

2022 年普通高等学校招生全国统一考试(全国乙卷)

化学

1. 生活中处处有化学，下列叙述正确的是

- A. HB 铅笔芯的成分为二氧化铅
B. 碳酸氢钠可做食品膨松剂
C. 青铜和黄铜是不同结构的单质铜
D. 焰火中红色来源于钠盐灼烧

【答案】B

【解析】

【详解】A. 铅笔芯的主要成分为石墨，不含二氧化铅，A 错误；

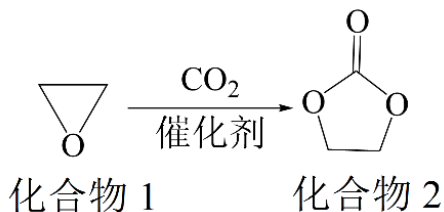
B. 碳酸氢钠不稳定，受热易分解产生二氧化碳，能使面团松软，可做食品膨松剂，B 正确；

C. 青铜是在纯铜(紫铜)中加入锡或铅的合金，黄铜为是由铜和锌所组成的合金，两者均属于混合物，不是铜单质，C 错误；

D. 钠元素灼烧显黄色，D 错误；

故选 B。

2. 一种实现二氧化碳固定及再利用的反应如下：



下列叙述正确的是

- A. 化合物 1 分子中的所有原子共平面
B. 化合物 1 与乙醇互为同系物
C. 化合物 2 分子中含有羟基和酯基
D. 化合物 2 可以发生开环聚合反应

【答案】D

【解析】

【详解】A. 化合物 1 分子中还有亚甲基结构，其中心碳原子采用 sp^3 杂化方式，所以所有原子不可能共平面，A 错误；

B. 结构相似，分子上相差 n 个 CH_2 的有机物互为同系物，上述化合物 1 为环氧乙烷，属于醚类，乙醇属于醇类，与乙醇结构不相似，不是同系物，B 错误；

C. 根据上述化合物 2 的分子结构可知，分子中含酯基，不含羟基，C 错误；

D. 化合物 2 分子可发生开环聚合形成高分子化合物 $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \end{array} \right]_n$ ，D 正确；

答案选 D。

3. 某白色粉末样品，可能含有 Na_2SO_4 、 Na_2SO_3 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 Na_2CO_3 。取少量样品进行如下实验：

①溶于水，得到无色透明溶液

②向①的溶液中滴加过量稀盐酸，溶液变浑浊，有刺激性气体逸出。离心分离。

③取②的上层清液，向其中滴加 BaCl_2 溶液有沉淀生成。

该样品中确定存在的是

A. Na_2SO_4 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ B. Na_2SO_3 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ C. Na_2SO_4 、 Na_2CO_3 D. Na_2SO_3 、 Na_2CO_3

【答案】A

【解析】

【详解】由题意可知，①取少量样品溶于水得到无色透明溶液，说明固体溶于水且相互之间能共存，②向①的溶液中滴加过量稀盐酸，溶液变浑浊，有刺激性气体放出，说明固体中存在 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，发生反应 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ ，离心分离，③取②的上层清液，向其中滴加 BaCl_2 溶液，有沉淀生成，则沉淀为 BaSO_4 ，说明固体中存在 Na_2SO_4 ，不能确定是否有 Na_2SO_3 和 Na_2CO_3 ， Na_2SO_3 与过量盐酸反应生成二氧化硫， Na_2CO_3 与过量盐酸反应生成二氧化碳，而这些现象可以被 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与过量盐酸反应的现象覆盖掉，综上所述，该样品中确定存在的是： Na_2SO_4 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，

答案选 A。

4. 由实验操作和现象，可得出相应正确结论的是

	实验操作	现象	结论
A	向 NaBr 溶液中滴加过量氯水，再加入淀粉 KI 溶液	先变橙色，后变蓝色	氧化性： $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$
B	向蔗糖溶液中滴加稀硫酸，水浴加热，加入新制的 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液	无砖红色沉淀	蔗糖未发生水解

C	石蜡油加强热，将产生的气体通入 Br_2 的 CCl_4 溶液	溶液红棕色变无色	气体中含有不饱和烃
D	加热试管中的聚氯乙烯薄膜碎片	试管口润湿的蓝色石蕊试纸变红	氯乙烯加聚是可逆反应

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 向 NaBr 溶液中滴加过量氯水，溴离子被氧化为溴单质，但氯水过量，再加入淀粉 KI 溶液，过量的氯水可以将碘离子氧化为碘单质，无法证明溴单质的氧化性强于碘单质，A 错误；

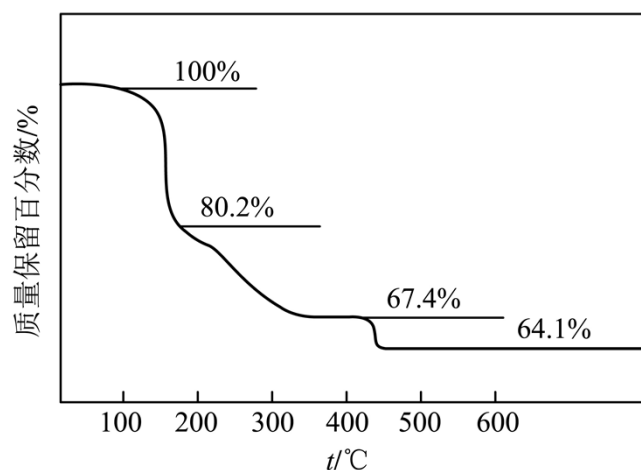
B. 向蔗糖溶液中滴加稀硫酸，水浴加热后，应加入氢氧化钠溶液使体系呈碱性，若不加氢氧化钠，未反应的稀硫酸会和新制氢氧化铜反应，则不会产生砖红色沉淀，不能说明蔗糖没有发生水解，B 错误；

C. 石蜡油加强热，产生的气体能使溴的四氯化碳溶液褪色，说明气体中含有不饱和烃，与溴发生加成反应使溴的四氯化碳溶液褪色，C 正确；

D. 聚氯乙烯加强热产生能使湿润蓝色湿润试纸变红的气体，说明产生了氯化氢，不能说明氯乙烯加聚是可逆反应，可逆反应是指在同一条件下，既能向正反应方向进行，同时又能向逆反应的方向进行的反应，而氯乙烯加聚和聚氯乙烯加强热分解条件不同，D 错误；

答案选 C。

5. 化合物 $(\text{YW}_4\text{X}_5\text{Z}_8 \cdot 4\text{W}_2\text{Z})$ 可用于电讯器材、高级玻璃的制造。W、X、Y、Z 为短周期元素，原子序数依次增加，且加和为 21。 YZ_2 分子的总电子数为奇数常温下为气体。该化合物的热重曲线如图所示，在 200°C 以下热分解时无刺激性气体逸出。下列叙述正确的是



