

2019 年全国统一高考化学试卷（新课标 II）

参考答案与试题解析

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

1.（6 分）“春蚕到死丝方尽，蜡炬成灰泪始干”是唐代诗人李商隐的著名诗句。下列关于该诗句中所涉及物质的说法错误的是（ ）

- A. 蚕丝的主要成分是蛋白质
- B. 蚕丝属于天然高分子材料
- C. “蜡炬成灰”过程中发生了氧化反应
- D. 古代的蜡是高级脂肪酸酯，属于高分子聚合物

【分析】A. 蚕丝成分为蛋白质；

B. 天然高分子材料是自然界中存在的物质；

C. 石蜡空气中燃烧生成二氧化碳和水；

D. 高级脂肪酸酯是酯类化合物，属于高级脂肪酸甘油酯。

【解答】解：A. 蚕丝的主要成分是蛋白质，故 A 正确；

B. 蚕丝是天然蛋白质，属于天然高分子材料，故 B 正确；

C. “蜡炬成灰”过程中是石蜡燃烧发生了氧化反应，故 C 正确；

D. 古代的蜡是高级脂肪酸酯，是一种酯类物质，不属于高分子聚合物，故 D 错误；

故选：D。

【点评】本题考查了高分子材料的分析判断，主要是油脂、蛋白质成分的分析判断，掌握基础是解题关键，题目难度不大。

2.（6 分）已知 N_A 是阿伏加德罗常数的值，下列说法错误的是（ ）

- A. $3g^3He$ 含有的中子数为 $1N_A$
- B. $1L0.1mol \cdot L^{-1}$ 磷酸钠溶液含有的 PO_4^{3-} 数目为 $0.1N_A$
- C. $1molK_2Cr_2O_7$ 被还原为 Cr^{3+} 转移的电子数为 $6N_A$
- D. $48g$ 正丁烷和 $10g$ 异丁烷的混合物中共价键数目为 $13N_A$

【分析】A、 $3g^3He$ 的物质的量为 $1mol$ ；

B、磷酸钠是强碱弱酸盐，弱离子磷酸根离子会发生水解；

C、 $K_2Cr_2O_7$ 中铬由+6 价变成+3 价；

D、正丁烷和异丁烷只是碳架不同，含有的共价键数均为 13 条。

【解答】解：A、 $3g^3He$ 的物质的量为 $1mol$ ，而 $1mol^3He$ 中子的物质的量为 $1mol$ ，所以 $3g^3He$ 含有的中子数为 $1N_A$ ，故 A 正确；

B、磷酸钠是强碱弱酸盐，弱离子磷酸根离子会发生水解，所以 $1L0.1mol \cdot L^{-1}$ 磷酸钠溶液含有的 PO_4^{3-} 数目小于 $0.1N_A$ ，故 B 错误；

C、 $K_2Cr_2O_7$ 中铬由+6 价变成+3 价，所以 $1 mol K_2Cr_2O_7$ 被还原为 Cr^{3+} 转移的电子数为 $6N_A$ ，故 C 正确；

D、正丁烷和异丁烷只是碳架不同，含有的共价键数均为 13 条，所以 $48g$ 正丁烷和 $10g$ 异丁烷，即混合物的物质的量为 $\frac{48g+10g}{58g/mol} = 1mol$ ，所以 $48g$ 正丁烷和 $10g$ 异丁烷的混合物中共价键数目为 $13N_A$ ，故 D 正确；

故选：B。

【点评】本题考查了阿伏伽德罗常数的有关计算，熟练掌握公式的使用和物质的结构是解题关键，难度不大。

3. (6 分) 今年是门捷列夫发现元素周期律 150 周年。下表是元素周期表的一部分，W、X、Y、Z 为短周期主族元素，W 与 X 的最高化合价之和为 8。下列说法错误的是 ()

			W	
	X	Y	Z	

A. 原子半径： $W < X$

B. 常温常压下，Y 单质为固态

C. 气态氢化物热稳定性： $Z < W$

D. X 的最高价氧化物的水化物是强碱

【分析】W、X、Y、Z 为短周期主族元素，根据图示可知，W 位于第二周期，X、Y、Z 位于第三周期，设 W 的最外层电子数为 x ，则 X 的最外层电子数为 $x - 2$ ，W、X 的最高价分别为 x 、 $x - 2$ ，W 与 X 的最高化合价之和为 8，则 $x + x - 2 = 8$ ，解得： $x = 5$ ，则 W 为 N 元素，结合各元素在周期表中相对位置可知，X 为 Al，Y 为 Si，Z 为 P 元素，据此解答。

