

2024 年普通高等学校招生全国统一考试

化学试题

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 F 19 Na 23 K 39 Mn 55 Fe 56

一、选择题：本题共 14 小题，每小题 3 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. 《天工开物》记载：软浆车榨蔗汁，一石(dàn)汁下石灰五合，取汁煎糖，冷凝成黑沙，黄泥水淋下成白糖。下列说法错误的是

- A. 石灰可中和蔗汁中的酸性物质
B. “冷凝成黑沙”是结晶过程
C. “黄泥水淋下”的目的是脱色
D. “白糖”的主要成分是葡萄糖

【答案】D

【解析】

【分析】这段话意思即用软浆车榨取甘蔗汁，每石蔗糖汁加半升的石灰，取过滤后的甘蔗汁加热冷却，得到黑色晶体，用黄泥水淋洗可得到白糖。

- 【详解】A. 石灰为碱性物质，可与蔗糖中的酸性物质发生中和反应，A 正确；
B. “冷凝成黑沙”即将热蔗糖水冷却结晶，是结晶过程，B 正确；
C. “黄泥水淋下”可将黑色晶体变成白色，即实现脱色目的，C 正确；
D. “白糖”是由蔗糖制得，故其主要成分为蔗糖，D 错误；

本题选 D。

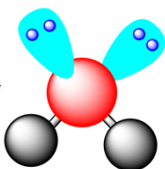
2. 光照时，纳米 TiO_2 能使水产生羟基自由基 $\cdot\text{OH}$ ，可用于处理废水。下列表述正确的是

- A. 基态 Ti 的价电子排布式： $3d^2$
B. $\cdot\text{OH}$ 的电子式： $\cdot\ddot{\text{O}}:\text{H}$
C. H_2O 的 VSEPR 模型：
D. O 的一种核素： ^8O

【答案】B

【解析】

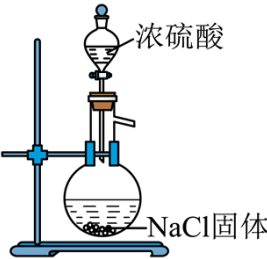

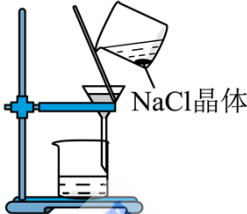
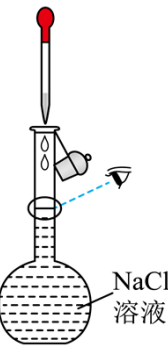
- 【详解】A. 基态 Ti 的价电子排布式： $3d^24s^2$ ，A 错误；
B. $\cdot\text{OH}$ 含有 1 个未成对电子，电子式： $\cdot\ddot{\text{O}}:\text{H}$ ，B 正确；
C. H_2O 中心 O 原子价层电子对数为 $2 + \frac{6-1 \times 2}{2} = 4$ ，O 原子采用 sp^3 杂化，O 原子上含有 2 对孤电子对，

H₂O 的 VSEPR 模型为  , C 错误;

D. 核素的表示方法为: 元素符号左下角为质子数, 左上角为质量数; O 质子数为 8, 则 O 的一种核素不会是 ⁸O, D 错误;

故选 B。

3. 将 NaCl 固体与浓硫酸加热生成的 HCl 气体通至饱和 NaCl 溶液, 可析出用于配制标准溶液的高纯度 NaCl, 下列相关实验操作规范的是

			
A. 制备 HCl	B. 析出 NaCl	C. 过滤	D. 定容

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. NaCl 固体与浓硫酸加热生成的 HCl 气体, 缺少加热装置, 故 A 错误;

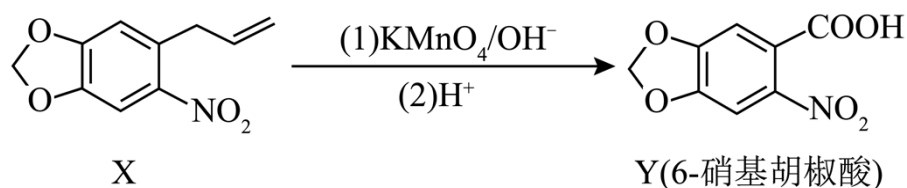
B. 氯化氢易溶于水, 为充分吸收氯化氢并防止倒吸, 氯化氢气体应从连接倒置漏斗的导管通入, 故 B 错误;

C. 用过滤法分离出氯化钠晶体, 故 C 正确;

D. 配制氯化钠溶液, 定容时眼睛平视刻度线, 故 D 错误;

选 C。

4. 6-硝基胡椒酸是合成心血管药物奥索利酸的中间体, 其合成路线中的某一步如下:



下列有关 X 和 Y 的说法正确的是

- A. 所含官能团的个数相等
B. 都能发生加聚反应
C. 二者中的所有原子共平面
D. 均能溶于碱性水溶液

【答案】A

【解析】

【详解】A. X 中含 2 个醚键、1 个碳碳双键、1 个硝基，共有 4 个官能团；Y 中含 2 个醚键、1 个羧基、1 个硝基，共有 4 个官能团，故 X 和 Y 所含官能团的个数相等，A 正确；

B. X 含有碳碳双键，能发生加聚反应，Y 中苯环不存在碳碳双键，不能发生加聚反应，B 错误；

C. X 和 Y 含有亚甲基，是四面体结构，所有原子不可能共平面，C 错误；

D. Y 含有羧基能电离出 H^+ ，可溶于碱性水溶液，X 不能溶于碱性水溶液，D 错误；

故选 A。

5. 白磷(P_4)是不溶于水的固体，在空气中易自燃。下列有关白磷的说法错误的是

- A. 分子中每个 P 原子的孤电子对数均为 1
B. 常保存于水中，说明白磷密度大于 $1g \cdot cm^{-3}$
C. 难溶于水，是因为水是极性分子， P_4 是非极性分子
D. 熔点低，是因为 P_4 分子内的 P-P 键弱

【答案】D

【解析】

【详解】A. 白磷的分子式为 P_4 ，空间构型为正四面体，每个 P 原子采取 sp^3 杂化，而每个 P 原子有 5 个价电子，所以每个 P 原子还剩一对孤电子对，A 正确；

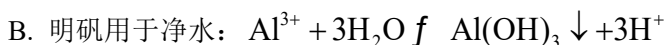
B. 白磷在空气中容易自燃，保存于水中隔绝空气，故其密度大于水，B 正确；

C. 白磷的分子式为 P_4 ，空间构型为正四面体，为非极性分子，水为极性分子，根据相似相溶原理，白磷难溶于水，C 正确；

D. 白磷的分子式为 P_4 ，为非极性分子，属于分子晶体，分子间作用力较弱，故其熔点低，熔点低与其共价键强弱无关，D 错误；

故选 D。

6. 化学与生活息息相关。下列离子方程式书写正确的是



C. 抗酸药中的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 可治疗胃酸过多: $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$

D. 用酸化的 KI 淀粉溶液检验加碘盐中的 IO_3^- : $\text{IO}_3^- + \text{I}^- + 2\text{H}^+ = \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$

【答案】A

【解析】

【详解】A. 用 Na_2CO_3 溶液处理水垢中的 CaSO_4 , 生成溶解度更小的碳酸钙, $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, A 项正确;

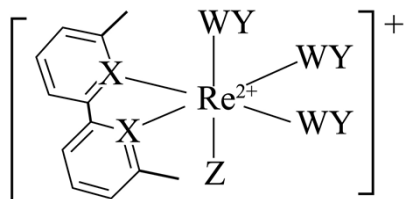
B. 水解方程式不对, 明矾是硫酸铝钾晶体, 溶于水, 铝离子水解生成氢氧化铝胶体, 可用于净水: $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$, 不写沉淀符号, B 项错误;