- A. W、X、Y、Z 的单质常温下均为气体
- B. 最高价氧化物的水化物酸性：Y<X
- C. 100~200℃ 阶段热分解失去 4 个 W_2Z
- D. 500℃ 热分解后生成固体化合物 X_2Z_3

【答案】D

【解析】

【分析】化合物($YW_4X_5Z_8 \cdot 4W_2Z$)可用于电讯器材、高级玻璃的制造。W、X、Y、Z 为短周期元素，原子序数依次增加，且加和为 21。该化合物的热重曲线如图所示，在 200℃ 以下热分解时无刺激性气体逸出，则说明失去的是水，即 W 为 H，Z 为 O， YZ_2 分子的总电子数为奇数，常温下为气体，则 Y 为 N，原子序数依次增加，且加和为 21，则 X 为 B。

【详解】A. X(B) 的单质常温下为固体，故 A 错误；

B. 根据非金属性越强，其最高价氧化物的水化物酸性越强，则最高价氧化物的水化物酸性：X(H_3BO_3)<Y(HNO_3)，故 B 错误；

C. 根据前面已知 200℃ 以下热分解时无刺激性气体逸出，则说明失去的是水，若 100~200℃ 阶段热分解

失去 4 个 H_2O ，则质量分数 $\frac{14+4+11 \times 5+16 \times 8}{14+4+11 \times 5+16 \times 8+18 \times 4} \times 100\% \approx 73.6\%$ ，则说明不是失去 4 个

H_2O ，故 C 错误；

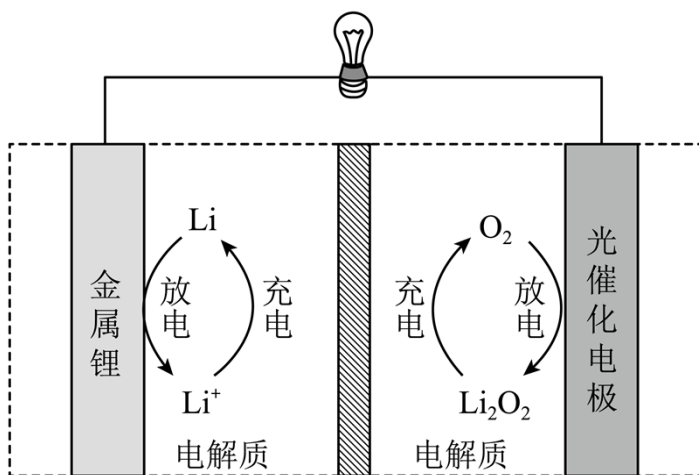
D. 化合物($NH_4B_5O_8 \cdot 4H_2O$)在 500℃ 热分解后若生成固体化合物 $X_2Z_3(B_2O_3)$ ，根据硼元素守恒，则得到关系式 $2NH_4B_5O_8 \cdot 4H_2O \sim 5B_2O_3$ ，则固体化合物 B_2O_3 质量分数为

$\frac{(11 \times 2 + 16 \times 3) \times 5}{(14 + 4 + 11 \times 5 + 16 \times 8 + 18 \times 4) \times 2} \times 100\% \approx 64.1\%$ ，说明假设正确，故 D 正确。

综上所述，答案为 D。

6. $Li-O_2$ 电池比能量高，在汽车、航天等领域具有良好的应用前景。近年来科学家研究了一种光照充电

$Li-O_2$ 电池(如图所示)。光照时，光催化电极产生电子(e^-)和空穴(h^+)，驱动阴极反应($Li^+ + e^- = Li$)和阳极反应($Li_2O_2 + 2h^+ = 2Li^+ + O_2$)对电池进行充电。下列叙述错误的是



- A. 充电时，电池的总反应 $\text{Li}_2\text{O}_2 = 2\text{Li} + \text{O}_2$
- B. 充电效率与光照产生的电子和空穴量有关
- C. 放电时， Li^+ 从正极穿过离子交换膜向负极迁移
- D. 放电时，正极发生反应 $\text{O}_2 + 2\text{Li}^+ + 2\text{e}^- = \text{Li}_2\text{O}_2$

【答案】C

【解析】

【分析】充电时光照光催化电极产生电子和空穴，驱动阴极反应 ($\text{Li}^+ + \text{e}^- = \text{Li}$) 和阳极反应 ($\text{Li}_2\text{O}_2 + 2\text{h}^+ = 2\text{Li}^+ + \text{O}_2$)，则充电时总反应为 $\text{Li}_2\text{O}_2 = 2\text{Li} + \text{O}_2$ ，结合图示，充电时金属 Li 电极为阴极，光催化电极为阳极；则放电时金属 Li 电极为负极，光催化电极为正极；据此作答。

【详解】A. 光照时，光催化电极产生电子和空穴，驱动阴极反应和阳极反应对电池进行充电，结合阴极反应和阳极反应，充电时电池的总反应为 $\text{Li}_2\text{O}_2 = 2\text{Li} + \text{O}_2$ ，A 正确；

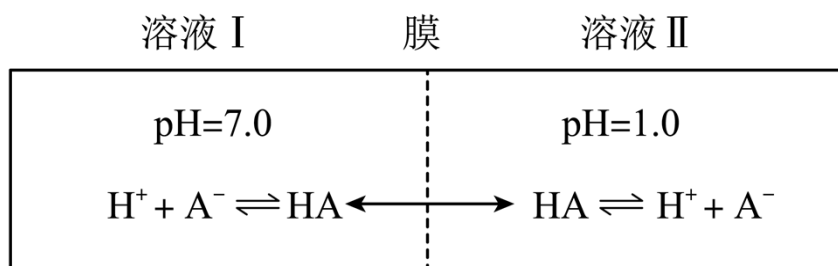
B. 充电时，光照光催化电极产生电子和空穴，阴极反应与电子有关，阳极反应与空穴有关，故充电效率与光照产生的电子和空穴量有关，B 正确；