【解答】解：根据分析可知：W 为 N，X 为 Al，Y 为 Si，Z 为 P 元素。

A. 电子层越多原子半径越大，则原子半径 $W < X$ ，故 A 正确；

- B. 常温常压下单质硅为固态，故 B 正确；
- C. 非金属性 $P < N$ ，则气态氢化物热稳定性： $Z(P) < W(N)$ ，故 C 正确；
- D. X 的最高价氧化物的水化物为氢氧化铝，氢氧化铝为弱碱，故 D 错误；

故选：D。

【点评】 本题考查位置结构性质的相互关系应用，题目难度中等，推断元素为解答关键，注意掌握元素周期律内容及常见元素化合物性质，试题侧重考查学生的分析能力及逻辑推理能力。

4. (6分) 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	向盛有高锰酸钾酸性溶液的试管中通入足量的乙烯后静置	溶液的紫色逐渐褪去，静置后溶液分层
B	将镁条点燃后迅速伸入集满 CO_2 的集气瓶	集气瓶中产生浓烟并有黑色颗粒产生
C	向盛有饱和硫代硫酸钠溶液的试管中滴加稀盐酸	有刺激性气味气体产生，溶液变浑浊
D	向盛有 $FeCl_3$ 溶液的试管中加过量铁粉，充分振荡后加 1 滴 KSCN 溶液	黄色逐渐消失，加 KSCN 后溶液颜色不变

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

【分析】 A. 酸性高锰酸钾将乙烯氧化成二氧化碳，同时生成硫酸钾、硫酸锰，混合液不分层；

B. 镁条在二氧化碳中燃烧生成氧化镁和碳；

C. 硫代硫酸钠与氢离子反应生成二氧化硫和硫单质；

D. 氯化铁与铁反应生成氯化亚铁。

【解答】 解 A. 向盛有高锰酸钾酸性溶液的试管中通入足量的乙烯，反应生成二氧化碳、硫酸钾、硫酸锰和水，静置后溶液不会分层，故 A 错误；

B. 将镁条点燃后迅速伸入集满 CO_2 的集气瓶，镁条继续燃烧反应生成 MgO 和 C，则集气瓶中产生浓烟并有黑色颗粒产生，故 B 正确；

C. 向盛有饱和硫代硫酸钠溶液的试管中滴加稀盐酸，反应生成有刺激性气味的二氧化硫气体，同时生成 S 单质，导致溶液变浑浊，故 C 正确；

D. 反应生成氯化亚铁，铁离子消失，则黄色逐渐消失，且加 KSCN 后溶液颜色不变，故 D 正确；

故选：A。

【点评】 本题考查化学实验方案的评价，题目难度中等，涉及离子检验、元素化合物性质等知识，明确常见元素化合物性质为解答关键，试题侧重考查学生的分析能力及化学实验能力。

5. (6分) 下列化学方程式中，不能正确表达反应颜色变化的是 ()

A. 向 CuSO_4 溶液中加入足量 Zn 粉，溶液蓝色消失 $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{ZnSO}_4$

B. 澄清的石灰水久置后出现白色固体 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

C. Na_2O_2 在空气中放置后由淡黄色变为白色 $2\text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$

D. 向 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 悬浊液中滴加足量 FeCl_3 溶液出现红褐色沉淀 $3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{FeCl}_3 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{MgCl}_2$

【分析】 A. 锌与硫酸铜发生置换反应生成硫酸锌和铜；

B. 氢氧化钙与二氧化碳反应生成碳酸钙沉淀和水；

C. 过氧化钠较稳定，不会分解；

D. 氢氧化铁更难溶，实现沉淀了转化。

【解答】 解：A. 向 CuSO_4 溶液中加入足量 Zn 粉，反应生成硫酸锌和 Cu，溶液蓝色消失，发生反应为： $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{ZnSO}_4$ ，故 A 正确；

