

2021年湖北省普通高中学业水平选择性考试

化学

可能用到的相对原子质量：H-1 C-12 N-14 O-16 F-19 S-32 Cl-35.5 K-39
Ga-70 In-115 Sb-122

一、选择题：本题共 15 小题，每小题 3 分，共 45 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. “碳中和”有利于全球气候改善。下列有关 CO_2 的说法错误的是

- A. CO_2 是 V 形的极性分子
- B. CO_2 可催化还原为甲酸
- C. CO_2 晶体可用于人工增雨
- D. CO_2 是侯氏制碱法的原料之一

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. CO_2 的中心原子 C 的价层电子对数为 2，无孤电子对， CO_2 的空间构型为直线形，其正负电荷中心重合，为非极性分子，A 项错误；

B. CO_2 可以被 H_2 在催化剂作用下还原为甲酸，B 项正确；

C. 固态二氧化碳(干冰)升华时吸热，可用于人工增雨，C 项正确；

D. 侯氏制碱法中发生反应： $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3\downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ ， CO_2 是生产原料之一，D 项正确；
故选 A。

2. “乌铜走银”是我国非物质文化遗产之一。该工艺将部分氧化的银丝镶嵌于铜器表面，艺人用手边捂边揉搓铜器，铜表面逐渐变黑，银丝变得银光闪闪。下列叙述错误的是

- A. 铜的金属活动性大于银
- B. 通过揉搓可提供电解质溶液
- C. 银丝可长时间保持光亮
- D. 用铝丝代替银丝铜也会变黑

【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】A. 根据金属活动性顺序表，铜的金属活动性大于银，A 项正确；

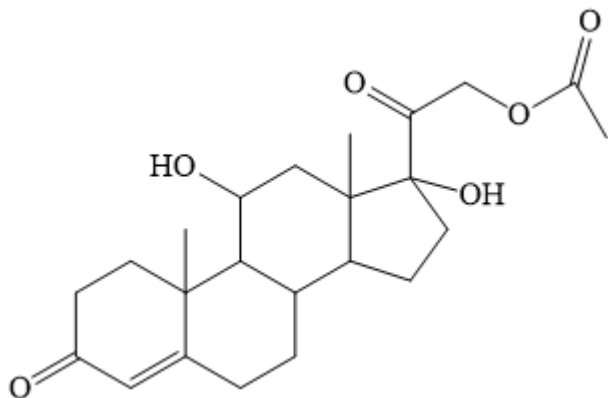
B. 通过揉搓，手上的汗水可提供电解质溶液，B 项正确；

C. 银丝发生还原反应，氧化银转化为单质银，单质银活动性较弱，可长时间保持光亮，C 项正确；

D. 铜的活动性比铝弱，氧化铝不能被铜还原为单质铝，因此铜不会变黑，D 项错误；

答案选 D。

3. 氢化可的松乙酸酯是一种糖皮质激素，具有抗炎、抗病毒作用，其结构简式如图所示。有关该化合物叙述正确的是



A. 分子式为 $C_{23}H_{33}O_6$

B. 能使溴水褪色

C. 不能发生水解反应

D. 不能发生消去反应

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. 由图可知该化合物的分子式为 $C_{23}H_{32}O_6$ ，故 A 错误；

B. 由图可知该化合物含有碳碳双键，能与溴发生加成反应而使溴水褪色，故 B 项正确；

C. 由图可知该化合物含有酯基，能发生水解反应，故 C 错误；

D. 由图可知该化合物含有羟基，且与羟基相连碳原子的邻位碳原子上连有氢原子，能发生消去反应，故 D 错误；

故答案：B。

4. 对于下列实验，不能正确描述其反应的离子方程式是

A. 向氢氧化钡溶液中加入盐酸： $H^+ + OH^- = H_2O$

B. 向硝酸银溶液中滴加少量碘化钾溶液： $Ag^+ + I^- = AgI \downarrow$

C. 向烧碱溶液中加入一小段铝片： $2Al + 2OH^- + 6H_2O = 2[Al(OH)_4]^- + 3H_2 \uparrow$

D. 向次氯酸钙溶液中通入少量二氧化碳气体： $ClO^- + CO_2 + H_2O = HClO + HCO_3^-$

【答案】D

【解析】

【分析】此题考查离子方程式的书写。

【详解】A. 化学方程式为 $Ba(OH)_2 + 2HCl = BaCl_2 + 2H_2O$ ，强酸，强碱，可溶性盐拆开，离子方程式 $H^+ + OH^- = H_2O$ ，A 项正确；

B. 化学方程式为 $AgNO_3 + KI = KNO_3 + AgI \downarrow$ ，钾盐，硝酸盐要拆开，离子方程式为 $Ag^+ + I^- = AgI \downarrow$ ，B 项正确；

C. 化学方程式为 $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2 \uparrow$ ，离子方程式 $2Al + 2OH^- + 6H_2O = 2[Al(OH)_4]^- + 3H_2 \uparrow$ ，C 项正确；

D. 向次氯酸钙溶液中通入少量 CO_2 气体，发生反应生成 $CaCO_3$ 和 $HClO$ ： $Ca^{2+} + 2ClO^- + H_2O + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + 2HClO$ ，D 项错误；
故选 D。

5. 下列实验现象与实验操作不相匹配的是

	实验操作	实验现象
A.	将盛有 $Fe(OH)_3$ 胶体的烧杯置于暗处，用红色激光笔照射烧杯中的液体	在与光束垂直的方向看到一条光亮的“通路”
B.	向盛有少量 $Mg(OH)_2$ 沉淀的试管中加入适量饱和 NH_4Cl 溶液，振荡	白色沉淀溶解
C.	向盛有 3.0mL 无水乙醇的试管中加入一小块金属钠	有气泡产生
D.	向盛有 2.0mL 甲苯的试管中加入 3 滴酸性 $KMnO_4$ 溶液，用力振荡	紫色不变

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】A. $Fe(OH)_3$ 胶体具有丁达尔效应，A 项正确；

B. $Mg(OH)_2$ 在溶液中存在溶解平衡： $Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$ ， NH_4^+ 可与 OH^- 结合为 $NH_3 \cdot H_2O$ ，使 $c(OH^-)$ 减小，溶解平衡正向移动，因此白色沉淀溶解，B 项正确；

C. 向无水乙醇中加入金属钠可发生反应： $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{Na} \longrightarrow 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa} + \text{H}_2 \uparrow$ ，有气泡产生，C 项正确；

D. 甲苯能被酸性高锰酸钾溶液氧化为苯甲酸，因此溶液紫色变浅或消失，D 项错误。

故选 D。

6. N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法错误的是

A. 23g $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 中 sp^3 杂化的原子数为 N_A

B. 0.5mol XeF_4 中氙的价层电子对数为 $3N_A$

C. 1mol $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 中配位键的个数为 $4N_A$

D. 标准状况下，11.2L CO 和 H_2 的混合气体中分子数为 $0.5N_A$

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 中 C 和 O 均为 sp^3 杂化，23g 乙醇为 0.5mol， sp^3 杂化的原子数为 $1.5N_A$ ，选项 A 错误；