C. 物质拆分不对, 抗酸药中的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 可治疗胃酸过多, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 属于难溶性碱, 离子方程式: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, C 项错误;

D. 未配平方程式, 用酸化的 KI 淀粉溶液检验加碘盐中的 IO_3^- : $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$, D 项错误;

故答案选 A。

7. 如图所示的铼配合物离子能电催化还原 WY_2 。短周期元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大。标准状况下, WY 和 X_2 是等密度的无色气体, Z_2 是黄绿色气体。下列说法错误的是



A. 第一电离能: $\text{X} > \text{Y}$

B. 图中 X 原子的杂化方式为 sp^2

C. Z 元素以原子的形态与 Re^{2+} 配位

D. Y 的电负性大于 W, WY 中的化学键是极性键

【答案】C

【解析】

【分析】短周期元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大。 Z_2 是黄绿色气体, Z 为氯; X 形成 3 个共用电子对, X 与 Re^{2+} 之间为配位键, 推测 X 为氮, 标准状况下, WY 和 X_2 是等密度的无色气体, 则 WY 为一氧化碳、 X_2 为氮气, 故 W 为碳、X 为氮、Y 为氧、Z 为氯;

【详解】A. 同一周期随着原子序数变大，第一电离能变大，N的2p轨道为半充满稳定状态，第一电离能大于同周期相邻元素，故第一电离能大小： $N > O$ ，A正确；

B. 图中X原子处于环中，且存在平面大 π 键，则其杂化方式为 sp^2 ，B正确；

C. 由图可知，整个离子带1个单位正电荷，而其中 Re^{2+} 带2个单位正电荷，则氯元素以Cl⁻的形态与 Re^{2+} 配位，C错误；

D. 同周期从左到右，金属性减弱，非金属性变强，元素的电负性变强；O的电负性大于C，则CO中的化学键是极性键，D正确；

故选C。

8. 某小组对 $Fe_2(SO_4)_3$ 和 $K_3[Fe(CN)_6]$ 的性质进行探究：

I. 向少量蒸馏水里滴加2滴 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液，再滴加2滴KSCN溶液。

II. 向少量蒸馏水里滴加2滴 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液，再滴加2滴KSCN溶液。

下列说法正确的是

A. 实验I中继续加入少量 K_2SO_4 固体，溶液颜色变浅

B. 实验II中溶液呈红色

C. KSCN能区分 $Fe_2(SO_4)_3$ 和 $K_3[Fe(CN)_6]$

D. 焰色试验不能区分 $Fe_2(SO_4)_3$ 和 $K_3[Fe(CN)_6]$

【答案】C

【解析】

【详解】A. 实验I中， $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液与KSCN溶液反应的实质是： $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ ，硫酸钾固体溶于水产生钾离子和硫酸根，并不影响该平衡的移动，因此溶液的颜色不发生变化，故A错误；

B. 实验II中， $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液中存在有 K^+ 、 $[Fe(CN)_6]^{3-}$ ， $[Fe(CN)_6]^{3-}$ 并不能电离出 Fe^{3+} ，因此 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液与KSCN溶液并不能发生反应，溶液颜色无明显变化，故B错误；

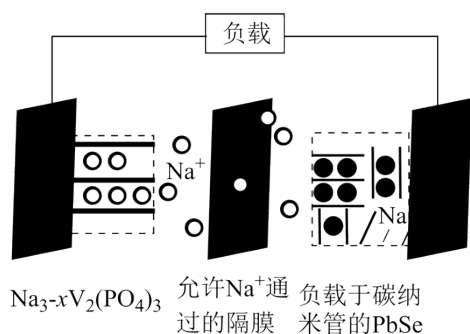
C. 实验I中，KSCN溶液与 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液反应产生 $Fe(SCN)_3$ ，溶液变为红色，但 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液与KSCN溶液并不能发生反应， $K_3[Fe(CN)_6]$ 是一种深红色晶体，水溶液呈黄色，带有黄绿色荧光，因此加入KSCN可以区分两者，故C正确；

D. 焰色反应是金属单质或离子的电子在吸收能量后，跃迁到较高能量级，然后从较高能量级跃迁到低能

量级，这次跃迁会放出光子，光子的频率若在可见光频率范围内，则金属表现为有焰色反应。铁燃烧火焰为无色，是因为放出的光子频率不在可见光频率范围内，而 $K_3[Fe(CN)_6]$ 中含有钾元素，焰色试验时透过蓝色钴玻璃可以看到紫色，因此焰色试验可以区分 $Fe_2(SO_4)_3$ 和 $K_3[Fe(CN)_6]$ ，故 D 错误；

故答案选 C。

9. 某新型钠离子二次电池(如图)用溶解了 $NaPF_6$ 的二甲氧基乙烷作电解质溶液。放电时嵌入 $PbSe$ 中的 Na 变成 Na^+ 后脱嵌。下列说法错误的是



- A. 外电路通过 1mol 电子时，理论上两电极质量变化的差值为 23g
- B. 充电时，阳极电极反应为： $Na_3V_2(PO_4)_3 - xe^- = Na_{3-x}V_2(PO_4)_3 + xNa^+$
- C. 放电一段时间后，电解质溶液中的 Na^+ 浓度基本保持不变
- D. 电解质溶液不能用 $NaPF_6$ 的水溶液替换

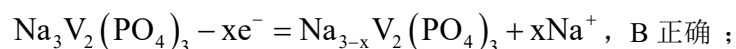
【答案】A

【解析】

【分析】放电时嵌入 $PbSe$ 中的 Na 变成 Na^+ 后脱嵌，则右侧电极为负极， Na 失电子生成 Na^+ ； Na^+ 透过允许 Na^+ 通过的隔膜从右侧进入左侧，则左侧为正极。

【详解】A. 外电路通过 1mol 电子时，负极有 1mol Na 失电子生成 Na^+ 进入右侧溶液，溶液中有 1mol Na^+ 从右侧进入左侧，并与正极的 $Na_{3-x}V_2(PO_4)_3$ 结合，则理论上两电极质量变化的差值为 $2mol \times 23g/mol = 46g$ ，A 错误；

B. 充电时，左侧电极为阳极， $Na_3V_2(PO_4)_3$ 失电子生成 $Na_{3-x}V_2(PO_4)_3$ ，则阳极电极反应为：

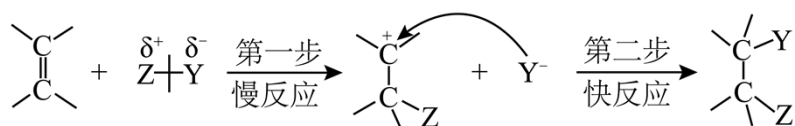


C. 放电一段时间后，负极产生的 Na^+ 的物质的量与负极区通过隔膜进入左极区的 Na^+ 的物质的量相同，进入左极区的 Na^+ 与参加左侧正极反应的 Na^+ 的物质的量相同，所以电解质溶液中的 Na^+ 浓度基本保持不变，C 正确；

D. Na 能与水反应，所以电解质溶液不能用 $NaPF_6$ 的水溶液替换，D 正确；

故选 A。

10. 烯烃进行加成反应的一种机理如下：



此外，已知实验测得 $CH_2 = CH_2$ 、 $CH_3CH = CH_2$ 、 $(CH_3)_2C = CH_2$ 与 Br_2 进行加成反应的活化能依次减小。下列说法错误的是