B. 澄清的石灰水久置后生成碳酸钙沉淀，发生反应为： $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ，故 B 正确；

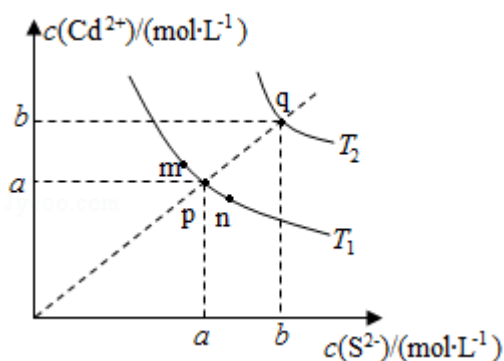
C. 过氧化钠在空气中与二氧化碳反应生成碳酸钠，由淡黄色变为白色，发生反应： $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ，故 C 错误；

D. 向 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 悬浊液中滴加足量 FeCl_3 溶液，氢氧化镁转化成更难溶的氢氧化铁沉淀，发生反应为： $3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{FeCl}_3 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{MgCl}_2$ ，故 D 正确；

故选：C。

【点评】 本题考查化学方程式的书写，题目难度不大，明确发生反应原理为解答关键，注意掌握化学方程式的书写原则，试题侧重考查学生的分析能力及规范答题能力。

6. (6分) 绚丽多彩的无机颜料的应用曾创造了古代绘画和彩陶的辉煌。硫化镉 (CdS) 是一种难溶于水的黄色颜料，其在水中的沉淀溶解平衡曲线如图所示。下列说法错误的是 ()



- A. 图中 a 和 b 分别为 T_1 、 T_2 温度下 CdS 在水中的溶解度
- B. 图中各点对应的 K_{sp} 的关系为: $K_{sp}(m) = K_{sp}(n) < K_{sp}(p) < K_{sp}(q)$
- C. 向 m 点的溶液中加入少量 Na_2S 固体, 溶液组成由 m 沿 mpn 线向 p 方向移动
- D. 温度降低时, q 点的饱和溶液的组成由 q 沿 qp 线向 p 方向移动

【分析】 A. 难溶物质的沉淀溶解平衡中物质溶解度用离子浓度表示;

B. 溶度积常数随温度变化, 温度不变溶度积常数不变, 沉淀溶解是吸热过程, 升温平衡正向进行;

C. 温度不变溶度积常数不变, 加入硫化钠溶液中硫离子浓度增大, 镉离子浓度减小;

D. 饱和溶液中降低温度向沉淀方向进行, 溶液中离子浓度减小, 溶度积常数减小。

【解答】解: A. 难溶物质的沉淀溶解平衡中物质溶解度用离子浓度表示, 图中 a 和 b 分别为 T_1 、 T_2 温度下 CdS 在水中的溶解度, 故 A 正确;

B. 温度升高 K_{sp} 增大, 则 $T_2 > T_1$, 图中各点对应的 K_{sp} 的关系为: $K_{sp}(m) = K_{sp}(n) = K_{sp}(p) < K_{sp}(q)$, 故 B 错误;

C. $K_{sp} = c(\text{Cd}^{2+})c(\text{S}^{2-})$, 向 m 点的溶液中加入少量 Na_2S 固体, 温度不变 K_{sp} 不变, 硫离子浓度增大, 镉离子浓度减小, 溶液组成由 m 沿 mpn 线向 p 方向移动, 故 C 正确;

D. $K_{sp} = c(\text{Cd}^{2+})c(\text{S}^{2-})$, 是吸热过程, 降低温度平衡逆向进行, 饱和溶液中离子浓度减小, K_{sp} 减小, 温度降低时, q 点的饱和溶液的组成由 qp 线向 p 方向移动, 故 D 正确;

故选: B。

【点评】 本题考查了沉淀溶解平衡的影响因素分析判断、溶度积常数随温度变化的理解应用、图象变化的分析判断等知识点, 掌握基础是解题关键, 题目难度中等。

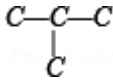
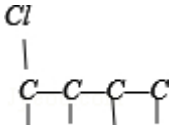
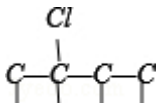
7. (6 分) 分子式为 $\text{C}_4\text{H}_8\text{BrCl}$ 的有机物共有 (不含立体异构) ()

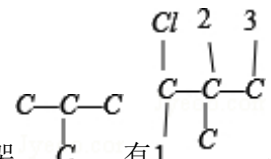
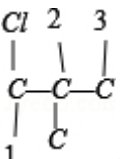
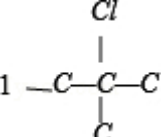
- A. 8 种 B. 10 种 C. 12 种 D. 14 种