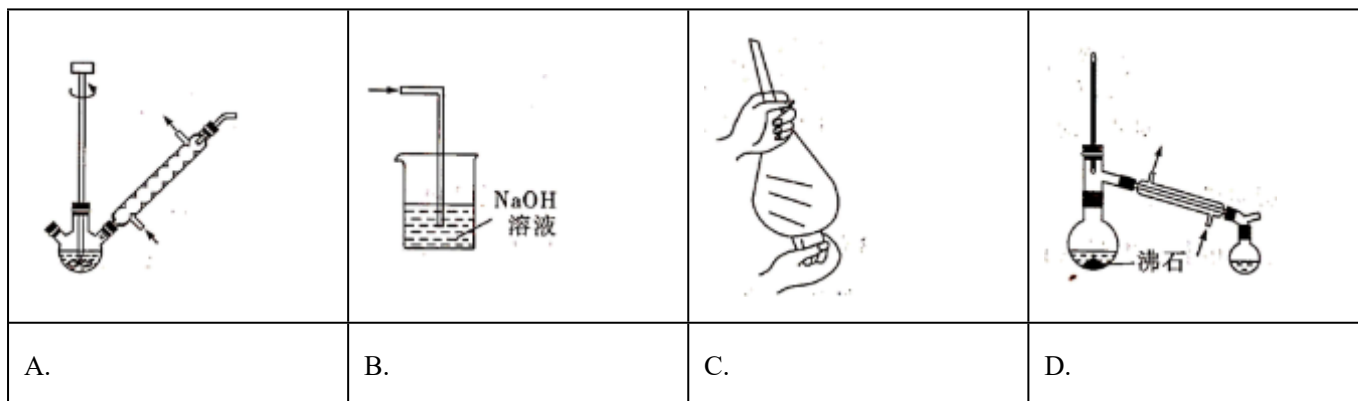
B. XeF_4 中氙的孤电子对数为 $\frac{8-1 \times 4}{2} = 2$ ，价层电子对数为 $4+2=6$ ，则 0.5mol XeF_4 中氙的价层电子对数为 $3N_A$ ，选项 B 正确；

C. 1 个 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 中含有 4 个配位键，1mol $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 含配位键的个数为 $4N_A$ ，选项 C 正确；

D. 标准状况下，11.2L CO 和 H_2 的混合气体为 0.5mol，分子数为 $0.5N_A$ ，选项 D 正确。

答案选 A。

7. 某兴趣小组为制备 1—氯—2—甲基丙烷(沸点 69°C)，将 2—甲基—1—丙醇和 POCl_3 溶于 CH_2Cl_2 中，加热回流(伴有 HCl 气体产生)。反应完全后倒入冰水中分解残余的 POCl_3 ，分液收集 CH_2Cl_2 层，无水 MgSO_4 干燥，过滤、蒸馏后得到目标产物。上述过程中涉及的装置或操作错误的是(夹持及加热装置略)



- A. A B. B C. C D. D

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. 将 2-甲基-1-丙醇和 POCl_3 溶于盛在三口烧瓶中的 CH_2Cl_2 中，搅拌、加热回流(反应装置中的球形冷凝管用于回流)，制备产物，A 项正确；

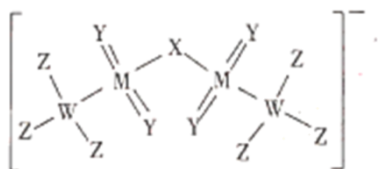
B. 产生的 HCl 可用 NaOH 溶液吸收，但要防止倒吸，导气管不能直接插入 NaOH 溶液中，B 项错误；

C. 分液收集 CH_2Cl_2 层需用到分液漏斗，振摇时需将分液漏斗倒转过来，C 项正确；

D. 蒸馏时需要用温度计控制温度，冷凝水从下口进、上口出，D 项正确；

故选 B。

8. 某离子液体的阴离子的结构如图所示，其中 W、X、Y、Z、M 为原子序数依次增大的短周期非金属元素，W 是有机分子的骨架元素。下列说法正确的是



- A. Z 元素的最高价态为+7 B. 基态原子未成对电子数：W>Y
C. 该阴离子中 X 不满足 8 电子稳定结构 D. 最简单氢化物水溶液的 pH：X>M

【答案】D

【解析】

【分析】根据 W 是有机分子的骨架元素，知 W 为 C 元素；由图可知，Y 形成 1 个双键，则其最外层有 6 个电子，结合原子序数关系知，Y 为 O 元素，则 X 为 N 元素；Z 形成 1 个单键，则 Z 为 F 元素；M 的成键总数为 6，则 M 为 S 元素。以此解答。

【详解】A. 根据上述分析可知：Z 为 F 元素，无正化合价，故 A 错误；

B. 根据上述分析可知：W 为 C 元素，Y 为 O 元素。C 原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2$ ，未成对电子数为 2，O 原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$ ，未成对电子数也为 2，故 B 错误；

C. 根据上述分析可知：X 为 N 元素，该阴离子中 N 形成 2 个单键，有 2 对孤对电子，满足 8 电子稳定结构，故 C 错误；

D. 根据上述分析可知：X 为 N 元素，最简单氢化物 NH_3 ， NH_3 的水溶液呈碱性；M 为 S 元素，最简单氢化

物 H_2S ， H_2S 的水溶液呈酸性，故水溶液的 $\text{pH}:\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{S}$ ，故 D 正确；

故答案：D。

9. 下列有关 N、P 及其化合物的说法错误的是

- A. N 的电负性比 P 的大，可推断 NCl_3 分子的极性比 PCl_3 的大
- B. N 与 N 的 π 键比 P 与 P 的强，可推断 $\text{N}\equiv\text{N}$ 的稳定性比 $\text{P}\equiv\text{P}$ 的高
- C. NH_3 的成键电子对间排斥力较大，可推断 NH_3 的键角比 PH_3 的大
- D. HNO_3 的分子间作用力较小，可推断 HNO_3 的熔点比 H_3PO_4 的低

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. P 和 Cl 的电负性差值比 N 和 Cl 的电负性差值大，因此 PCl_3 分子的极性比 NCl_3 分子极性大，A 项错误；

B. N 与 N 的 π 键比 P 与 P 的强，故 $\text{N}\equiv\text{N}$ 的稳定性比 $\text{P}\equiv\text{P}$ 的高，B 项正确；

C. N 的电负性比 P 大， NH_3 中成键电子对距离 N 比 PH_3 中成键电子对距离 P 近， NH_3 中成键电子对间的斥力大，因此 NH_3 的键角比 PH_3 的大，C 项正确；

D. 相对分子质量： $\text{HNO}_3 < \text{H}_3\text{PO}_4$ ，因此 HNO_3 的分子间作用力比磷酸的分子间作用力小，从而导致 HNO_3 的熔点比 H_3PO_4 的低，D 项正确；

故选 A。

10. 某立方晶系的锑钾(Sb—K)合金可作为锂离子电池的电极材料，图 a 为该合金的晶胞结构图，图 b 表示晶胞的一部分。下列说法正确的是

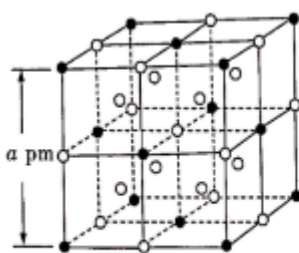


图 a

○ K
● Sb

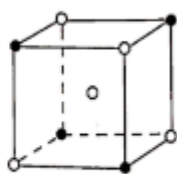


图 b

- A. 该晶胞的体积为 $a^3 \times 10^{-36} \text{cm}^3$
- B. K 和 Sb 原子数之比为 3 : 1
- C. 与 Sb 最邻近的 K 原子数为 4
- D. K 和 Sb 之间的最短距离为 $\frac{1}{2} a \text{pm}$