- A. 乙烯与 HCl 反应的中间体为 $CH_3 - \overset{+}{C}H_2$
- B. 乙烯与氯水反应无 CH_2ClCH_2OH 生成
- C. 卤化氢与乙烯反应的活性： $HBr > HCl$
- D. 烯烃双键碳上连接的甲基越多，与 Br_2 的反应越容易

【答案】B

【解析】

【详解】A. HCl 中氢带正电荷、氯带负电荷，结合机理可知，乙烯与 HCl 反应的中间体为氢和乙烯形成正离子： $CH_3 - \overset{+}{C}H_2$ ，A 正确；

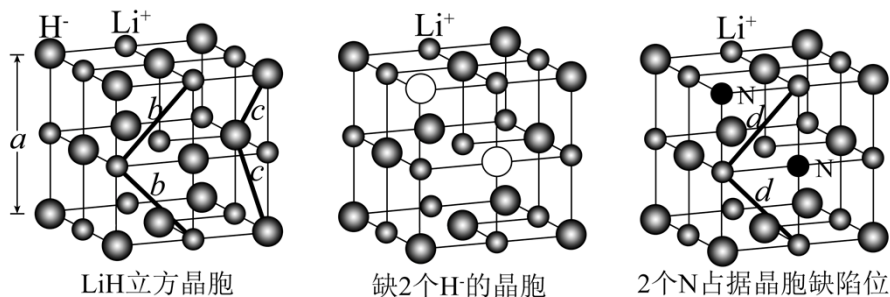
B. 氯水中存在 HClO，其结构为 H-O-Cl，其中 Cl 带正电荷、OH 带负电荷，结合机理可知，乙烯与氯水反应可能会有 CH_2ClCH_2OH 生成，B 错误；

C. 由机理，第一步反应为慢反应，决定反应的速率，溴原子半径大于氯，HBr 中氢溴键键能更小，更容易断裂，反应更快，则卤化氢与乙烯反应的活性： $HBr > HCl$ ，C 正确；

D. 已知实验测得 $CH_2 = CH_2$ 、 $CH_3CH = CH_2$ 、 $(CH_3)_2C = CH_2$ 与 Br_2 进行加成反应的活化能依次减小；则烯烃双键碳上连接的甲基越多，与 Br_2 的反应越容易，D 正确；

故选 B。

11. 一定条件下，存在 H^- 缺陷位的 LiH 晶体能吸附 N_2 使其分解为 N，随后 N 占据缺陷位(如图)。下列说法错误的是



A. $c > 0.5a$

B. 半径: $r(\text{H}^-) > r(\text{H})$

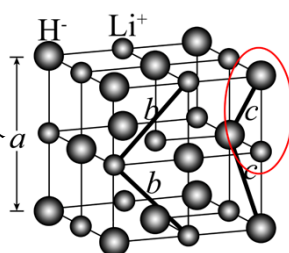
C. $b = d$

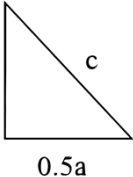
D. LiH 晶体为离子晶体

【答案】C

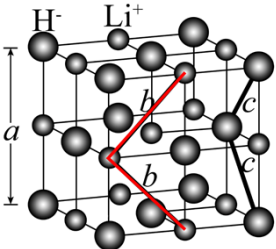
【解析】

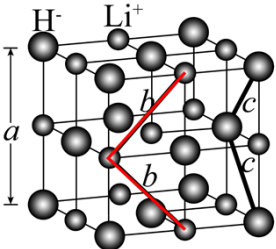
【详解】A. 根据 LiH 立方晶胞的该部分结构以及晶胞参数为 a 可得



$0.5a$  , 因此 $c = \sqrt{(0.5a)^2 + (0.5a)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}a > 0.5a$, 故 A 正确;

B. H 原子和 H^- 的电子层数均为 1, 但 H^- 比氢原子多一个电子, 电子的运动轨道不重合, 内核对电子的束缚相对较弱, 电子活动的范围更广, 因此 H^- 的半径较大, 故 B 正确;

C. 根据 LiH 立方晶胞可知, b 的长度如图  , 但当 N 占据了空缺位后, 由于比 H^- 的

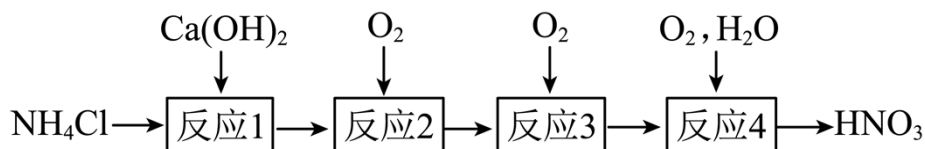


半径大, 因此 $b \neq d$, 故 C 错误;

D. LiH 晶体中含有 Li^+ 和 H^- , 相互间作用是离子键, 因此 LiH 晶体为离子晶体, 故 D 正确;

故答案选 C.

12. 实验小组用如下流程探究含氮化合物的转化。 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是



- A. “反应1”中，每消耗 $0.1\text{molNH}_4\text{Cl}$ ，在 25°C 、 101kPa 下得到 2.24LNH_3
- B. “反应2”中，每生成 0.1molNO ，转移电子数为 $0.5N_A$
- C. 在密闭容器中进行“反应3”， 0.1molNO 充分反应后体系中有 $0.1N_A$ 个 NO_2
- D. “反应4”中，为使 0.1molNO_2 完全转化成 HNO_3 ，至少需要 $0.02N_A$ 个 O_2

【答案】B

【解析】

【分析】反应1为实验室制备氨气的反应，方程式为： $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca(OH)}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3\uparrow + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，反应2是氨气的催化氧化，方程式为： $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\Delta} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ，反应3为一氧化氮和氧气反应生成二氧化氮，方程式为： $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ，反应4为二氧化氮，氧气和水反应生成硝酸， $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{HNO}_3$ ，以此解题。

【详解】A. 根据分析可知，每消耗 $0.1\text{molNH}_4\text{Cl}$ ，生成 0.1mol 氨气，但是由于不是标准状况，则气体不是 2.24L ，A 错误；

B. 根据分析可知，反应2方程式为： $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\Delta} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ，该反应转移 $20e^-$ ，则每生成 0.1molNO ，转移电子数为 $0.5N_A$ ，B 正确；

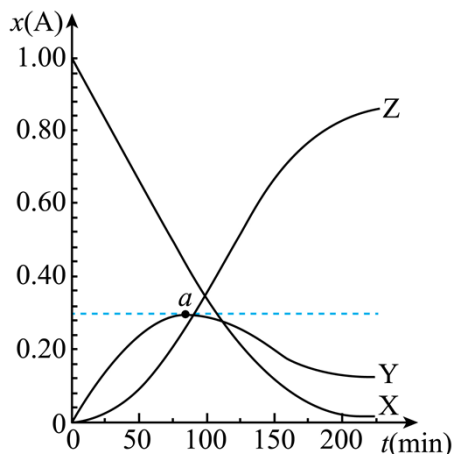
C. 根据反应3， 0.1molNO 充分反应后生成 $0.1N_A$ 个 NO_2 ，但是体系中存在 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ，则最终二氧化氮数目小于 $0.1N_A$ ，C 错误；

D. 根据反应4可知，为使 0.1molNO_2 完全转化成 HNO_3 ，至少需要 $0.025N_A$ 个 O_2 ，D 错误；

故选 B。

13. 573K 、高压条件下，一定量的苯甲腈在密闭容器中发生连续水解： $\text{C}_6\text{H}_5\text{CN}$ (苯甲腈)

$\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CONH}_2$ (苯甲酰胺) $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ (苯甲酸)。如图为水解过程中上述三者(分别用 X、Y、Z 表示)的物质的量分数 $x(\text{A})$ 随时间 t 的变化曲线，其中 $x(\text{A}) = \frac{n(\text{A})}{n(\text{X}) + n(\text{Y}) + n(\text{Z})}$ 。下列说法错误的是