【分析】 $\text{C}_4\text{H}_8\text{BrCl}$ 可以看作 C_4H_{10} 中 2 个 H 原子被 Cl、Br 原子取代, 而丁烷有

CH₃CH₂CH₂CH₃、CH₃CH(CH₃)₂ 两种结构，据此分析。

【解答】解：C₄H₈BrCl 可以看作 C₄H₁₀ 中 2 个 H 原子被 Cl、Br 原子取代，而丁烷有 CH₃CH₂CH₂CH₃、CH₃CH(CH₃)₂ 两种，

先分析碳骨架异构，分别为 C-C-C-C 与  2 种情况，然后分别对 2 种碳骨架采用“定一移一”的方法分析，其中骨架 C-C-C-C 有 、 共 8 种，

骨架  有 、，共 4 种，总共 12 种，

故选：C。

【点评】 本题考查同分异构体的书写，题目难度中等，注意氯原子或溴原子取代中间碳原子上的氢原子结构不同，侧重于考查学生的分析能力及灵活运用能力。

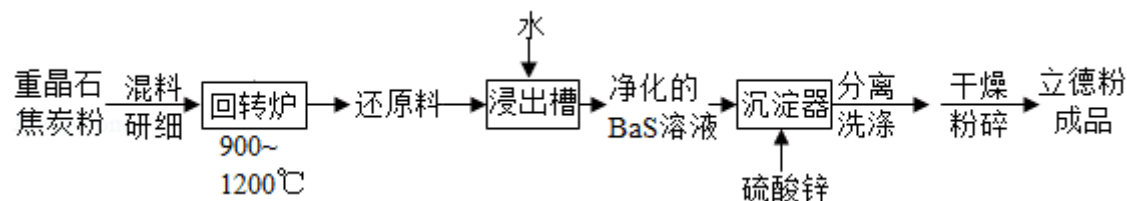
二、非选择题：共 43 分。第 8~10 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 11~12 为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题：

8. (13 分) 立德粉 ZnS·BaSO₄ (也称锌钡白)，是一种常用白色颜料。回答下列问题：

(1) 利用焰色反应的原理既可制作五彩缤纷的节日烟花，亦可定性鉴别某些金属盐。灼烧立德粉样品时，钡的焰色为 D (填标号)。

A. 黄色 B. 红色 C. 紫色 D. 绿色

(2) 以重晶石 (BaSO₄) 为原料，可按如图工艺生产立德粉：



① 在回转炉中重晶石被过量焦炭还原为可溶性硫化钡，该过程的化学方程式为 $\text{BaSO}_4 + 4\text{C} \xrightarrow{900-1200^\circ\text{C}} \text{BaS} + 4\text{CO} \uparrow$ 。回转炉尾气中含有有毒气体，生产上可通过水蒸气变换反应将其转化为 CO₂ 和一种清洁能源气体，该反应的化学方程式为 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ 。

② 在潮湿空气中长期放置的“还原料”，会逸出臭鸡蛋气味的气体，且水溶性变差，其原

因是“还原料”表面生成了难溶于水的 $\underline{\text{BaCO}_3}$ (填化学式)。

③沉淀器中反应的离子方程式为 $\underline{\text{Ba}^{2+} + \text{S}^{2-} + \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4 \downarrow}$ 。

(3) 成品中 S^{2-} 的含量可以用“碘量法”测得。称取 $m\text{g}$ 样品, 置于碘量瓶中, 移取 $25.00\text{mL} 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{I}_2 - \text{KI}$ 溶液于其中, 并加入乙酸溶液, 密闭, 置暗处反应 5min , 有单质硫析出。以淀粉为指示剂, 过量的 I_2 用 $0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定, 反应式为 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 。测定时消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液体积 $V\text{mL}$ 。终点颜色变化

为 浅蓝色至无色, 样品中 S^{2-} 的含量为 $\underline{\frac{(25.00 - \frac{1}{2}V) \times 0.1000 \times 32}{m \times 1000} \times 100\%}$

(写出表达式)。

【分析】(1) Ba 元素的焰色为绿色;

(2) 重晶石和焦炭混料研细后在回转炉中高温加热得到还原料, 在回转炉中重晶石被过量焦炭还原为可溶性硫化钡, 则 C 被氧化生成 CO; 还原料在浸出槽中加入水过滤得到净化的 BaS 溶液, 滤去未反应的重晶石和 C, 在沉淀器中加入硫酸锌得到沉淀, 然后分离、洗涤、干燥、粉碎得到立德粉 $\text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4$ (也称锌钡白),