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. 该晶胞的边长为 $a \times 10^{-10} \text{ cm}$ ，故晶胞的体积为 $(a \times 10^{-10} \text{ cm})^3 = a^3 \times 10^{-30} \text{ cm}^3$ ，A 项错误；

B. 该晶胞中 K 的个数为 $12 \times \frac{1}{4} + 9 = 12$ ，Sb 的个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，故 K 和 Sb 原子数之比为 3 : 1，B 项正确；

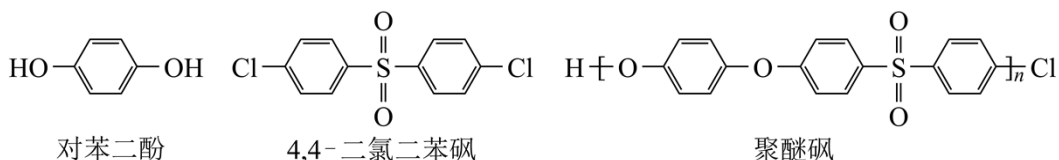
项正确；

C. 以面心处 Sb 为研究对象，与 Sb 最邻近的 K 原子数为 8，C 项错误；

D. K 和 Sb 的最短距离为晶胞体对角线长度的 $\frac{1}{4}$ ，即 $\frac{\sqrt{3}}{4} a \text{ pm}$ ，D 项错误。

故选 B。

11. 聚醚砜是一种性能优异的高分子材料。它由对苯二酚和 4, 4'-二氯二苯砜在碱性条件下反应，经酸化处理后得到。下列说法正确的是



A. 聚醚砜易溶于水

B. 聚醚砜可通过缩聚反应制备

C. 对苯二酚的核磁共振氢谱有 3 组峰

D. 对苯二酚不能与 FeCl_3 溶液发生显色反应

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. 聚醚砜为缩聚反应得到的高分子化合物、不溶于水，A 错误；

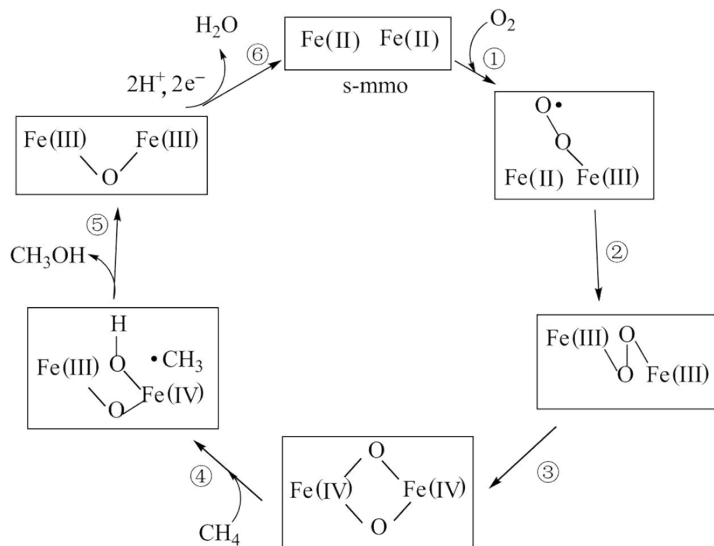
B. 聚醚砜是由单体对苯二酚和单体 4, 4'-二氯二苯砜通过缩聚反应制得，B 项正确；

C. $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$ 为对称结构，含有 2 种环境氢原子，苯环上 4 个 H 原子相同，2 个羟基上的 H 原子相同，所以对苯二酚在核磁共振氢谱中能出核磁共振谱有 2 组峰，C 错误；

D. 对苯二酚含有酚羟基，遇 FeCl_3 溶液显紫色，D 错误；

故选 B。

12. 甲烷单加氧酶(s-mmo)含有双核铁活性中心，是 O_2 氧化 CH_4 生成 CH_3OH 的催化剂，反应过程如图所示。下列叙述错误的是



- A. 基态 Fe 原子的核外电子排布式为 $[\text{Ar}]3d^64s^2$
- B. 步骤③有非极性键的断裂和极性键的形成
- C. 每一步骤都存在铁和氧元素之间的电子转移
- D. 图中的总过程可表示为： $\text{CH}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \xrightarrow{\text{s-mmo}} \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$

【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】A. 基态 Fe 原子核外有 26 个电子，其核外电子排布式为 $[\text{Ar}]3d^64s^2$ ，A 项正确；

B. 步骤③中断裂 O—O 非极性键，形成 O—Fe(IV)极性键，B 项正确；

C. 步骤④中电子转移发生在 Fe 和 C 元素之间，C 项错误；

D. 根据图示，总过程的反应为： $\text{CH}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \xrightarrow{\text{s-mmo}} \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ ，D 项正确；

故选 C。

13. 金属 Na 溶解于液氨中形成氨合钠离子和氨合电子，向该溶液中加入穴醚类配体 L，得到首个含碱金属阴离子的金黄色化合物 $[\text{NaL}]^+\text{Na}^-$ 。下列说法错误的是

- A. Na⁻的半径比 F⁻的大
- B. Na⁻的还原性比 Na 的强
- C. Na⁻的第一电离能比 H⁻的大
- D. 该事实说明 Na 也可表现出非金属性

【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】A. Na^- 核外有3个电子层、 F^- 核外有2个电子层，故 Na^- 的半径比 F^- 的大，A项正确；

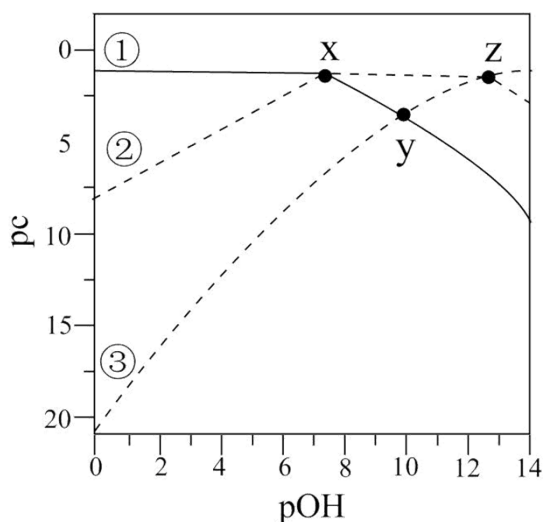
B. Na^- 的半径比 Na 的大， Na^- 中原子核对最外层电子的引力小，易失电子，故 Na^- 的还原性比 Na 的强，B项正确；

C. H^- 的1s上有2个电子，为全充满稳定结构，不易失去电子，故 Na^- 的第一电离能比 H^- 的小，C项错误；

D. 该事实说明 Na 可以形成 Na^- ，得电子表现出非金属性，D项正确。

故选C。

14. 常温下，已知 H_3PO_3 溶液中含磷物种的浓度之和为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，溶液中各含磷物种的 $\text{pc}-\text{pOH}$ 关系如图所示。图中 pc 表示各含磷物种的浓度负对数($\text{pc}=-\lg c$)， pOH 表示 OH^- 的浓度负对数[$\text{pOH}=-\lg c(\text{OH}^-)$]；x、y、z三点的坐标：x(7.3, 1.3)，y(10.0, 3.6)，z(12.6, 1.3)。下列说法正确的是