- A. 水解产物除了 Y、Z 还有 NH_3
- B. a 点时 $v(\text{Y})_{\text{消耗}} = v(\text{Y})_{\text{生成}}$
- C. $x(\text{Z})$ 在 15min 前基本不变, 15min 后明显增大, 可能是水解产物对生成 Z 的反应有催化作用
- D. 任意 25min 时间段内存在 $v(\text{X}) = v(\text{Y}) + v(\text{Z})$

【答案】D

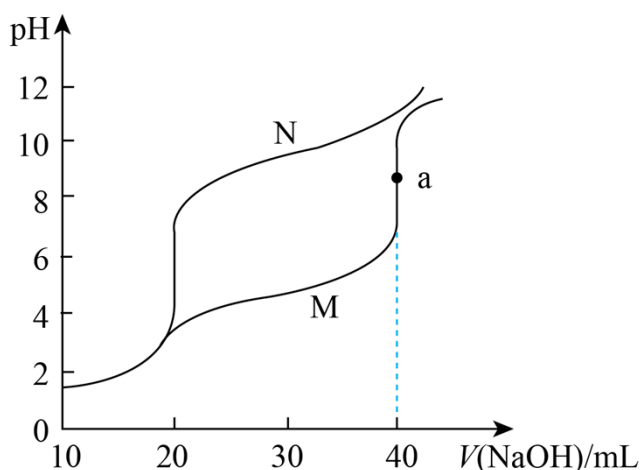
【解析】

- 【详解】A. 苯甲腈在溶液中发生连续水解： $\text{C}_6\text{H}_5\text{CN} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CONH}_2$ ，
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{NH}_3$ ，有 NH_3 生成，A 正确；
- B. a 点之前 $x(\text{Y})$ 逐渐增大， $v(\text{Y})_{\text{消耗}} < v(\text{Y})_{\text{生成}}$ ；a 点之后， $x(\text{Y})$ 逐渐减小 $v(\text{Y})_{\text{消耗}} > v(\text{Y})_{\text{生成}}$ ，a 点是 Y 物质的最大值，则生成和消耗的速率相等。即 $v(\text{Y})_{\text{消耗}} = v(\text{Y})_{\text{生成}}$ ，B 正确；
- C. $x(\text{Z})$ 在 15min 前基本不变，15min 后明显增大，在没有另加物质、没有改变反应条件的情况下，可能是水解产物对生成 Z 的反应有催化作用，C 正确；
- D. 根据图像所示，反应的前期应该有 $v(\text{X}) = v(\text{Y}) + v(\text{Z})$ ，a 点之后，由于 $v(\text{X})$ 明显减小， $v(\text{Z})$ 显著增大，三者的速率关系不再满足 $v(\text{X}) = v(\text{Y}) + v(\text{Z})$ ，D 错误；
- 故选 D。

14. 常温下，用 $0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 溶液分别滴定下列两种混合溶液：

- I. 20.00mL 浓度均为 $0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{HCl}$ 和 CH_3COOH 溶液
- II. 20.00mL 浓度均为 $0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{HCl}$ 和 NH_4Cl 溶液

两种混合溶液的滴定曲线如图。已知 $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}$ ，下列说法正确的是



- A. I对应的滴定曲线为 N 线
- B. a 点水电离出的 $c(\text{OH}^-)$ 数量级为 10^{-8}
- C. $V(\text{NaOH}) = 30.00\text{mL}$ 时，II中 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{NH}_4^+)$
- D. $\text{pH} = 7$ 时，I中 $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ 、 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 之和小于II中 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 、 $c(\text{NH}_4^+)$ 之和

【答案】D

【解析】

【分析】溶液中加入 40ml 氢氧化钠溶液时，I 中的溶质为氯化钠和醋酸钠，II 中的溶质为氯化钠和一水合氨，根据 $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}$ ，醋酸根、铵根的水解程度小于醋酸、一水合氨的电离程度，氯化钠显中性，醋酸根和一水合氨在浓度相同时，一水合氨溶液的碱性更强，故 I 对应的滴定曲线为 M，II 对应的滴定曲线为 N；

【详解】A. 向溶液中加入 40ml 氢氧化钠溶液时，I 中的溶质为氯化钠和醋酸钠，II 中的溶质为氯化钠和一水合氨，氯化钠显中性，醋酸根和一水合氨在浓度相同时，一水合氨溶液的碱性更强，故 I 对应的滴定曲线为 M，A 错误；

B. 根据分析可知 a 点的溶质为氯化钠和醋酸钠，醋酸根发生水解，溶液的 pH 接近 8，由水电离的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，数量级接近 10^{-6} ，B 错误；

C. 当 $V(\text{NaOH}) = 30.00\text{mL}$ 时，II 中的溶质为氯化钠、氯化铵、一水合氨，且氯化铵和一水合氨的浓度

相同，铵根的水解 $K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10} < 1.8 \times 10^{-5}$ ，即 NH_4^+ 水解程度小于一水合氨的电离

程度，所以 $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ，又物料守恒 $c(\text{Cl}^-) = 2c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ，即

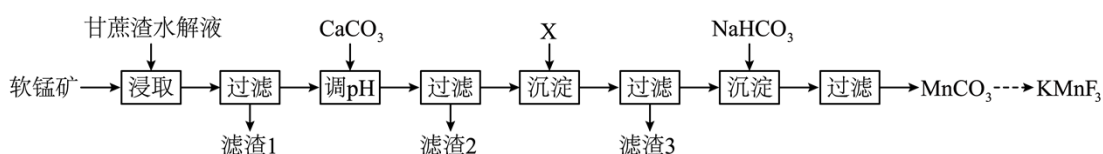
$c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+)$, 故 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$, C 错误;

D. 根据元素守恒, $n(\text{CH}_3\text{COOH})$ 、 $n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 之和等于 $n(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 、 $n(\text{NH}_4^+)$ 之和, 根据图像, $\text{pH} = 7$ 时, II 所加氢氧化钠溶液较少, 溶液体积较小, 故 I 中 $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ 、 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 之和小于 II 中 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 、 $c(\text{NH}_4^+)$ 之和, D 正确;

故选 D。

二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 58 分。

15. 广西盛产甘蔗, 富藏锰矿。由软锰矿(MnO_2 , 含 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 和 CuO 等杂质)制备光电材料 KMnF_3 的流程如下。回答下列问题:



已知:

物质	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
K_{sp}	2.8×10^{-39}	1.3×10^{-33}	2.2×10^{-20}	4.9×10^{-17}	1.9×10^{-13}

(1) “甘蔗渣水解液”中含有还原性糖和 H_2SO_4 , 其主要作用是_____。为提高“浸取”速率, 可采取的措施是_____ (任举一例)。

(2) “滤渣 1”的主要成分是_____ (填化学式)。

(3) 常温下, 用 CaCO_3 调节溶液 pH 至 5~6 时, 可完全沉淀的离子有_____ (填化学式)。

(4) “X”可选用_____。

A. H_2S

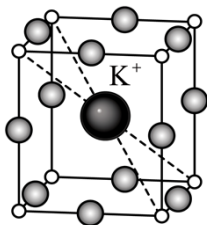
B. H_2O_2

C. Zn

D. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

(5) 若用 Na_2CO_3 替代 NaHCO_3 沉锰, 得到 $\text{Mn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 沉淀。写出生成 $\text{Mn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 的离子方程式_____。

(6) KMnF_3 立方晶胞如图, 晶胞参数为 $a\text{pm}$, 该晶体中与一个 F^- 紧邻的 K^+ 有_____ 个。已知 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 晶体密度为_____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (用含 a 、 N_A 的代数式表示)。