①在回转炉中重晶石被过量焦炭还原为可溶性硫化钡, 同时生成 CO;

回转炉尾气中含有有毒气体为 CO, 生产上可通过水蒸气变换反应将其转化为 CO_2 和一种清洁能源气体, 根据元素守恒知清洁能源为氢气;

②在潮湿空气中长期放置的“还原料”, 会逸出臭鸡蛋气味的气体, 说明有 H_2S 生成, 且水溶性变差, 说明有难溶性物质生成, 硫离子水解生成硫化氢, 同时钡离子和二氧化碳、水反应生成碳酸钡沉淀;

③沉淀器中 BaS 和硫酸锌反应生成沉淀 $\text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4$;

(3) 碘遇淀粉变蓝色, 当滴定终点时碘完全被消耗, 溶液变为无色; 与 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 反应消

耗的 $n(\text{I}_2) = \frac{1}{2}n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \times 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3}\text{L}$, 则与硫离子反应的 n

$(\text{I}_2) = 25 \times 10^{-3}\text{L} \times 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - \frac{1}{2} \times 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3}\text{L}$, 根据转移电子守

恒知关系式 $\text{S}^{2-} \sim \text{I}_2$, 所以 $n(\text{S}^{2-}) = 25 \times 10^{-3}\text{L} \times 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - \frac{1}{2} \times 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times$

$V \times 10^{-3}\text{L}$, $m(\text{S}^{2-}) = [25 \times 10^{-3}\text{L} \times 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - \frac{1}{2} \times 0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3}\text{L}]$

$\times 32\text{g/mol}$, 其质量分数 = $\frac{\text{硫离子质量}}{\text{样品质量}} \times 100\%$ 。

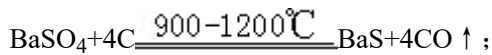
【解答】解: (1) Ba 元素的焰色为绿色, Na 元素焰色为黄色、K 元素焰色为紫色、Ca

元素焰色为砖红色，

故选 D；

(2) 重晶石和焦炭混料研细后在回转炉中高温加热得到还原料，在回转炉中重晶石被过量焦炭还原为可溶性硫化钡，则 C 被氧化生成 CO；还原料在浸出槽中加入水过滤得到净化的 BaS 溶液，滤去未反应的重晶石和 C，在沉淀器中加入硫酸锌得到沉淀，然后分离、洗涤、干燥、粉碎得到立德粉 $ZnS \cdot BaSO_4$ （也称锌钡白），

①在回转炉中重晶石被过量焦炭还原为可溶性硫化钡，同时生成 CO，反应方程式为



回转炉尾气中含有有毒气体为 CO，生产上可通过水蒸气变换反应将其转化为 CO_2 和一种清洁能源气体，根据元素守恒知清洁能源为氢气，反应方程式为 $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ ，

故答案为： $BaSO_4 + 4C \xrightarrow{900-1200^\circ C} BaS + 4CO \uparrow$ ； $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ ；

②在潮湿空气中长期放置的“还原料”，会逸出臭鸡蛋气味的气体，说明有 H_2S 生成，且水溶性变差，说明有难溶性物质生成，硫离子水解生成硫化氢，同时钡离子和二氧化碳、水反应生成 $BaCO_3$ 沉淀，导致水溶性变差，

故答案为： $BaCO_3$ ；

③沉淀器中 BaS 和硫酸锌反应生成沉淀 $ZnS \cdot BaSO_4$ ，离子方程式为 $Ba^{2+} + S^{2-} + Zn^{2+} + SO_4^{2-} = ZnS \cdot BaSO_4 \downarrow$ ，

故答案为： $Ba^{2+} + S^{2-} + Zn^{2+} + SO_4^{2-} = ZnS \cdot BaSO_4 \downarrow$ ；

(3) 碘遇淀粉变蓝色，当滴定终点时碘完全被消耗，溶液变为无色；与 $Na_2S_2O_3$ 反应消耗的 $n(I_2) = \frac{1}{2}n(Na_2S_2O_3) = \frac{1}{2} \times 0.1000 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times V \times 10^{-3} L$ ，则与硫离子反应的 n