A. 曲线①表示 $\text{pc}(\text{H}_3\text{PO}_3)$ 随 pOH 的变化

B. H_3PO_3 的结构简式为 $\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \end{array}$

C. $\text{pH}=4$ 的溶液中： $c(\text{H}_2\text{PO}_3^-) < 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} - 2c(\text{HPO}_3^{2-})$

D. $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{HPO}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{PO}_3^-$ 的平衡常数 $K > 1.0 \times 10^5$

【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】A. 图象中含P物质只有3种，说明 H_3PO_3 为二元弱酸。随着 $c(\text{OH}^-)$ 逐渐增大， pOH 减小，根

据 $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{PO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{PO}_3^- + \text{OH}^- = \text{HPO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ，知 $c(\text{H}_3\text{PO}_3)$ 逐渐减小， $c(\text{H}_2\text{PO}_3^-)$ 先增大后减小， $c(\text{HPO}_3^{2-})$ 逐渐增大， $\text{pc} = -\lg c$ ，则 $\text{pc}(\text{H}_3\text{PO}_3)$ 逐渐增大， $\text{pc}(\text{H}_2\text{PO}_3^-)$ 先减小后增大， $\text{pc}(\text{HPO}_3^{2-})$ 逐渐减小，故曲线③表示 $\text{pc}(\text{H}_3\text{PO}_3)$ ，曲线②表示 $\text{pc}(\text{H}_2\text{PO}_3^-)$ ，曲线①表示 $\text{pc}(\text{HPO}_3^{2-})$ ；根据 x 点知， $c(\text{HPO}_3^{2-}) = c(\text{H}_2\text{PO}_3^-)$ 时， $\text{pOH} = 7.3$ ， $c(\text{OH}^-) = 10^{-7.3} \text{mol/L}$ ， $c(\text{H}^+) = 10^{-6.7} \text{mol/L}$ ，则 H_3PO_3 的 $K_{a2} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HPO}_3^{2-})}{c(\text{H}_2\text{PO}_3^-)} = c(\text{H}^+) = 10^{-6.7}$ ，根据 z 点知， $c(\text{H}_2\text{PO}_3^-) = c(\text{H}_3\text{PO}_3)$ ， $\text{pOH} = 12.6$ ， $c(\text{OH}^-) = 10^{-12.6} \text{mol/L}$ ， $c(\text{H}^+) = 10^{-1.4} \text{mol/L}$ ，则 H_3PO_3 的 $K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{H}_2\text{PO}_3^-)}{c(\text{H}_3\text{PO}_3)} = c(\text{H}^+) = 10^{-1.4}$ ，曲线①表示 $\text{pc}(\text{HPO}_3^{2-})$ 随 pOH 的变化，故 A 错误；

B. H_3PO_3 为二元弱酸，其结构简式为 $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{P}}-\text{OH}$ ，故 B 错误；

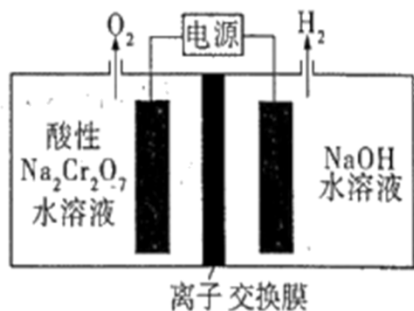
C. $\text{pH} = 4$ 即 $\text{pOH} = 10$ ，由图可知，此时， $\text{pc}(\text{HPO}_3^{2-}) = \text{pc}(\text{H}_3\text{PO}_3)$ ，即 $c(\text{H}_3\text{PO}_3) = c(\text{HPO}_3^{2-})$ ，而 $c(\text{H}_3\text{PO}_3) + c(\text{H}_2\text{PO}_3^-) + c(\text{HPO}_3^{2-}) = 0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，故 $c(\text{H}_2\text{PO}_3^-) = 0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - 2c(\text{HPO}_3^{2-})$ ，故 C 错误；

D. 由 $\text{H}_3\text{PO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_3^- + \text{H}^+$ 减去 $\text{H}_2\text{PO}_3^- \rightleftharpoons \text{HPO}_3^{2-} + \text{H}^+$ ，可得

$\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{HPO}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{PO}_3^-$ ，则平衡常数 $K = \frac{K_{a1}}{K_{a2}} = \frac{10^{-1.4}}{10^{-6.7}} = 10^{5.3} > 1 \times 10^5$ ，故 D 正确；

故答案：D。

15. $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的酸性水溶液随着 H^+ 浓度的增大会转化为 CrO_3 。电解法制备 CrO_3 的原理如图所示。下列说法错误的是



- A. 电解时只允许 H^+ 通过离子交换膜
- B. 生成 O_2 和 H_2 的质量比为 8 : 1

- C. 电解一段时间后阴极区溶液 OH^- 的浓度增大
- D. CrO_3 的生成反应为: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+ = 2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

【答案】A

【解析】

【分析】根据左侧电极上生成 O_2 ，右侧电极上生成 H_2 ，知左侧电极为阳极，发生反应： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，右侧电极为阴极，发生反应： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ ；由题意知，左室中 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 随着 H^+ 浓度增大转化为 CrO_3 ： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+ = 2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，因此阳极生成的 H^+ 不能通过离子交换膜。

【详解】A. 由以上分析知，电解时通过离子交换膜的是 Na^+ ，A 项错误；

B. 根据各电极上转移电子数相同，由阳极反应和阴极反应，知生成 O_2 和 H_2 的物质的量之比为 1:2，其质量比为 8:1，B 项正确；

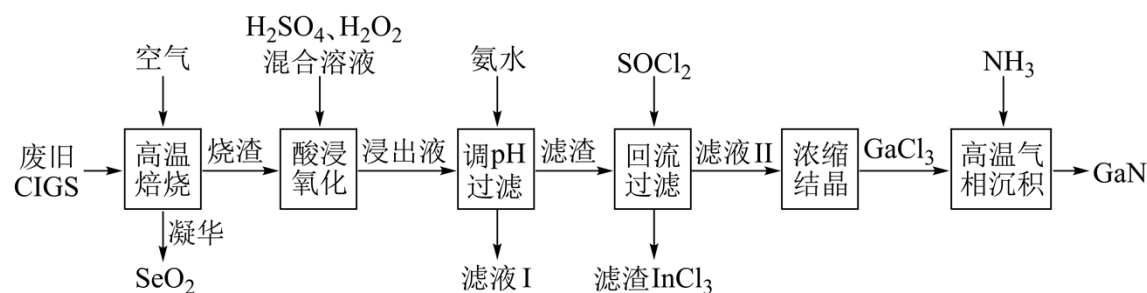
C. 根据阴极反应知，电解一段时间后阴极区溶液 OH^- 的浓度增大，C 项正确；

D. 电解过程中阳极区 H^+ 的浓度增大， $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 转化为 CrO_3 ： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+ = 2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，D 项正确。

故选 A。

二、非选择题：本题共 4 小题，共 55 分。

16. 废旧太阳能电池 CIGS 具有较高的回收利用价值，其主要组成为 $\text{CuIn}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{Se}_2$ 。某探究小组回收处理流程如图：