C. 放电时，金属 Li 电极为负极，光催化电极为正极， Li^+ 从负极穿过离子交换膜向正极迁移，C 错误；

D. 放电时总反应为 $2\text{Li} + \text{O}_2 = \text{Li}_2\text{O}_2$ ，正极反应为 $\text{O}_2 + 2\text{Li}^+ + 2\text{e}^- = \text{Li}_2\text{O}_2$ ，D 正确；

答案选 C。

7. 常温下，一元酸 HA 的 $K_a(\text{HA}) = 1.0 \times 10^{-3}$ 。在某体系中， H^+ 与 A^- 离子不能穿过隔膜，未电离的 HA 可自由穿过该膜(如图所示)。



设溶液中 $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ，当达到平衡时，下列叙述正确的是

- A. 溶液I中 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{A}^-)$
- B. 溶液II中的 HA 的电离度 $\left(\frac{c(\text{A}^-)}{c_{\text{总}}(\text{HA})} \right)$ 为 $\frac{1}{101}$
- C. 溶液I和II中的 $c(\text{HA})$ 不相等
- D. 溶液I和II中的 $c_{\text{总}}(\text{HA})$ 之比为 10^{-4}

【答案】B

【解析】

【详解】A. 常温下溶液 I 的 pH=7.0，则溶液 I 中 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ， $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-) + c(\text{A}^-)$ ，A 错误；

B. 常温下溶液 II 的 pH=1.0，溶液中 $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol/L}$ ， $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ， $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ，则 $\frac{0.1c(\text{A}^-)}{c_{\text{总}}(\text{HA}) - c(\text{A}^-)} = 1.0 \times 10^{-3}$ ，解得 $\frac{c(\text{A}^-)}{c_{\text{总}}(\text{HA})} = \frac{1}{101}$ ，B 正确；

C. 根据题意，未电离的 HA 可自由穿过隔膜，故溶液 I 和 II 中的 $c(\text{HA})$ 相等，C 错误；

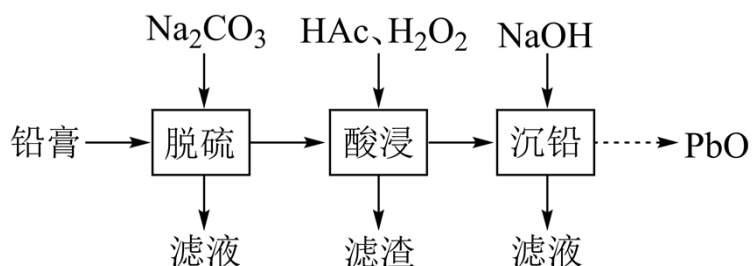
D. 常温下溶液 I 的 pH=7.0，溶液 I 中 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ， $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ， $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ， $\frac{10^{-7}[c_{\text{总}}(\text{HA}) - c(\text{HA})]}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ，溶液 I 中 $c_{\text{总}}(\text{HA}) = (10^4 + 1)c(\text{HA})$ ，溶液 II 的

pH=1.0，溶液 II 中 $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol/L}$ ， $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ， $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ， $\frac{0.1[c_{\text{总}}(\text{HA}) - c(\text{HA})]}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ，溶液 II 中 $c_{\text{总}}(\text{HA}) = 1.01c(\text{HA})$ ，未电离的 HA 可自由穿过隔膜，故溶液 I

和 II 中的 $c(\text{HA})$ 相等，溶液 I 和 II 中 $c_{\text{总}}(\text{HA})$ 之比为 $[(10^4 + 1)c(\text{HA})] : [1.01c(\text{HA})] = (10^4 + 1) : 1.01 \approx 10^4$ ，D 错误；

答案选 B。

8. 废旧铅蓄电池的铅膏中主要含有 PbSO_4 、 PbO_2 、 PbO 和 Pb 。还有少量 Ba、Fe、Al 的盐或氧化物等。为了保护环境、充分利用铅资源，通过下图流程实现铅的回收。



一些难溶电解质的溶度积常数如下表：

难溶电解质	PbSO_4	PbCO_3	BaSO_4	BaCO_3
K_{sp}	2.5×10^{-8}	7.4×10^{-14}	1.1×10^{-10}	2.6×10^{-9}

一定条件下，一些金属氢氧化物沉淀时的 pH 如下表：

金属氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$
开始沉淀的 pH	2.3	6.8	3.5	7.2
完全沉淀的 pH	3.2	8.3	4.6	9.1

回答下列问题：

(1) 在“脱硫”中 PbSO_4 转化反应的离子方程式为_____，用沉淀溶解平衡原理解释选择 Na_2CO_3 的原因_____。

(2) 在“脱硫”中，加入 Na_2CO_3 不能使铅膏中 BaSO_4 完全转化，原因是_____。

(3) 在“酸浸”中，除加入醋酸(HAc)，还要加入 H_2O_2 。

(i) 能被 H_2O_2 氧化的离子是_____；

(ii) H_2O_2 促进了金属 Pb 在醋酸中转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，其化学方程式为_____；

(iii) H_2O_2 也能使 PbO_2 转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ， H_2O_2 的作用是_____。

(4) “酸浸”后溶液的 pH 约为 4.9，滤渣的主要成分是_____。

(5) “沉铅”的滤液中，金属离子有_____。

【答案】(1) ①. $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ②. 反应 $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) =$

$\text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = 3.4 \times 10^5 > 10^5$, PbSO_4 可以比较彻底的转化为 PbCO_3

(2) 反应 $\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = 0.04 \ll 10^5$, 反应正向进行的程

度有限

(3) ①. Fe^{2+} ②. $\text{Pb} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HAc} = \text{Pb}(\text{Ac})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ③. 作还原剂

(4) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$

(5) Ba^{2+} 、 Na^+

【解析】

【分析】铅膏中主要含有 PbSO_4 、 PbO_2 、 PbO 和 Pb , 还有少量 Ba 、 Fe 、 Al 的盐或氧化物等, 向铅膏中加入碳酸钠溶液进行脱硫, 硫酸铅转化为碳酸铅, 过滤, 向所得固体中加入醋酸、过氧化氢进行酸浸, 过氧化氢可将溶液中的亚铁离子氧化为铁离子, 酸浸后溶液的 pH 约为 4.9, 依据金属氢氧化物沉淀时的 pH 可知, 滤渣主要成分为氢氧化铝、氢氧化铁, 过滤后, 向滤液中加入氢氧化钠溶液进行沉铅, 得到氢氧化铅沉淀, 滤液中的金属阳离子主要为钠离子和钡离子, 氢氧化铅再进行处理得到 PbO 。