【答案】(1) ①. 把二氧化锰还原为硫酸锰 ②. 把软锰矿粉碎、搅拌、加热等

(2) SiO_2 (3) Al^{3+} (4) D

(5) $2\text{Mn}^{2+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$

(6) ①. 4 ②. $\frac{151}{N_A a^3 \times 10^{-30}}$

【解析】

【分析】软锰矿含有 MnO_2 和少量 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CuO 。“甘蔗渣水解液”中含有还原性糖和 H_2SO_4 。用甘蔗渣水解液“浸取”软锰矿，二氧化锰被还原为硫酸锰，氧化铁被还原为硫酸亚铁，氧化铝、氧化铜溶于硫酸生成硫酸铝、硫酸铜，二氧化硅不溶于硫酸，滤渣是二氧化硅，滤液中加碳酸钙调节 pH 生成氢氧化铝沉淀除铝，过滤，滤液加硫化物反应生成 FeS 、 CuS 沉淀除铁铜，滤液中加碳酸氢钠反应生成碳酸锰沉淀，最终将碳酸锰转化为 KMnF_3 。

【小问 1 详解】

二氧化锰具有氧化性，“甘蔗渣水解液”中含有还原性糖和 H_2SO_4 ，其主要作用是把二氧化锰还原为硫酸锰。根据影响反应速率的因素，为提高“浸取”速率，可采取的措施是把软锰矿粉碎、搅拌、加热等。

【小问 2 详解】

二氧化硅不溶于硫酸，“滤渣 1”的主要成分是 SiO_2 。

【小问 3 详解】

根据溶度积常数， Fe^{2+} 完全沉淀时， $c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{4.9 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-5}}} = 7 \times 10^{-6.5}$ ，pH 约为 8.4； Al^{3+} 完全沉淀时，

$c(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{1.3 \times 10^{-33}}{1 \times 10^{-5}}} \approx 5.1 \times 10^{-10}$ ，pH 约为 4.7； Cu^{2+} 完全沉淀是 $c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{2.2 \times 10^{-20}}{1 \times 10^{-5}}} \approx 4.7 \times 10^{-8}$ ，pH

约为 6.7；常温下，用 CaCO_3 调节溶液 pH 至 5~6 时，可完全沉淀的离子有 Al^{3+} 。

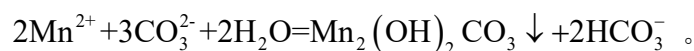
【小问 4 详解】

加 X 的目的是生成硫化物沉淀除铁和铜， Fe^{2+} 和 H_2S 不反应，所以不能选用 H_2S ；铜离子、亚铁离子都能

和硫离子反应生成硫化铜沉淀，所以“X”可选用 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ，选D。

【小问5详解】

若用 Na_2CO_3 替代 NaHCO_3 沉锰，得到 $\text{Mn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 沉淀，反应的离子方程式为



【小问6详解】

1个晶胞中含有1个 K^+ ，根据化学式 KMnF_3 可知，1个晶胞中含有1个Mn、3个F，可知晶胞顶点上的原子为Mn、棱上的F，该晶体中与一个 F^- 紧邻的 K^+ 有4个；已知 N_A 为阿伏加德罗常数的值，晶体密度为

$$\frac{39 + 55 + 19 \times 3}{(a \times 10^{-10})^3 \times N_A} = \frac{151}{N_A a^3 \times 10^{-30}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}。$$

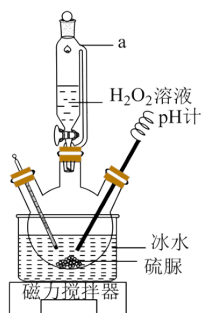
16. 二氧化硫脲 $[(\text{NH}_2)_2\text{CSO}_2]$ (TD)是还原性漂白剂，可溶于水，难溶于乙醇，在受热或碱性条件下易水解： $(\text{NH}_2)_2\text{CSO}_2 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{SO}_2$ 。其制备与应用探究如下：

I. 由硫脲 $[(\text{NH}_2)_2\text{CS}]$ 制备TD

按如图装置，在三颈烧瓶中加入硫脲和水，溶解，冷却至 5°C 后，滴入 H_2O_2 溶液，控制温度低于 10°C 和 $\text{pH} < 6$ 进行反应。反应完成后，结晶、过滤、洗涤、干燥后得到产品TD。

II. 用TD进行高岭土原矿脱色(去除 Fe_2O_3)探究

将 mg 高岭土原矿(Fe_2O_3 质量分数为0.68%)制成悬浊液，加入TD，在一定条件下充分反应，静置，分离出上层清液 VmL ，用分光光度法测得该清液中 Fe^{2+} 浓度为 $\text{bmg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，计算 Fe_2O_3 的去除率。



回答下列问题：

- (1) 仪器a的名称是_____。
- (2) I中控制“温度低于 10°C 和 $\text{pH} < 6$ ”的目的是_____。
- (3) 写出制备TD的化学方程式_____。
- (4) H_2SO_2 中S的化合价为_____。I的反应中，因条件控制不当生成了 H_2SO_2 ，最终导致TD中出现

黄色杂质，该杂质是_____ (填化学式)。

(5) I中“洗涤”选用乙醇的理由是_____。

(6) 高岭土中 Fe_2O_3 去除率为_____ (用含 m、b、V 的代数式表示)。II中“静置”时间过长，导致脱色效果降低的原因是_____。

【答案】(1) 恒压滴液漏斗

(2) 防止二氧化硫脲水解、防止过氧化氢分解

(3) $(\text{NH}_2)_2\text{CS} + 2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow[\text{低于}10^\circ\text{C}]{\text{pH} < 6} (\text{NH}_2)_2\text{CSO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(4) ①. +2 ②. S

(5) 减少二氧化硫脲的溶解损失

(6) ①. $\frac{bV}{47.6m} \%$ ②. 亚铁离子被空气中氧气氧化

【解析】

【分析】在三颈烧瓶中加入硫脲和水溶解，冷却至 5°C 后，滴入 H_2O_2 溶液，控制温度低于 10°C 和 $\text{pH} < 6$ 进行反应生成二氧化硫脲，反应后，结晶、过滤、洗涤、干燥后得到产品；

【小问 1 详解】

由图，仪器 a 的名称是恒压滴液漏斗；

【小问 2 详解】

已知，二氧化硫脲在受热或碱性条件下易水解，且过氧化氢不稳定受热易分解，故I中控制“温度低于 10°C 和 $\text{pH} < 6$ ”的目的是防止二氧化硫脲水解、防止过氧化氢分解；

【小问 3 详解】

硫脲和水溶解冷却至 5°C 后，滴入 H_2O_2 溶液，控制温度低于 10°C 和 $\text{pH} < 6$ 进行反应生成二氧化硫脲，结

合质量守恒，反应还会生成水，反应为 $(\text{NH}_2)_2\text{CS} + 2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow[\text{低于}10^\circ\text{C}]{\text{pH} < 6} (\text{NH}_2)_2\text{CSO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

【小问 4 详解】

二氧化硫脲水解： $(\text{NH}_2)_2\text{CSO}_2 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{SO}_2$ ，生成 H_2SO_2 ，则反应中元素化合价没有改变， $(\text{NH}_2)_2\text{CSO}_2$ 中硫化合价为+2，则 H_2SO_2 中S的化合价为+2。TD具有还原性，I的反应中因条件控制不当生成了 H_2SO_2 ，最终导致TD中出现黄色杂质，该杂质是TD还原硫元素转化生成的硫单质；