回答下列问题：

(1) 硒(Se)与硫为同族元素，Se 的最外层电子数为___；镓(Ga)和铟(In)位于元素周期表第 IIIA 族， $\text{CuIn}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{Se}_2$ 中 Cu 的化合价为___。

(2) “酸浸氧化”发生的主要氧化还原反应的化学方程式为___。

(3) 25℃时，已知： $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \approx 2.0 \times 10^{-5}$ ， $K_{sp}[\text{Ga}(\text{OH})_3] \approx 1.0 \times 10^{-35}$ ， $K_{sp}[\text{In}(\text{OH})_3] \approx 1.0 \times 10^{-33}$ ，

$K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2] \approx 1.0 \times 10^{-20}$ ，“浸出液”中 $c(\text{Cu}^{2+}) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。当金属阳离子浓度小于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时沉淀完全， In^{3+} 恰好完全沉淀时溶液的 pH 约为___(保留一位小数)；若继续加入 $6.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水至过量，观察到的实验现象是先有蓝色沉淀，然后___；为探究 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ 在氨水中能否溶解，计算反应

$\text{Ga}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Ga}(\text{OH})_4]^- + \text{NH}_4^+$ 的平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(已知： $\text{Ga}^{3+} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$ $K' = \frac{c([\text{Ga}(\text{OH})_4]^-)}{c(\text{Ga}^{3+}) \times c^4(\text{OH}^-)} \approx 1.0 \times 10^{34}$)

(4)“滤渣”与 SOCl_2 混合前需要洗涤、干燥，检验滤渣中 SO_4^{2-} 是否洗净的试剂是___；“回流过滤”中 SOCl_2 的作用是将氢氧化物转化为氯化物和___。

(5)“高温气相沉积”过程中发生的化学反应方程式为___。

【答案】(1) ①. 6 ②. +1

(2) $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

(3) ①. 4.7 ②. 蓝色沉淀溶解，溶液变成深蓝色 ③. 2.0×10^{-6}

(4) ①. HCl 溶液、 BaCl_2 溶液 ②. 作溶剂

(5) $\text{GaCl}_3 + \text{NH}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{GaN} + 3\text{HCl}$

【解析】

【分析】废旧 CIGS 首先焙烧生成金属氧化物，之后再用水和过氧化氢将氧化亚铜中+1 价铜氧化为+2 价，再加氨水分离氢氧化铜，过滤，氨水过量氢氧化铜再溶解，用 SOCl_2 溶解，以此解题。

【小问 1 详解】

硫为第 VIA 族元素，硒(Se)与硫为同族元素，故 Se 的最外层电子数为 6，镓(Ga)和铟(In)位于元素周期表第 IIIA 族，则根据正负化合价为零则可以知道 $\text{CuIn}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{Se}_2$ 中 Cu 的化合价为+1；

【小问 2 详解】

“酸浸氧化”为酸性条件下 H_2O_2 烧渣中 Cu_2O 反应，其方程式为： $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ ；

【小问 3 详解】

In^{3+} 恰好完全沉淀时 $c(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{1.0 \times 10^{-33}}{1.0 \times 10^{-5}}} \approx 1.0 \times 10^{-9.3}$ ， $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-4.7}$ ，故答案是 $\text{pH} = 4.7$ ；蓝色沉

淀是氢氧化铜，继续滴加氨水会生成四氨合铜离子，这时氢氧化铜会溶解，故答案是蓝色沉淀溶解，溶液

变成深蓝色；由反应方程式可知 $K = \frac{c([\text{Ga}(\text{OH})_4]^-) \times c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \times c(\text{OH}^-)}$ ，由 $K' = \frac{c([\text{Ga}(\text{OH})_4]^-)}{c(\text{Ga}^{3+}) \times c^4(\text{OH}^-)} \approx 1.0 \times 10^{34}$ ，得

$$K = \frac{1.0 \times 10^{34} \times c(\text{Ga}^{3+}) \times c^4(\text{OH}^-) \times c(\text{NH}_4^+) \times c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \times c(\text{OH}^-)} = \frac{1.0 \times 10^{34} \times c(\text{Ga}^{3+}) \times c^3(\text{OH}^-) \times c(\text{NH}_4^+) \times c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} \text{ 即}$$

$$K = \frac{1.0 \times 10^{34} \times c(\text{Ga}^{3+}) \times c^3(\text{OH}^-) \times c(\text{NH}_4^+) \times c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = 1.0 \times 10^{34} \times K_{\text{sp}}[\text{Ga}(\text{OH})_3] \times K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}), \text{ 代入数据可}$$

知 $K=2.0 \times 10^{-6}$;

【小问 4 详解】

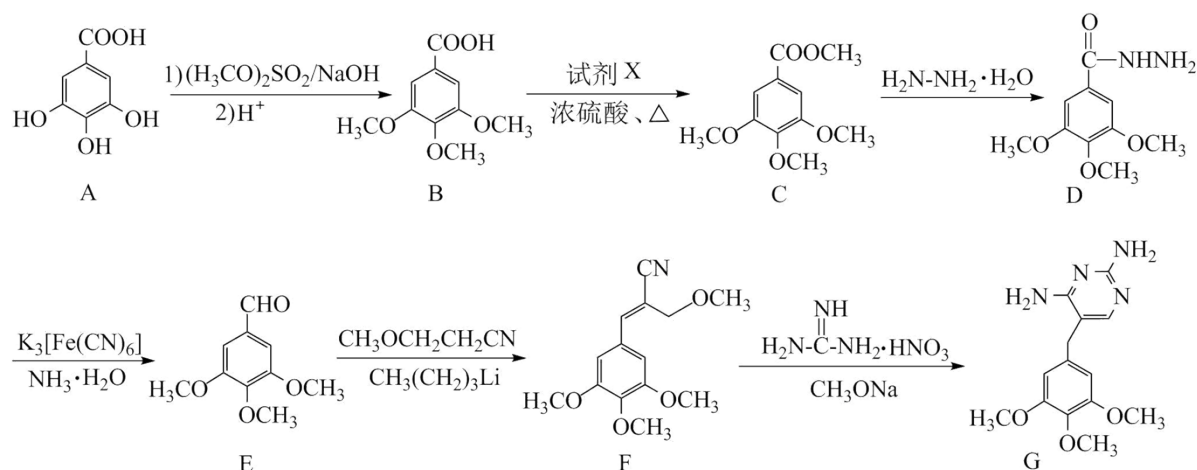
检验滤渣中 SO_4^{2-} 是否洗净可以加入强酸和含钡离子的盐, 故试剂是 HCl 溶液、 BaCl_2 溶液 通过“回流过滤”

分为两部分滤渣和滤液, 故 SOCl_2 的另一个作用是作溶剂;

【小问 5 详解】

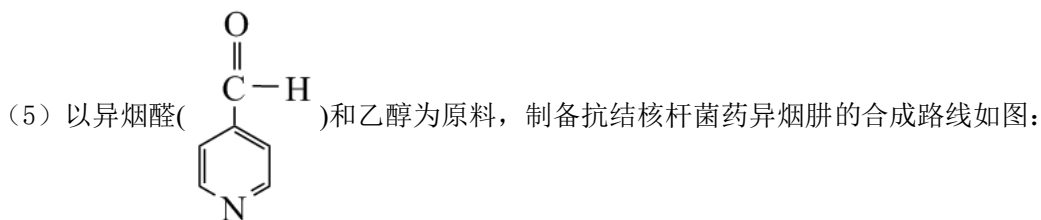
高温气相沉积”过程中是氨气和 GaCl_3 反应, 其方程式为: $\text{GaCl}_3 + \text{NH}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{GaN} + 3\text{HCl}$ 。