【小问 1 详解】

“脱硫”中, 碳酸钠溶液与硫酸铅反应生成碳酸铅和硫酸钠, 反应的离子方程式为: $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) =$

$\text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, 由一些难溶电解质的溶度积常数的数据可知, $K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3) = 7.4 \times 10^{-14}$, $K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4) = 2.5$

$\times 10^{-8}$, 反应 $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} =$

$\frac{K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3)} = \frac{2.5 \times 10^{-8}}{7.4 \times 10^{-14}} \approx 3.4 \times 10^5 > 10^5$, 说明可以转化的比较彻底, 且转化后生成的碳酸铅可由酸浸进

入溶液中, 减少铅的损失。

【小问 2 详解】

反应 $\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)} =$

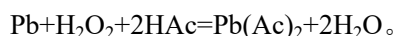
$\frac{1.1 \times 10^{-10}}{2.6 \times 10^{-9}} \approx 0.04 \ll 10^5$, 说明该反应正向进行的程度有限, 因此加入碳酸钠不能使铅膏中的 BaSO_4 完全转

化。

【小问 3 详解】

(i) 过氧化氢有氧化性, 亚铁离子有还原性, 会被过氧化氢氧化为铁离子。

(ii) 过氧化氢促进金属 Pb 在醋酸溶液中转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，过氧化氢与 Pb、HAc 发生氧化还原反应生成 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ 和 H_2O ，依据得失电子守恒和原子守恒可知，反应的化学方程式为：



(iii) 过氧化氢也能使 PbO_2 转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，铅元素化合价由+4 价降低到了+2 价， PbO_2 是氧化剂，则过氧化氢是还原剂。

【小问 4 详解】

酸浸后溶液的 pH 约为 4.9，依据金属氢氧化物沉淀时的 pH 可知，滤渣主要成分为氢氧化铝、氢氧化铁。

【小问 5 详解】

依据分析可知，加入碳酸钠不能使铅膏中的 BaSO_4 完全转化，铁离子、铝离子转化为了氢氧化铁、氢氧化铝沉淀，铅转化为了氢氧化铅、最终变为了氧化铅，因此沉铅的滤液中，金属离子有 Ba^{2+} 和加入碳酸钠、氢氧化钠时引入的 Na^+ 。

9. 二草酸合铜(II)酸钾($\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$)可用于无机合成、功能材料制备。实验室制备二草酸合铜(II)酸钾可采用如下步骤：

I. 取已知浓度的 CuSO_4 溶液，搅拌下滴加足量 NaOH 溶液，产生浅蓝色沉淀。加热，沉淀转变成黑色，过滤。

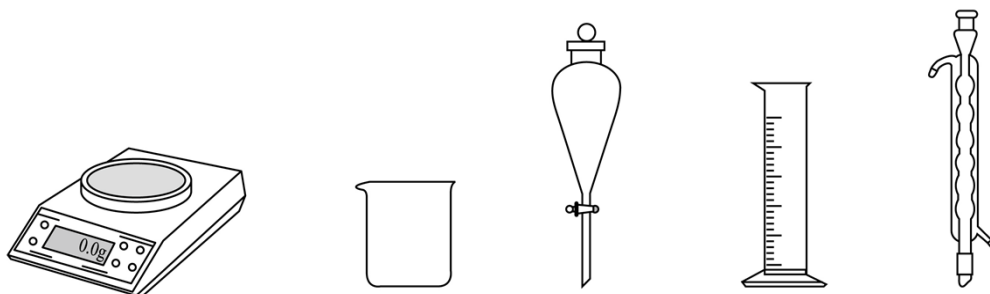
II. 向草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)溶液中加入适量 K_2CO_3 固体，制得 KHC_2O_4 和 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 混合溶液。

III. 将 II 的混合溶液加热至 $80-85^\circ\text{C}$ ，加入 I 中的黑色沉淀。全部溶解后，趁热过滤。

IV. 将 III 的滤液用蒸汽浴加热浓缩，经一系列操作后，干燥，得到二草酸合铜(II)酸钾晶体，进行表征和分析。

回答下列问题：

(1) 由 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 配制 I 中的 CuSO_4 溶液，下列仪器中不需要的是_____ (填仪器名称)。



(2) 长期存放的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 中，会出现少量白色固体，原因是_____。

(3) I 中的黑色沉淀是_____ (写化学式)。

(4) II中原料配比为 $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4):n(\text{K}_2\text{CO}_3)=1.5:1$ ，写出反应的化学方程式_____。

(5) II中，为防止反应过于剧烈而引起喷溅，加入 K_2CO_3 应采取_____的方法。

(6) III中应采用_____进行加热。

(7) IV中“一系列操作”包括_____。

【答案】(1) 分液漏斗和球形冷凝管

(2) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 风化失去结晶水生成无水硫酸铜

(3) CuO (4) $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 = 2\text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2\uparrow$

(5) 分批加入并搅拌 (6) 水浴

(7) 冷却结晶、过滤、洗涤

【解析】

【分析】取已知浓度的 CuSO_4 溶液，搅拌下滴加足量 NaOH 溶液，产生浅蓝色沉淀氢氧化铜，加热，氢氧化铜分解生成黑色的氧化铜沉淀，过滤，向草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)溶液中加入适量 K_2CO_3 固体，制得 KHC_2O_4 和 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 混合溶液，将 KHC_2O_4 和 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 混合溶液加热至 $80\sim 85^\circ\text{C}$ ，加入氧化铜固体，全部溶解后，趁热过滤，将滤液用蒸汽浴加热浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，得到二草酸合铜(II)酸钾晶体。

【小问 1 详解】

由 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体配制硫酸铜溶液，需用天平称量一定质量的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体，将称量好的固体放入烧杯中，用量筒量取一定体积的水溶解 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，因此用不到的仪器有分液漏斗和球形冷凝管。

【小问 2 详解】

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 含结晶水，长期放置会风化失去结晶水，生成无水硫酸铜，无水硫酸铜为白色固体。

【小问 3 详解】

硫酸铜溶液与氢氧化钠溶液反应生成蓝色的氢氧化铜沉淀，加热，氢氧化铜分解生成黑色的氧化铜沉淀。

【小问 4 详解】

草酸和碳酸钾以物质的量之比为 $1.5:1$ 发生非氧化还原反应生成 KHC_2O_4 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 CO_2 和水，依据原子守恒可知，反应的化学方程式为： $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 = 2\text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2\uparrow$ 。