$(I_2) = 25 \times 10^{-3} L \times 0.1000 \text{ mol} \cdot L^{-1} - \frac{1}{2} \times 0.1000 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times V \times 10^{-3} L$ ，根据转移电子守恒知关系式 $S^{2-} \sim I_2$ ，所以 $n(S^{2-}) = 25 \times 10^{-3} L \times 0.1000 \text{ mol} \cdot L^{-1} - \frac{1}{2} \times 0.1000 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times$

$V \times 10^{-3} L$ ， $m(S^{2-}) = [25 \times 10^{-3} L \times 0.1000 \text{ mol} \cdot L^{-1} - \frac{1}{2} \times 0.1000 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times V \times 10^{-3} L]$


$\times 32 \text{ g/mol}$ ，其质量分数 = $\frac{\text{硫离子质量}}{\text{样品质量}} \times 100\% =$

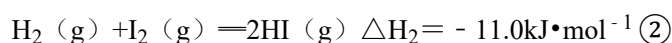
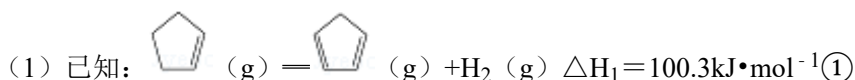
$$\frac{(2.5 - 0.05V) \times 10^{-3} \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol}}{\text{mg}} \times 100\% = \frac{(25.00 - \frac{1}{2}V) \times 0.1000 \times 32}{m \times 1000} \times$$



100%，


故答案为：浅蓝色至无色； $\frac{(25.00 - \frac{1}{2}V) \times 0.1000 \times 32}{m \times 1000} \times 100\%$ 。

【点评】本题考查制备方案设计，涉及方程式的计算、离子方程式书写、氧化还原反应等知识点，明确流程图中各物质成分及其性质、发生的化学反应、滴定原理是解本题关键，难点是（3）题计算，注意关系式及转移电子守恒的灵活运用，题目难度不大。

9. (15分) 环戊二烯 () 是重要的有机化工原料，广泛用于农药、橡胶、塑料等生产。回答下列问题：

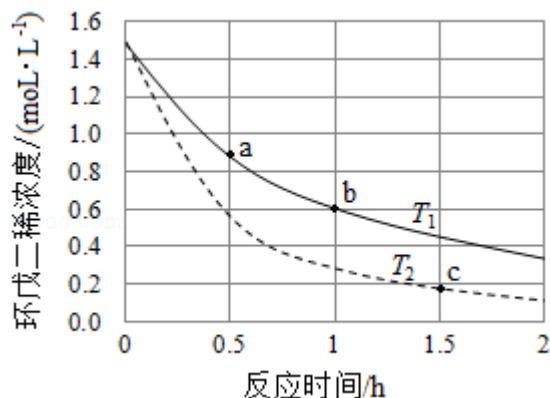


对于反应： (g) + I₂ (g) =  (g) + 2HI (g) ③ ΔH₃ = +89.3 kJ·mol⁻¹。

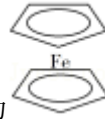
(2) 某温度下，等物质的量的碘和环戊烯 () 在刚性容器内发生反应③，起始总压为 10⁵Pa，平衡时总压增加了 20%，环戊烯的转化率为 40%，该反应的平衡常数 K_p = 3.56 × 10⁴ Pa。达到平衡后，欲增加环戊烯的平衡转化率，可采取的措施有 BD (填标号)。

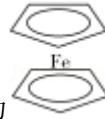
A. 通入惰性气体 B. 提高温度 C. 增加环戊烯浓度 D. 增加碘浓度

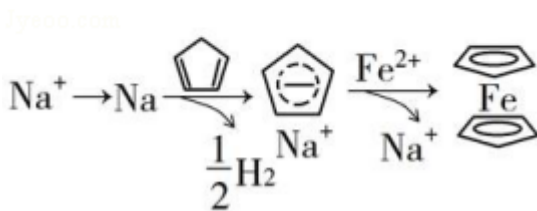
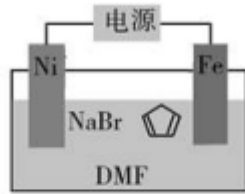
(3) 环戊二烯容易发生聚合生成二聚体，该反应为可逆反应。不同温度下，溶液中环戊二烯浓度与反应时间的关系如图所示，下列说法正确的是 CD (填标号)。