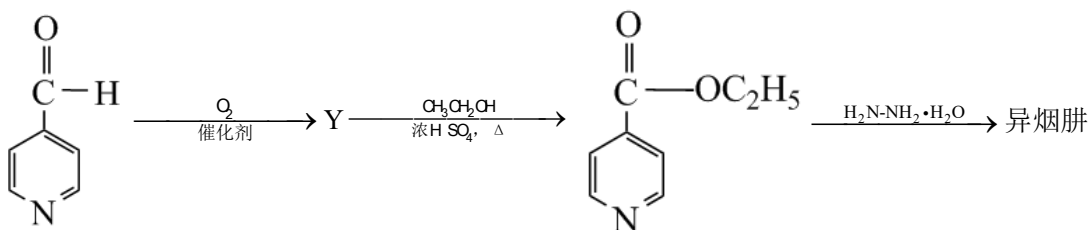
17. 甲氧苄啶(G)是磺胺类抗菌药物的增效剂, 其合成路线如图:



回答下列问题:

- (1) E 中的官能团名称是___、___。
- (2) $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 的反应类型为___; 试剂 X 的结构简式为___。
- (3) 若每分子 F 的碳碳双键加上了一分子 Br_2 , 产物中手性碳个数为___。
- (4) B 的同分异构体中能同时满足以下三个条件的有___种(不考虑立体异构)。
 - ①属于 A 的同系物;
 - ②苯环上有 4 个取代基;
 - ③苯环上一氯代物只有一种。



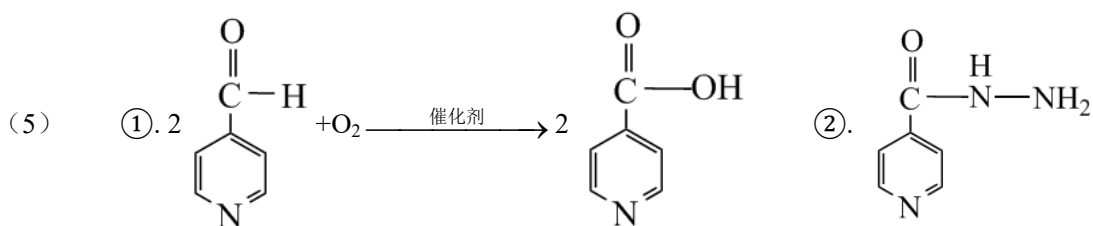


写出生成 Y 的化学反应方程式___；异烟肼的结构简式为___。

【答案】(1) ①. 醛基 ②. 醚键

(2) ①. 酯化反应或取代反应 ②. CH₃OH

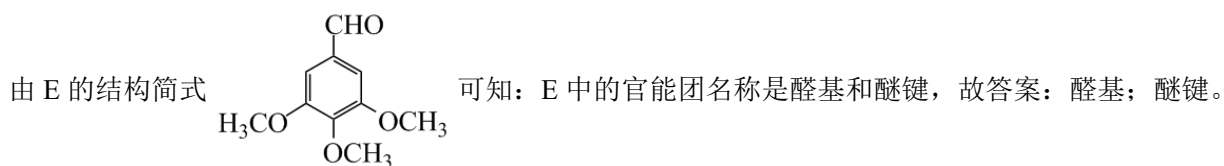
(3) 2 (4) 10



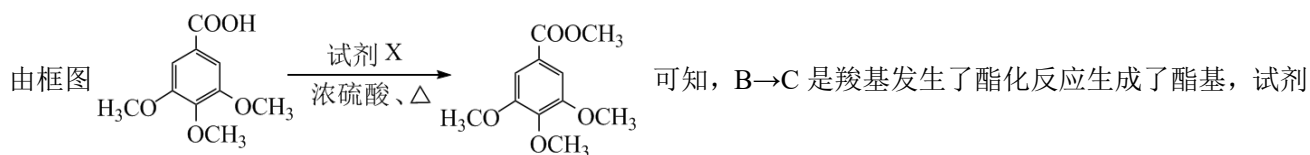
【解析】

【分析】

【小问 1 详解】

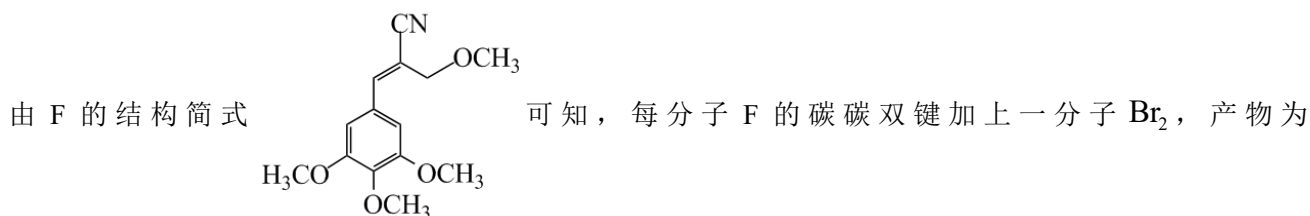


【小问 2 详解】

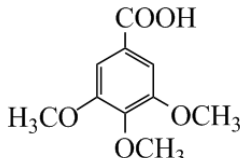
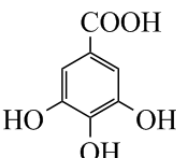


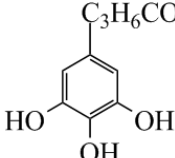
X 为甲醇，其结构简式为 CH₃OH，故答案：酯化反应；CH₃OH。

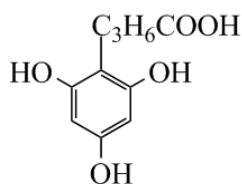
【小问 3 详解】



【小问 4 详解】

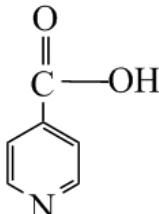
由框图 B 的结构简式为 ，A 的结构简式为 。根据①属于 A 的同系物，

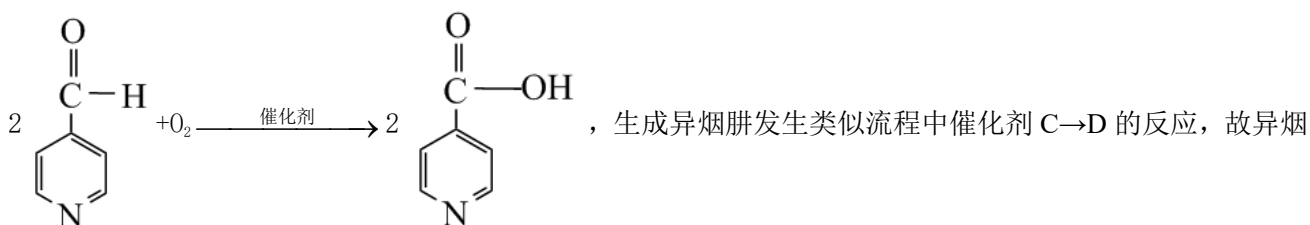
知含有 3 个酚羟基、1 个羧基；根据②苯环上有 4 个取代基，知 4 个取代基分别为 $-\text{OH}$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{C}_3\text{H}_6\text{COOH}$ ；根据③苯环上一氯代物只有 1 种，知该同分异构体为  或