【小问 5 详解】

二氧化硫脲可溶于水，难溶于乙醇，I中“洗涤”选用乙醇的理由是减少二氧化硫脲的溶解损失；

【小问 6 详解】

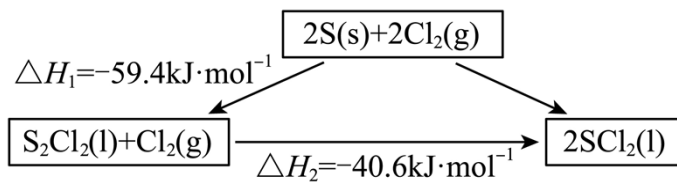
清液中 Fe^{2+} 浓度为 $\text{bmg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 Fe^{2+} 为 $\text{bmg} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3} \text{L} = \text{bV} \times 10^{-3} \text{mg} = \text{bV} \times 10^{-6} \text{g}$ ，那么 Fe_2O_3 的去

$$\text{除率} = \frac{\frac{\text{bV} \times 10^{-6} \text{g}}{56 \text{g/mol}} \times \frac{1}{2} \times 160 \text{g/mol}}{\text{mg} \times 0.68\%} \times 100\% = \frac{\text{bV}}{47.6 \text{m}} \%$$

色效果降低的原因是亚铁离子被空气中氧气氧化，导致实验误差。

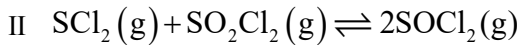
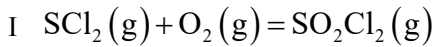
17. 二氯亚砷(SOCl_2)是重要的液态化工原料。回答下列问题：

(1) 合成 SOCl_2 前先制备 SCl_2 。有关转化关系为：

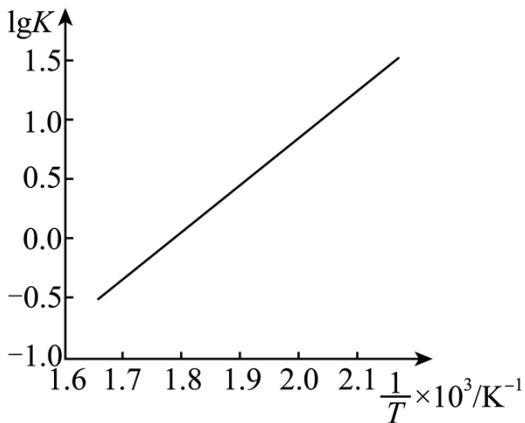


则 $\text{S}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = \text{SCl}_2(\text{l})$ 的 $\Delta H_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

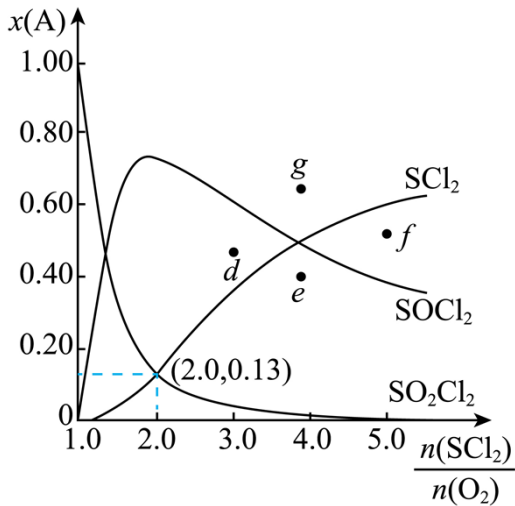
(2) 密闭容器中，以活性炭为催化剂，由 SCl_2 和 O_2 制备 SOCl_2 。反应如下：



①反应II的 $\lg K$ (K 为平衡常数)随 $\frac{1}{T}$ (T 为温度)的变化如图，推断出该反应为 (填“吸热”或“放热”)反应。



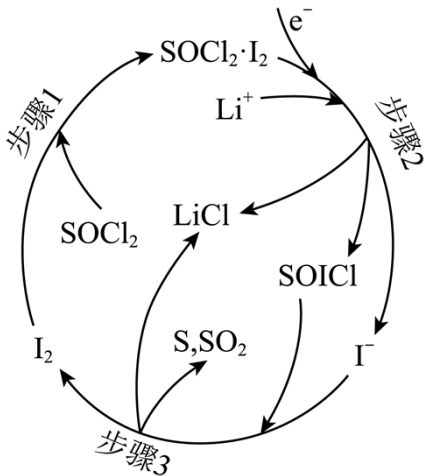
②466K 时，平衡体系内各组分物质的量分数 $x(\text{A})$ 随 $\frac{n(\text{SCl}_2)}{n(\text{O}_2)}$ 的变化如图。



反应II的平衡常数 $K_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ (保留1位小数)。保持 T 和 $\frac{n(\text{SCl}_2)}{n(\text{O}_2)}$ 不变, 增大 SCl_2 平衡转化率的措施有 (任举一例)。

③改变 T , 使反应II的平衡常数 $K_2 = \frac{1}{8}K_1$, 导致图中的曲线变化, 则 $x(\text{SCl}_2)$ 等于 $x(\text{SOCl}_2)$ 的新交点将出现在 (填“d”“e”“f”或“g”)处。

(3) 我国科研人员在含 Li^+ 的 SOCl_2 溶液中加入 I_2 , 提高了 $\text{Li}-\text{SOCl}_2$ 电池的性能。该电池放电时, 正极的物质转变步骤如图。其中, I_2 的作用是 ; 正极的电极反应式为 。



【答案】(1) -50 (2) ①. 放热 ②. 32.4 ③. 移走 SOCl_2 或加入 SO_2Cl_2 ④. d

(3) ①. 催化作用 ②. $2\text{SOCl}_2 + 4\text{Li}^+ + 4\text{e}^- \xrightarrow{\text{I}_2} \text{S} + \text{SO}_2 + 4\text{LiCl}$

【解析】

【小问1详解】

由盖斯定律可知， $2S(s) + 2Cl_2(g) = 2SCl_2(l)$ 的焓变为

$\Delta H_1 + \Delta H_2 = (-59.4 \text{ kJ/mol}) + (-40.6 \text{ kJ/mol}) = -100 \text{ kJ/mol}$ ，则 $S(s) + Cl_2(g) = SCl_2(l)$ 的

$$\Delta H_3 = \frac{1}{2} \times (-100 \text{ kJ/mol}) = -50 \text{ kJ/mol};$$

【小问 2 详解】

①由图可知反应II的 $\lg K$ 与 $\frac{1}{T}$ 成正比，则温度升高即 $\frac{1}{T}$ 减小随之 $\lg K$ 减小，那么 K 值减小，平衡逆向移动，反应II为放热反应；

②由图可知， $\frac{n(SCl_2)}{n(O_2)} = 2.0$ 时，平衡体系物质的量分数 $x(SCl_2) = x(SO_2Cl_2) = 0.13$ ，由于

$SCl_2(g) + O_2(g) = SO_2Cl_2(g)$ 为非可逆反应，故 O_2 应完全转化，即平衡体系中不存在 O_2 ，则

$x(SOCl_2) = 1 - x(SCl_2) - x(SO_2Cl_2) = 0.74$ ，反应II $SCl_2(g) + SO_2Cl_2(g) \rightleftharpoons 2SOCl_2(g)$ 是气体体积不变的反

应，则平衡常数可用物质的量分数代替计算，反应II的平衡常数 $K_1 = \frac{0.74^2}{0.13 \times 0.13} = 32.4$ ；保持 T 和