【小问 5 详解】

为防止草酸和碳酸钾反应时反应剧烈，造成液体喷溅，可减缓反应速率，将碳酸钾进行分批加入并搅拌。

【小问 6 详解】

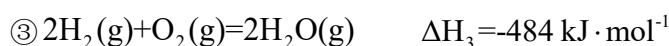
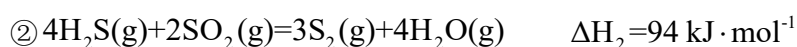
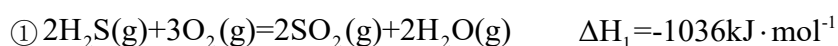
III中将混合溶液加热至 80-85℃，应采取水浴加热，使液体受热均匀。

【小问 7 详解】

从溶液获得晶体的一般方法为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，因此将III的滤液用蒸汽浴加热浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，得到二草酸合铜(II)酸钾晶体。

10. 油气开采、石油化工、煤化工等行业废气普遍含有的硫化氢，需要回收处理并加以利用。回答下列问题：

(1) 已知下列反应的热化学方程式：

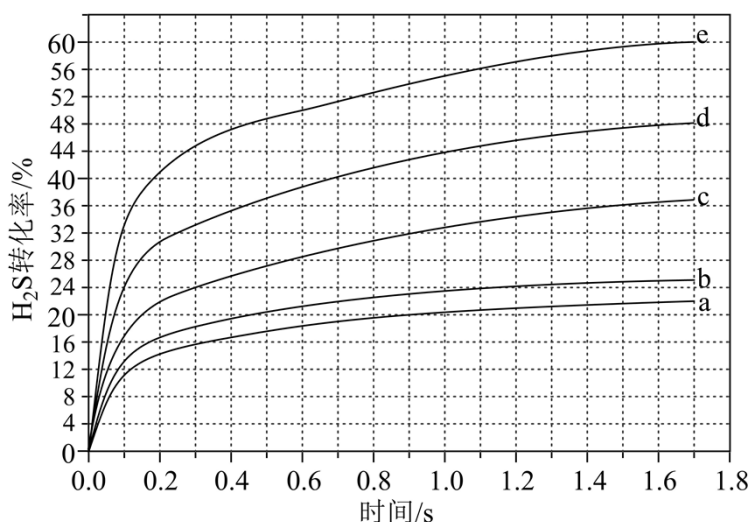


计算 H_2S 热分解反应 $\textcircled{4} 2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 较普遍采用的 H_2S 处理方法是克劳斯工艺。即利用反应①和②生成单质硫。另一种方法是：利用反应④高温热分解 H_2S 。相比克劳斯工艺，高温热分解方法的优点是_____，缺点是_____。

(3) 在 1470 K、100 kPa 反应条件下，将 $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})=1:4$ 的混合气进行 H_2S 热分解反应。平衡时混合气中 H_2S 与 H_2 的分压相等， H_2S 平衡转化率为_____，平衡常数 $K_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kPa}$ 。

(4) 在 1373 K、100 kPa 反应条件下，对于 $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})$ 分别为 4:1、1:1、1:4、1:9、1:19 的 H_2S -Ar 混合气，热分解反应过程中 H_2S 转化率随时间的变化如下图所示。



① $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})$ 越小, H_2S 平衡转化率_____, 理由是_____。

② $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})=1:9$ 对应图中曲线_____, 计算其在 0-0.1 s 之间, H_2S 分压的平均变化率为_____ $\text{kPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

【答案】(1) 170 (2) ①. 副产物氢气可作燃料 ②. 耗能高

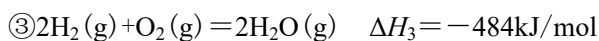
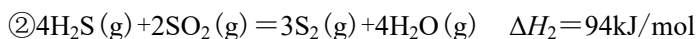
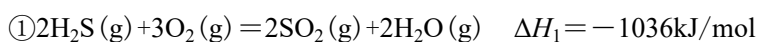
(3) ①. 50% ②. 4.76

(4) ①. 越高 ②. $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})$ 越小, H_2S 的分压越小, 平衡向正反应方向进行, H_2S 平衡转化率越高 ③. d ④. 24.9

【解析】

【小问 1 详解】

已知:



根据盖斯定律 $(\textcircled{1} + \textcircled{2}) \times \frac{1}{3} - \textcircled{3}$ 即得到 $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H_4 = (-1036 + 94) \text{ kJ/mol} \times \frac{1}{3} + 484 \text{ kJ/mol} = 170 \text{ kJ/mol}$;

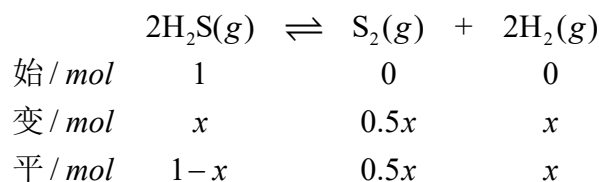
【小问 2 详解】

根据盖斯定律 $(\textcircled{1} + \textcircled{2}) \times \frac{1}{3}$ 可得 $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = (-1036 + 94) \text{ kJ/mol} \times \frac{1}{3} = -314 \text{ kJ/mol}$

因此, 克劳斯工艺的总反应是放热反应; 根据硫化氢分解的化学方程式可知, 高温热分解方法在生成单质硫的同时还有氢气生成。因此, 高温热分解方法的优点是: 可以获得氢气作燃料; 但由于高温分解 H_2S 会消耗大量能量, 所以其缺点是耗能高;

【小问 3 详解】

假设在该条件下, 硫化氢和氩的起始投料的物质的量分别为 1 mol 和 4 mol, 根据三段式可知:



平衡时 H_2S 和 H_2 的分压相等, 则二者的物质的量相等, 即 $1-x=x$, 解得 $x=0.5$, 所以 H_2S 的平衡转化

率为 $\frac{0.5}{1} \times 100\% = 50\%$, 所以平衡常数 $K_p = \frac{p(\text{S}_2) \times p^2(\text{H}_2)}{p^2(\text{H}_2\text{S})} = \frac{\frac{0.25}{5.25} \times 100 \text{ kPa} \times (\frac{0.5}{5.25} \times 100 \text{ kPa})^2}{(\frac{0.5}{5.25} \times 100 \text{ kPa})^2}$

≈4.76kPa;