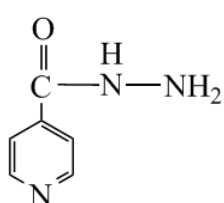
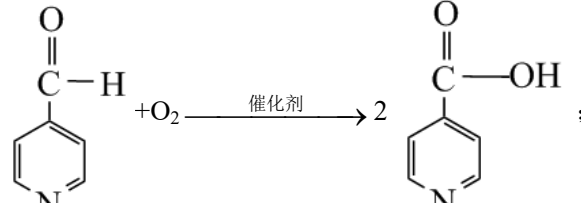


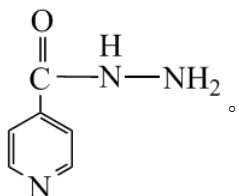
，又 $-\text{C}_3\text{H}_6\text{COOH}$ 有 5 种，所以满足条件的同分异构体有 10 种。故答案：10。

【小问 5 详解】

根据图中转化关系可知，Y 为 ，则生成 Y 的化学反应方程式为



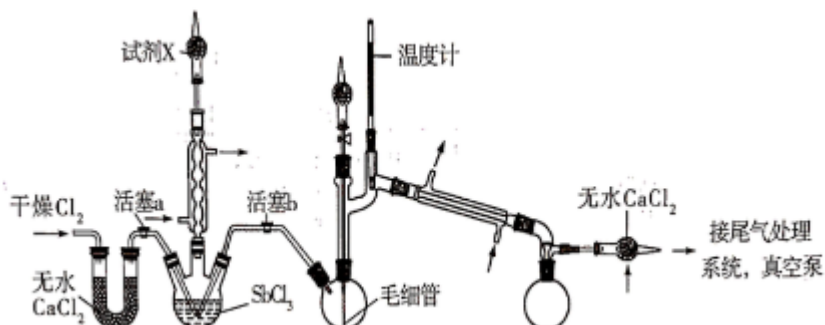
肼的结构简式为 ，故答案：；



18. 超酸是一类比纯硫酸更强的酸，在石油重整中用作高效催化剂。某实验小组对超酸 HSbF_6 的制备及性质

进行了探究。由三氯化锑(SbCl_3)制备 HSbF_6 的反应如下： $\text{SbCl}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{SbCl}_5$ 、

$\text{SbCl}_5 + 6\text{HF} = \text{HSbF}_6 + 5\text{HCl}$ 。制备 SbCl_5 的初始实验装置如图(毛细管连通大气，减压时可吸入极少量空气，防止液体暴沸；夹持、加热及搅拌装置略)：



相关性质如表：

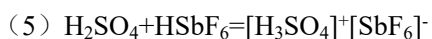
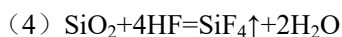
物质	熔点	沸点	性质
SbCl_3	73.4°C	220.3°C	极易水解
SbCl_5	3.5°C	140°C 分解 $79^\circ\text{C}/2.9\text{kPa}$	极易水解

回答下列问题：

- 实验装置中两个冷凝管__(填“能”或“不能”)交换使用。
- 试剂 X 的作用为__、__。
- 反应完成后，关闭活塞 a、打开活塞 b，减压转移__(填仪器名称)中生成的 SbCl_5 至双口烧瓶中。用真空泵抽气减压蒸馏前，必须关闭的活塞是__(填“a”或“b”)；用减压蒸馏而不用常压蒸馏的主要原因是__。
- 实验小组在由 SbCl_5 制备 HSbF_6 时，没有选择玻璃仪器，其原因为__。(写化学反应方程式)
- 为更好地理解超酸的强酸性，实验小组查阅相关资料了解到：弱酸在强酸性溶剂中表现出碱的性质，如冰醋酸与纯硫酸之间的化学反应方程式为 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = [\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})_2]^+ [\text{HSO}_4]^-$ 。以此类推， H_2SO_4 与 HSbF_6 之间的化学反应方程式为__。
- 实验小组在探究实验中发现蜡烛可以溶解于 HSbF_6 中，同时放出氢气。已知烷烃分子中碳氢键的活性大小顺序为：甲基($-\text{CH}_3$)<亚甲基($-\text{CH}_2-$)<次甲基($-\overset{|}{\text{C}}\text{H}-$)。写出 2—甲基丙烷与 HSbF_6 反应的离子方程式__。

【答案】 (1) 不能 (2) ①. 吸收氯气，防止污染空气 ②. 防止空气中的水蒸气进入三口烧瓶使 SbCl_3 、 SbCl_5 水解

(3) ①. 三口烧瓶 ②. b ③. 防止 SbCl_5 分解



【解析】

【分析】

【小问 1 详解】

与直形冷展管相比，球形冷凝管的冷却面积大，冷却效果好，且由于球形冷凝管的内芯管为球泡状，容易在球部积留蒸馏液，故不适宜用于倾斜式蒸馏装置，多用于垂直蒸馏装置，故实验装置中两个冷凝管不能交换使用；

【小问 2 详解】

根据表中提供信息， SbCl_3 、 SbCl_5 极易水解，知试剂 X 的作用是防止空气中水蒸气进入三口烧瓶，同时吸收氯气，防止污染空气；

【小问 3 详解】

由实验装置知，反应完成后，关闭活塞 a、打开活塞 b，减压转移三口烧瓶中生成的 SbCl_5 至双口烧瓶中；减压蒸馏前，必须关闭活塞 b，以保证装置密封，便于后续抽真空；根据表中提供信息知， SbCl_5 容易分解，用减压蒸馏而不用常压蒸馏，可以防止 SbCl_5 分解；

【小问 4 详解】

在由 SbCl_5 制备 HSbF_6 时，需用到 HF，而 HF 可与玻璃中的 SiO_2 反应，故不能选择玻璃仪器，反应的化学方程式为： $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

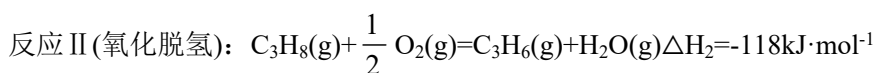
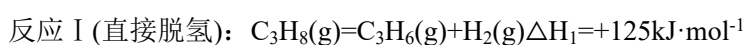
【小问 5 详解】

H_2SO_4 与超强酸 HSbF_6 反应时， H_2SO_4 表现出碱的性质，则化学方程式为 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HSbF}_6 = [\text{H}_3\text{SO}_4]^+ [\text{SbF}_6]^-$ ；

【小问 6 详解】

2-甲基丙烷的结构简式为 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ ，根据题目信息知， $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ 中上的 $\text{—}\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}\text{—}$ 氢参与反应，反应的离子方程式为 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3 + \text{HSbF}_6 = \text{SbF}_6^- + (\text{CH}_3)_3\text{C}^+ + \text{H}_2\uparrow$ 。