$\frac{n(SCl_2)}{n(O_2)}$ 不变，减小生成物浓度或加入其他反应物均能使平衡正移，增大 SCl_2 平衡转化率的措施有移走

$SOCl_2$ 或加入 SO_2Cl_2 ；

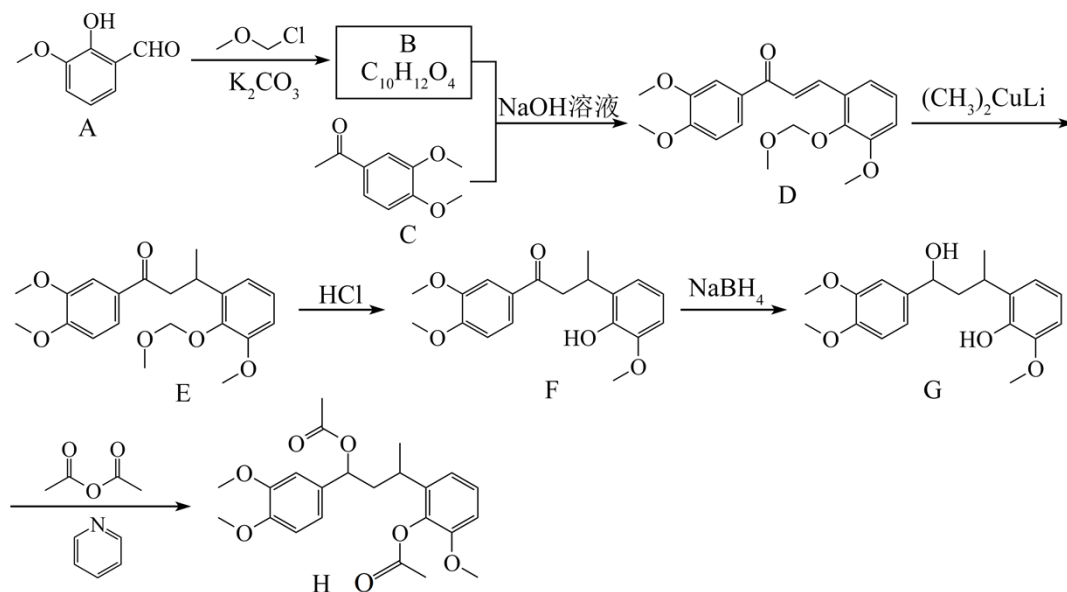
③反应II为放热反应，改变 T ，使反应II的平衡常数 $K_2 = \frac{1}{8} K_1$ ，其平衡常数减小，则为升高温度，反应II逆向移动，使得 $SOCl_2$ 含量减小、 SCl_2 增加，则图中 $x(SCl_2)$ 等于 $x(SOCl_2)$ 的新交点将会提前，出现在 d 处；

【小问 3 详解】

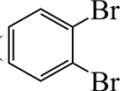
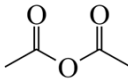
由图可知， I_2 在反应中被消耗又生成，作用是催化作用；放电时，正极上 $SOCl_2$ 得到电子发生还原转化为

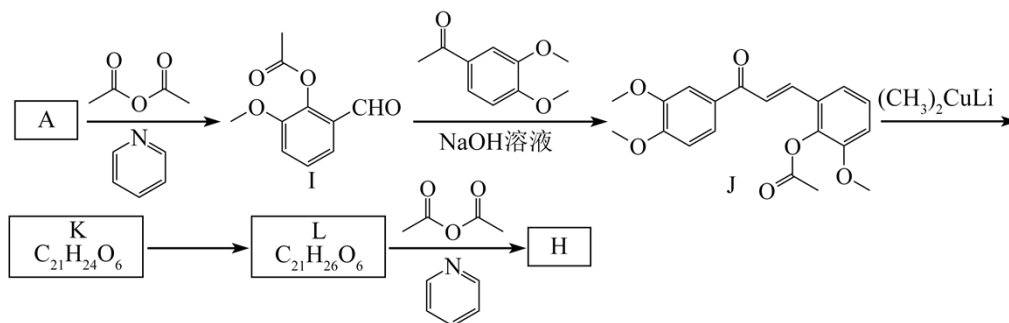
S 、 SO_2 ，正极电极反应为： $2SOCl_2 + 4Li^+ + 4e^- \xrightarrow{I_2} S + SO_2 + 4LiCl$ 。

18. 化合物 H 是合成某姜黄素类天然产物的中间体，其合成路线如下。

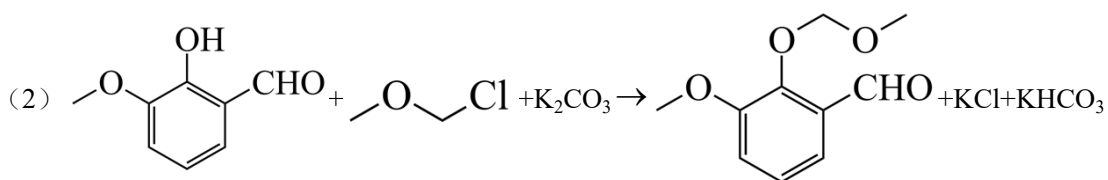


回答下列问题：

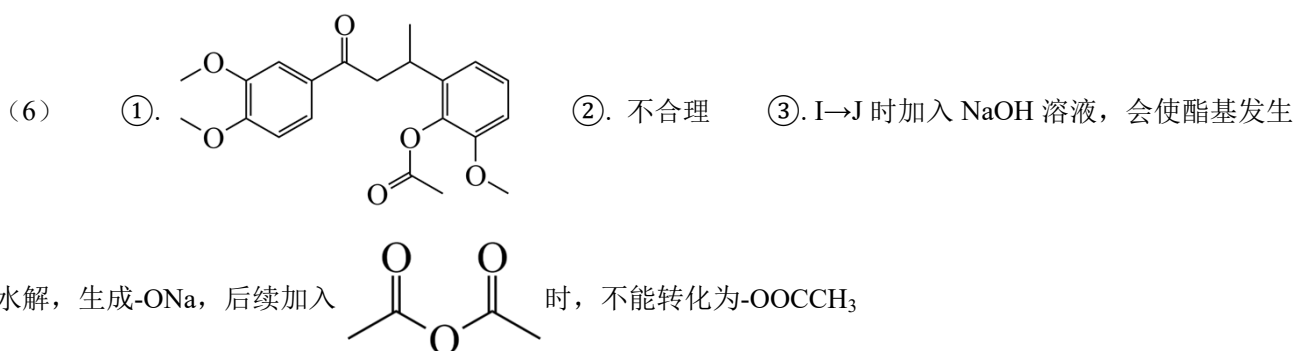
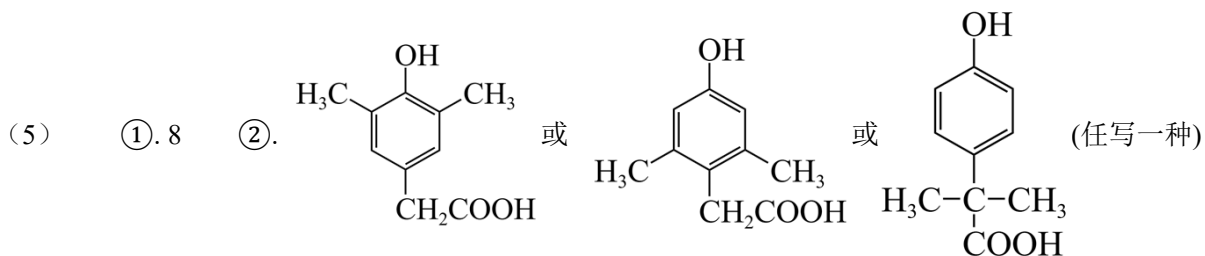
- (1) A 可由 R()合成，R 的化学名称是_____。
- (2) 由 A 生成 B 的化学方程式为_____。
- (3) D 中含氧官能团的名称是_____。
- (4) F 生成 G 的反应类型为_____。
- (5) 符合下列条件的 C 的含苯环同分异构体共有_____种，其中能与 NaHCO_3 溶液反应产生气体的同分异构体的结构简式为_____ (任写一种)。
- ①遇 Fe^{3+} 发生显色反应；②分子结构中含 $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{—O—}$ ；③核磁共振氢谱显示有 5 组峰，且峰面积比为 6:2:2:1:1。
- (6) 上述路线中用 $\text{—O—CH}_2\text{—Cl}$ 保护酚羟基，某同学用乙酸酐()代替 $\text{—O—CH}_2\text{—Cl}$ ，设计了如下更简短的合成路线，由 J 推出 K 的结构简式为_____。该设计路线中 A→J 的转化_____ (填“合理”或“不合理”)，理由是_____。