【小问4详解】

①由于正反应是体积增大的可逆反应， $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})$ 越小， H_2S 的分压越小，相当于降低压强，平衡向正反应方向移动，因此 H_2S 平衡转化率越高；

② $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})$ 越小， H_2S 平衡转化率越高，所以 $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})=1:9$ 对应的曲线是 d；根据图像可知 $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})=1:9$ 反应进行到 0.1s 时 H_2S 转化率为 0.24。假设在该条件下，硫化氢和氩的起始投料的物质的量分别为 1mol 和 9mol，则根据三段式可知

	$2\text{H}_2\text{S}(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{S}_2(\text{g})$	+	$2\text{H}_2(\text{g})$
始 / mol	1		0		0
变 / mol	0.24		0.12		0.24
平 / mol	0.76		0.12		0.24

此时 H_2S 的压强为 $\frac{0.76}{0.76+0.12+0.24+9} \times 100\text{kPa} \approx 7.51\text{kPa}$ ， H_2S 的起始压强为 10kPa，所以 H_2S 分压

的平均变化率为 $\frac{10\text{kPa}-7.51\text{kPa}}{0.1\text{s}} = 24.9\text{kPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

【化学—选修3：物质结构与性质】

11. 卤素单质及其化合物在科研和工农业生产中有着广泛的应用。回答下列问题：

(1) 氟原子激发态的电子排布式有_____，其中能量较高的是_____。(填标号)

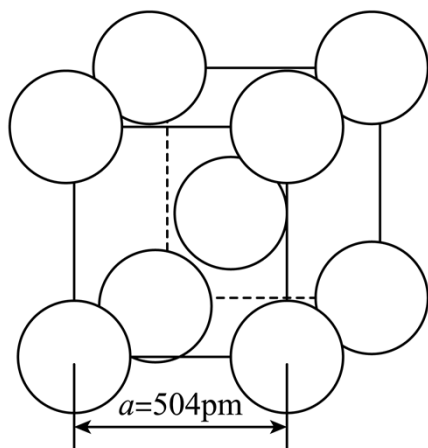
a. $1s^2 2s^2 2p^4 3s^1$ b. $1s^2 2s^2 2p^4 3d^2$ c. $1s^2 2s^1 2p^5$ d. $1s^2 2s^2 2p^3 3p^2$

(2) ①一氯乙烯($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$)分子中，C 的一个_____杂化轨道与 Cl 的 $3p_x$ 轨道形成 C-Cl _____键，并且 Cl 的 $3p_x$ 轨道与 C 的 $2p_x$ 轨道形成 3 中心 4 电子的大 π 键(Π_3^4)。

②一氯乙烷($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$)、一氯乙烯($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$)、一氯乙炔(C_2HCl)分子中，C-Cl 键长的顺序是_____，理由：(i)C 的杂化轨道中 s 成分越多，形成的 C-Cl 键越强；(ii)_____。

(3) 卤化物 CsICl_2 受热发生非氧化还原反应，生成无色晶体 X 和红棕色液体 Y。X 为_____。解释 X 的熔点比 Y 高的原因_____。

(4) $\alpha\text{-AgI}$ 晶体中 I^- 离子作体心立方堆积(如图所示)， Ag^+ 主要分布在由 I^- 构成的四面体、八面体等空隙中。在电场作用下， Ag^+ 不需要克服太大的阻力即可发生迁移。因此， $\alpha\text{-AgI}$ 晶体在电池中可作为_____。



已知阿伏加德罗常数为 N_A ，则 $\alpha\text{-AgI}$ 晶体的摩尔体积 $V_m = \underline{\hspace{2cm}} \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ (列出算式)。

【答案】(1) ①. ad ②. d

(2) ①. sp^2 ②. σ ③. 一氯乙烷 > 一氯乙烯 > 一氯乙炔 ④. Cl 参与形成的大 π 键越多，形成的 C-Cl 键的键长越短

(3) ①. CsCl ②. CsCl 为离子晶体，ICl 为分子晶体

(4) ①. 电解质 ②. $\frac{N_A \times (504 \times 10^{-12})^3}{2}$

【解析】

【小问 1 详解】

F 的原子序数为 9，其基态原子电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^5$ ，

a. $1s^2 2s^2 2p^4 3s^1$ ，基态氟原子 2p 能级上的 1 个电子跃迁到 3s 能级上，属于氟原子的激发态，a 正确；

b. $1s^2 2s^2 2p^4 3d^2$ ，核外共 10 个电子，不是氟原子，b 错误；

c. $1s^2 2s^1 2p^5$ ，核外共 8 个电子，不是氟原子，c 错误；

d. $1s^2 2s^2 2p^3 3p^2$ ，基态氟原子 2p 能级上的 2 个电子跃迁到 3p 能级上，属于氟原子的激发态，d 正确；

答案选 ad；

而同一原子 3p 能级的能量比 3s 能级的能量高，因此能量最高的是 $1s^2 2s^2 2p^3 3p^2$ ，答案选 d。

【小问 2 详解】

①一氯乙烯的结构式为 $\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{Cl} \end{array}$ ，碳为双键碳，采取 sp^2 杂化，因此 C 的一个 sp^2 杂化轨道与 Cl

的 $3p_x$ 轨道形成 C-Cl σ 键。

②C 的杂化轨道中 s 成分越多，形成的 C-Cl 键越强，C-Cl 键的键长越短，一氯乙烷中碳采取 sp^3 杂化，一氯乙烯中碳采取 sp^2 杂化，一氯乙炔中碳采取 sp 杂化， sp 杂化时 p 成分少， sp^3 杂化时 p 成分多，因此三

种物质中 C-Cl 键键长顺序为：一氯乙烷>一氯乙烯>一氯乙炔，同时 Cl 参与形成的大 π 键越多，形成的 C-Cl 键的键长越短，一氯乙烯中 Cl 的 $3p_x$ 轨道与 C 的 $2p_x$ 轨道形成 3 中心 4 电子的大 π 键(Π_3^4)，一氯乙炔中 Cl 的 $3p_x$ 轨道与 C 的 $2p_x$ 轨道形成 2 套 3 中心 4 电子的大 π 键(Π_3^4)，因此三种物质中 C-Cl 键键长顺序为：一氯乙烷>一氯乙烯>一氯乙炔。

【小问 3 详解】

CsICl_2 发生非氧化还原反应，各元素化合价不变，生成无色晶体和红棕色液体，则无色晶体为 CsCl ，红棕色液体为 ICl ，而 CsCl 为离子晶体，熔化时，克服的是离子键， ICl 为分子晶体，熔化时，克服的是分子间作用力，因此 CsCl 的熔点比 ICl 高。