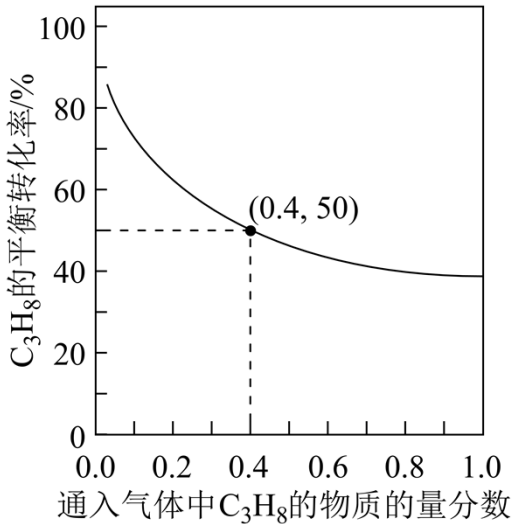
19. 丙烯是一种重要的化工原料，可以在催化剂作用下，由丙烷直接脱氢或氧化脱氢制备。



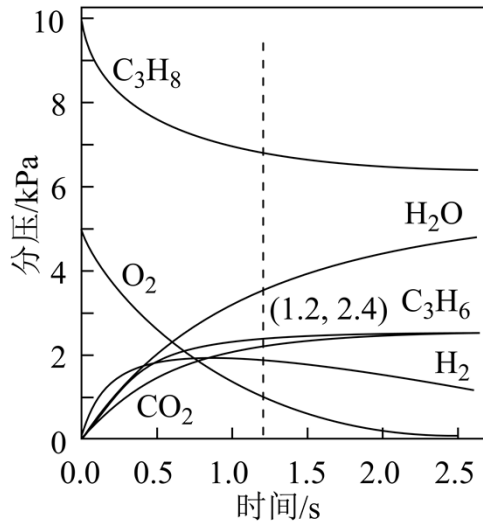
(1) 已知键能： $E(\text{C—H}) = 416\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， $E(\text{H—H}) = 436\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，由此计算生成 1mol 碳碳 π 键放出的能量为

___kJ。

(2) 对于反应 I，总压恒定为 100kPa，在密闭容器中通入 C₃H₈ 和 N₂ 的混合气体(N₂ 不参与反应)，从平衡移动的角度判断，达到平衡后通入 N₂ 的作用是___。在温度为 T₁ 时，C₃H₈ 的平衡转化率与通入气体中 C₃H₈ 的物质的量分数的关系如图 a 所示，计算 T₁ 时反应 I 的平衡常数 K_p=__kPa(以分压表示，分压=总压×物质的量分数，保留一位小数)。



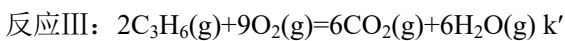
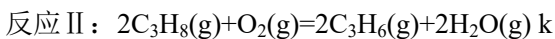
图a



图b

(3) 在温度为 T₂ 时，通入气体分压比为 p(C₃H₈): p(O₂): p(N₂)=10: 5: 85 的混合气体，各组分气体的分压随时间的变化关系如图 b 所示。0~1.2s 生成 C₃H₆ 的平均速率为__kPa · s⁻¹;; 在反应一段时间后，C₃H₈ 和 O₂ 的消耗速率比小于 2 : 1 的原因为___。

(4) 恒温刚性密闭容器中通入气体分压比为 p(C₃H₈): p(O₂): p(N₂)=2: 13: 85 的混合气体，已知某反应条件下只发生如下反应(k, k'为速率常数):



实验测得丙烯的净生成速率方程为 $v(C_3H_6) = kp(C_3H_8) - k'p(C_3H_6)$ ，可推测丙烯的浓度随时间的变化趋势为___，其理由是___。

【答案】(1) 271 (2) ①. 减小气体浓度，使平衡右移，提高 C₃H₈(g)转化率 ②. 16.7

(3) ①. 2 ②. H₂ 和 C₃H₆ 都消耗 O₂

(4) ①. 先增大后减小 ②. 反应开始时，体系中主要发生反应 II，c(C₃H₆)逐渐增大，随着反应进行，p(C₃H₈)减小，p(C₃H₆)增大，v(C₃H₆)减小，体系中主要发生反应 III，c(C₃H₆)逐渐减小

【解析】

【分析】

【小问 1 详解】

由 $C_3H_8(g) = C_3H_6(g) + H_2(g) \Delta H_1 = +125 kJ \cdot mol^{-1}$ 可知反应需要中断裂 2mol C—H 键、形成 1mol 碳碳 π 键和 1mol H—H 键, $436 kJ \cdot mol^{-1} \times 2 - E(\text{碳碳 } \pi \text{ 键}) = +125 kJ \cdot mol^{-1}$, 解得: $E(\text{碳碳 } \pi \text{ 键}) = 271 kJ \cdot mol^{-1}$, 所以形成 1mol 碳碳 π 键放出的能量为 271kJ;

【小问 2 详解】

达到平衡后, 通入 N_2 , 由于总压恒定为 100kPa, 则容器体积增大, 平衡向气体体积增大的方向移动, 即向正反应方向移动, $C_3H_8(g)$ 的转化率增大; 根据图 a, C_3H_8 的物质的量分数为 0.4 时, 其平衡转化率为 50%; 假设混合气体为 1mol, 则起始时 C_3H_8 为 0.4mol, N_2 为 0.6mol, 运用三段式法计算:

	C_3H_8	\rightleftharpoons	$H_2(g)$	+	$C_3H_6(g)$
开始量/mol	0.40		0		0
变化量/mol	0.20		0.20		0.20
平衡量/mol	0.20		0.20		0.20

由于总压恒定为 100kPa, 平衡时 C_3H_8 为 0.2mol, C_3H_6 为 0.2mol, H_2 为 0.2mol, N_2 为 0.6mol, 则 $C_3H_8(g)$ 、 $C_3H_6(g)$ 、 $H_2(g)$ 的分压均为: $100 kPa \times \frac{0.2 mol}{1.2 mol} = \frac{100}{6} kPa$ 故 T_1 时反应 I 的平衡常数

$$K_p = \frac{\frac{100}{6} kPa \times \frac{100}{6} kPa}{\frac{100}{6} kPa} = 16.7 kPa$$

【小问 3 详解】

0 ~ 1.2s 内 C_3H_6 的分压由 0 增大为 2.4kPa, 则生成 C_3H_6 的平均速率为 $\frac{2.4 kPa}{1.2 s} = 2 kPa \cdot s^{-1}$; 若只发生反应 I、II, C_3H_6 的分压应大于 H_2 和 H_2O 的分压, 但由图 b 知, 随着反应进行, 分压 $p(H_2O) > p(C_3H_6) > p(H_2)$, 且有 CO_2 生成, H_2 分压降低, 故体系中还发生反应: $C_3H_6 + \frac{9}{2} O_2 = 3CO_2 + 3H_2O$, $H_2 + \frac{1}{2} O_2 = H_2O$, 消耗 O_2 , 因此 C_3H_8 和 O_2 的消耗速率比小于 2 : 1;

【小问 4 详解】

反应开始时, 反应 II 向右进行, $c(C_3H_6)$ 逐渐增大, 且体系中以反应 II 为主, 随着反应进行, $p(C_3H_8)$ 减小, $p(C_3H_6)$ 增大, 使得 $v(C_3H_6)$ 减小, 体系中以反应 III 为主, 因此丙烯的浓度随时间的变化趋势为先增大后减小。

