的焓变 $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1$ ;

【小问2详解】

$T_1$ 温度时,  $\text{HCOOH}$ 建立电离平衡:

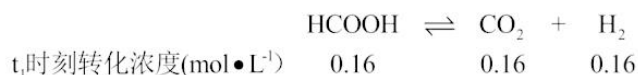
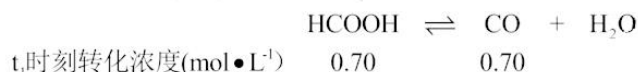


$$K_a = \frac{c(\text{HCOO}^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{HCOOH})}, \quad c(\text{HCOO}^-) = c(\text{H}^+), \quad \text{故 } c(\text{H}^+) = \sqrt{K_a x}。$$

$$v = kc(\text{H}^+) \cdot c(\text{HCOOH}) = kx\sqrt{K_a x}。$$

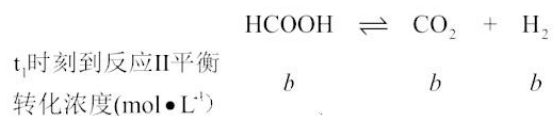
【小问3详解】

$t_1$ 时刻时,  $c(\text{CO})$ 达到最大值, 说明此时反应I达平衡状态。此时



故  $t_1$  时刻  $c(\text{HCOOH}) = 1.0 - 0.70 - 0.16 = 0.14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $K(\text{I}) = \frac{c(\text{CO})}{c(\text{HCOOH})} = \frac{0.70}{0.14} = 5$ 。

$t_1$  时刻  $\rightarrow$  反应 II 达平衡过程,



则  $c(\text{H}_2) = b + 0.16 = y$ ,  $b = (y - 0.16) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{HCOOH}) = 0.14 - a - b = 0.3 - a - y$ ,

$c(\text{CO}) = a + 0.7$ ,  $K(\text{I}) = \frac{c(\text{CO})}{c(\text{HCOOH})} = \frac{0.3 - a - y}{a + 0.7} = 5$ ,  $a = \frac{0.8 - 5y}{6}$ 。故  $\frac{c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)} = \frac{0.8 - 5y + 0.7}{y} =$

$\frac{5 - 5y}{6y}$ ,  $K(\text{II}) = \frac{c(\text{CO}_2)c(\text{H}_2)}{c(\text{HCOOH})} = \frac{y \cdot y}{\frac{0.8 - 5y}{6} + 0.7} = \frac{6y^2}{1 - y}$

## 关于我们

自主选拔在线是致力于提供新高考生涯规划、强基计划、综合评价、三位一体、学科竞赛等政策资讯的升学服务平台。总部坐落于北京，旗下拥有网站（网址：[www.zizzs.com](http://www.zizzs.com)）和微信公众平台等媒体矩阵，用户群体涵盖全国 90% 以上的重点中学师生及家长，在全国新高考、自主选拔领域首屈一指。

如需第一时间获取相关资讯及备考指南，请关注**自主选拔在线**官方微信号：**zizzsw**。



 微信搜一搜

 自主选拔在线