【小问 4 详解】

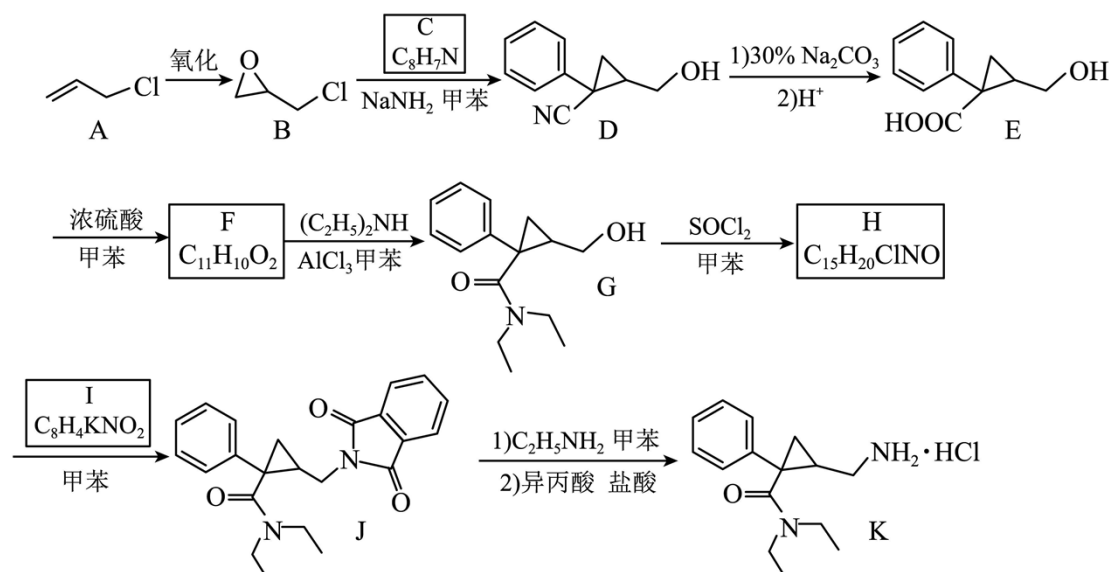
由题意可知，在电场作用下， Ag^+ 不需要克服太大阻力即可发生迁移，因此 $\alpha\text{-AgI}$ 晶体是优良的离子导体，在电池中可作为电解质；每个晶胞中含碘离子的个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ 个，依据化学式 AgI 可知，银离子

个数也为 2 个，晶胞的物质的量 $n = \frac{N}{N_A} \text{ mol} = \frac{2}{N_A} \text{ mol}$ ，晶胞体积 $V = a^3 \text{ pm}^3 = (504 \times 10^{-12})^3 \text{ m}^3$ ，则 $\alpha\text{-AgI}$ 晶体

$$\text{的摩尔体积 } V_m = \frac{V}{n} = \frac{(504 \times 10^{-12})^3 \text{ m}^3}{\frac{2}{N_A} \text{ mol}} = \frac{N_A \times (504 \times 10^{-12})^3}{2} \text{ m}^3/\text{mol}。$$

[化学-选修 5：有机化学基础]

12. 左旋米那普伦是治疗成人重度抑郁症的药物之一，以下是其盐酸盐(化合物 K)的一种合成路线(部分反应条件已简化，忽略立体化学)：



已知：化合物 F 不能与饱和碳酸氢钠溶液反应产生二氧化碳。

回答下列问题：

- (1) A 的化学名称是_____。
- (2) C 的结构简式为_____。
- (3) 写出由 E 生成 F 反应的化学方程式_____。
- (4) E 中含氧官能团的名称为_____。
- (5) 由 G 生成 H 的反应类型为_____。
- (6) I 是一种有机物形成的盐，结构简式为_____。
- (7) 在 E 的同分异构体中，同时满足下列条件的总数为_____种。

a) 含有一个苯环和三个甲基；

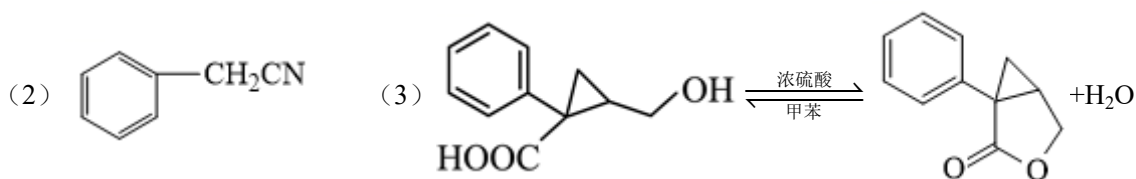
b) 与饱和碳酸氢钠溶液反应产生二氧化碳；

c) 能发生银镜反应，不能发生水解反应。

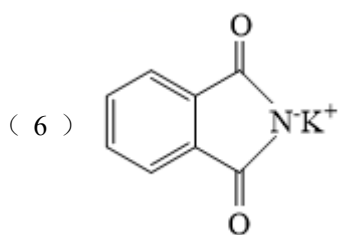
上述同分异构体经银镜反应后酸化，所得产物中，核磁共振氢谱显示有四组氢(氢原子数量比为 6: 3: 2:

1) 的结构简式为_____。

【答案】(1) 3-氯-1-丙烯



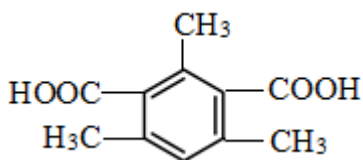
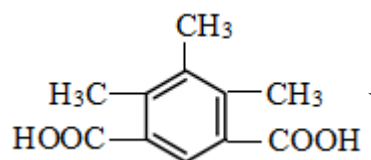
(4) 羟基、羧基 (5) 取代反应



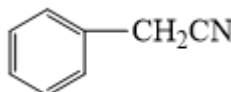
(7)

①. 10

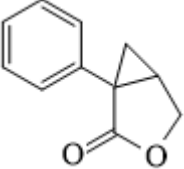
②.