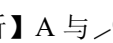
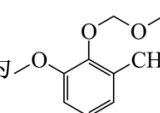
【答案】(1) 邻二溴苯(或 1, 2-二溴苯)

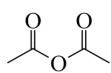


(3) 醚键和酮羰基 (4) 还原反应




【解析】

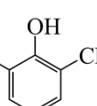
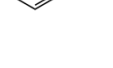
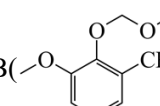
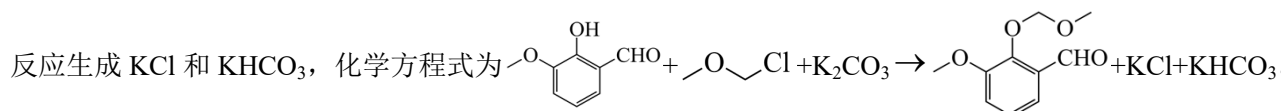
【分析】A 与  在 K₂CO₃ 作用下发生取代反应生成 B 等, 采用逆推法, 由 C、D 的结构简式, 可确定 B 为 ; B、C 在 NaOH 溶液中发生羟醛缩合反应生成 D, D 与 (CH₃)₂CuLi 作用生成 E 等,

E 与 HCl 发生取代反应生成 F 等, F 在 NaBH₄ 作用下发生还原反应生成 G, G 与  发生取代反应生成 H 等。

【小问 1 详解】

R 为 , R 的化学名称是邻二溴苯(或 1, 2-二溴苯)。

【小问 2 详解】

A()与  在 K₂CO₃ 作用下发生取代反应生成 B()和 HCl, K₂CO₃ 和 HCl 反应生成 KCl 和 KHCO₃, 化学方程式为 

【小问 3 详解】

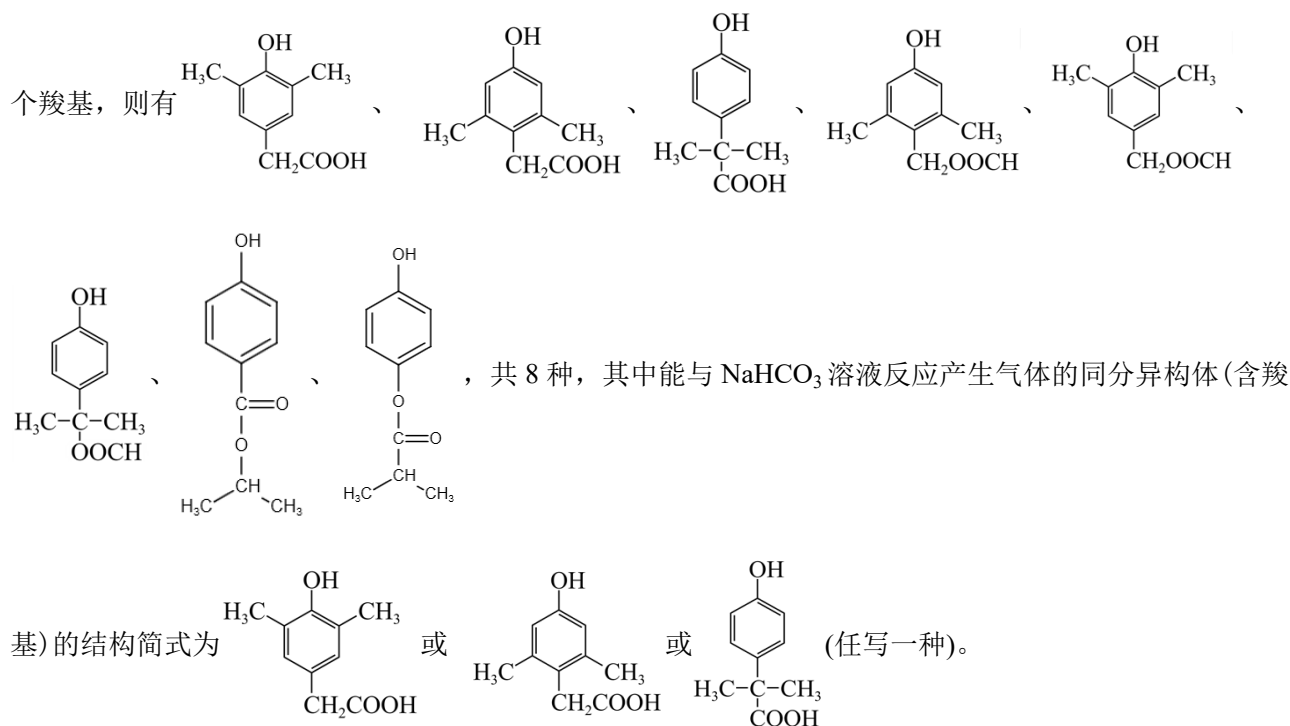
由 D 的结构简式, 可确定 D 的含氧官能团的名称是醚键和酮羰基。

【小问 4 详解】

F 在 NaBH_4 作用下发生反应生成 G 时，F 分子中的酮羰基转化为醇羟基，则反应类型为还原反应。

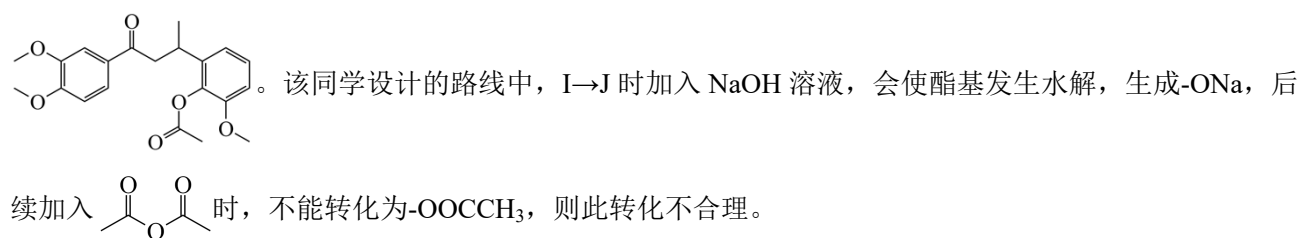
【小问 5 详解】

C 的分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_3$ ，不饱和度为 5，C 的同分异构体符合下列条件：“①遇 Fe^{3+} 发生显色反应；②分子结构中含 $-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-$ ；③核磁共振氢谱显示有 5 组峰，且峰面积比为 6:2:2:1:1，说明 C 的含苯环同分异构体分子中，在分子的某对称位置上含有 2 个甲基，另外，还含有 1 个苯环、1 个酚羟基，1 个酯基或 1 个羧基，则有



【小问 6 详解】

参照题给流程中 D→E 的信息，依据 J 的结构简式和 K 的分子式，可由 J 推出 K 的结构简式为



【点睛】 推断有机物时，可采用逆推法。