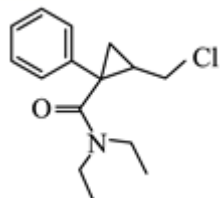
【解析】

【分析】A 发生氧化反应生成 B，B 与 C 在 NaNH_2 、甲苯条件下反应生成 D，对比 B、D 的结构简式，结合 C 的分子式 $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}$ ，可推知 C 的结构简式为 ；D 与 30% Na_2CO_3 反应后再酸化生成

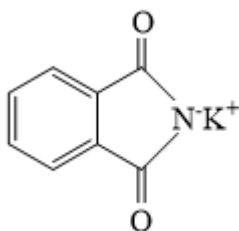
E，E 在浓硫酸、甲苯条件下反应生成 F，F 不能与饱和 NaHCO_3 溶液反应产生 CO_2 ，F 中不含羧基，F 的分子式为 $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2$ ，F 在 E 的基础上脱去 1 个 H_2O 分子，说明 E 发生分子内酯化生成 F，则 F 的结构简式

为  ; F 与 $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ 在 AlCl_3 、甲苯条件下反应生成 G, G 与 SOCl_2 、甲苯反应生成 H, H

的分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{20}\text{ClNO}$, H 与 I 反应生成 J, 结合 G、J 的结构简式知, H 的结构简式为



; I 的分子式为 $\text{C}_8\text{H}_4\text{KNO}_2$, I 是一种有机物形成的盐, 则 I 的结构简式为

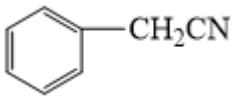
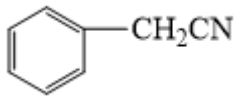


; 据此作答。

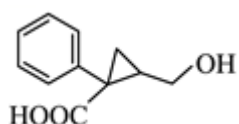
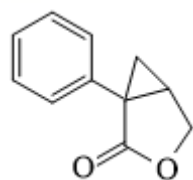
【小问 1 详解】

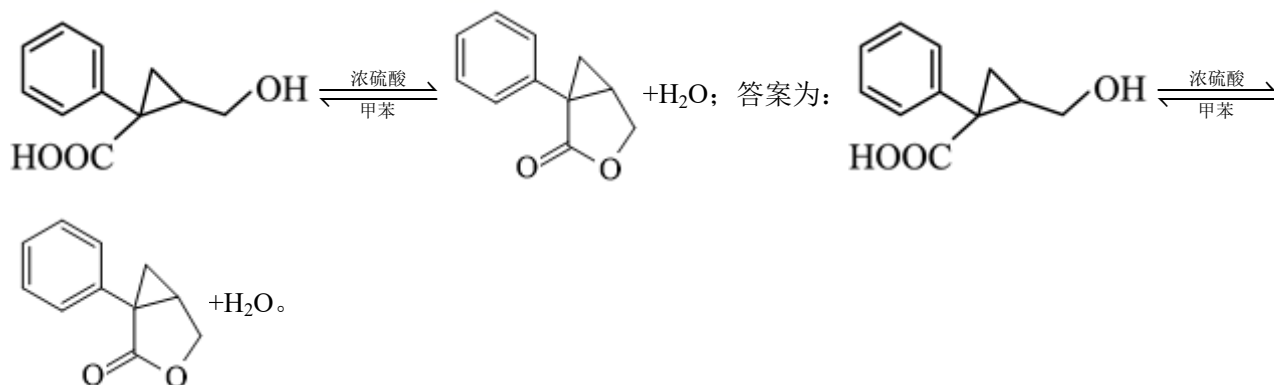
A 的结构简式为 $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{Cl}$, 属于氯代烯烃, 其化学名称为 3-氯-1-丙烯; 答案为: 3-氯-1-丙烯。

【小问 2 详解】

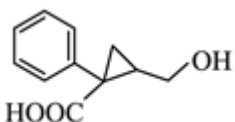
根据分析, C 的结构简式为  ; 答案为: .

【小问 3 详解】

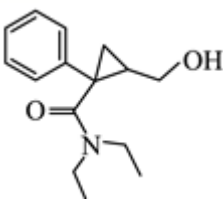
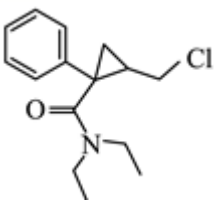
E 的结构简式为 , F 的结构简式为 , E 生成 F 的化学方程式为



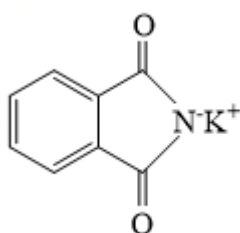
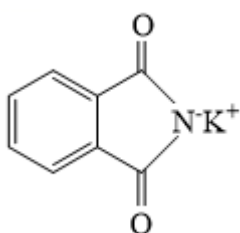
【小问 4 详解】

E 的结构简式为 ，其中含氧官能团的名称为（醇）羟基、羧基；答案为：羟基、羧基。

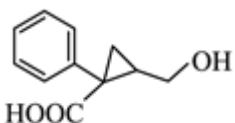
【小问 5 详解】

G 的结构简式为 ，H 的结构简式为 ，G 与 SOCl_2 发生取代反应生成 H；答案为：取代反应。

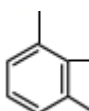
【小问 6 详解】

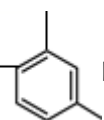
根据分析，I 的结构简式为 ；答案为：。

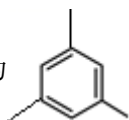
【小问 7 详解】

E 的结构简式为 ，E 的分子式为 $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_3$ ，不饱和度为 6；E 的同分异构体与饱和

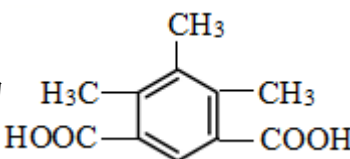
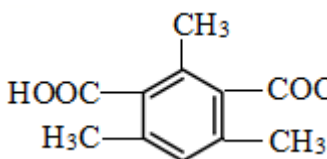
NaHCO_3 溶液反应产生 CO_2 ，结合分子式中 O 原子的个数，说明含 1 个羧基，能发生银镜反应、不能发生

水解反应说明还含 1 个醛基；若 3 个甲基在苯环上的位置为 时，羧基、醛基在苯环上有 3 种位

置；若 3 个甲基在苯环上的位置为 时，羧基、醛基在苯环上有 6 种位置；若 3 个甲基在苯环上的

位置为 时，羧基、醛基在苯环上有 1 种位置；故符合题意的同分异构体共有 $3+6+1=10$ 种；上述

同分异构体经银镜反应后酸化所得产物中核磁共振氢谱显示有 4 组氢且氢原子数量比为 6: 3: 2: 1 的结

构简式为 、；答案为：10；