- A. T₁ > T₂
 B. a 点的反应速率小于 c 点的反应速率
 C. a 点的正反应速率大于 b 点的逆反应速率
 D. b 点时二聚体的浓度为 0.45 mol·L⁻¹



(4) 环戊二烯可用于制备二茂铁 ($\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$), 结构简式为 , 后者广泛应用于航天、化工等领域中。二茂铁的电化学制备原理如图所示, 其中电解液为溶解有溴化钠 (电解质) 和环戊二烯的 DMF 溶液 (DMF 为惰性有机溶剂)。




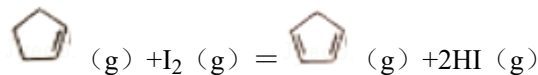
该电解池的阳极为 Fe 电极, 总反应为 $\text{Fe} + 2 \text{Cyclopentadiene} = \text{Ferrocene} + \text{H}_2 \uparrow$ (或 $\text{Fe} + 2\text{C}_5\text{H}_6 = \text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2 + \text{H}_2 \uparrow$)。电解制备需要在无水条件下进行, 原因为 水会阻碍中间物 Na 的生成; 水会电解生成 OH^- , 进一步与 Fe^{2+} 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。

【分析】解: (1) 已知: $\text{Cyclopentadiene}(\text{g}) = \text{Cyclopentadienyl}^-(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +100.3 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ①

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) = 2\text{HI}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -11.0 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ②

根据盖斯定律, ①+②得目标反应③ $\text{Cyclopentadiene}(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) = \text{Cyclopentadienyl}^-(\text{g}) + 2\text{HI}(\text{g})$, 据此计算 ΔH_3 ;

(2) 设碘和环戊烯 () 的初始物质的量都为 $n \text{mol}$, 转化的物质的量为 $x \text{mol}$,



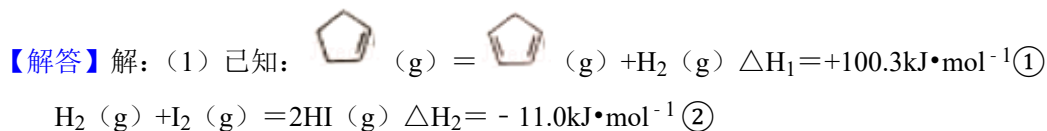
初始 (mol)	n	n	0	0
转化 (mol)	x	x	x	$2x$
平衡 (mol)	$n - x$	$n - x$	x	$2x$

刚性容器内气体的压强与物质的量成正比, 则: $\frac{(n-x+n-x+x+2x) \text{mol}}{(n+n) \text{mol}} = 1 + 20\%$, 解得:

$x = 0.4n \text{mol}$, 据此计算; 达到平衡后, 欲增加环戊烯的平衡转化率, 需要使平衡向着正向移动, 结合平衡移动原理分析;

- (3) A. 温度越高反应速率越快，结合图象分析 T_1 、 T_2 大小；
- B. 根据 a、c 点曲线斜率分析；
- C. b 点没有达到平衡状态，则 $v(\text{正}) > v(\text{逆})$ ，结合 a 到 b 的过程为正反应速率逐渐减小分析；
- D. b 点时环戊二烯的浓度变化为： $1.5\text{mol/L} - 0.6\text{mol/L} = 0.9\text{mol/L}$ ，环戊二烯的二聚体的浓度为环戊二烯浓度变化的一半；

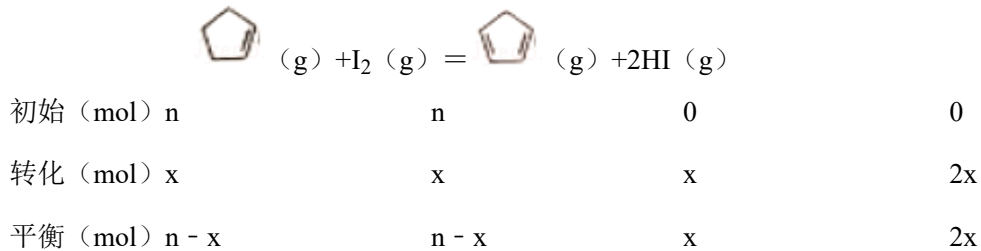
(4) 根据转化关系可知，需要获得 Fe^{2+} ，则阳极为 Fe 电极，阴极为 Ni，阴极上钠离子先得到电子生成金属 Na，然后钠与环戊二烯反应生成氢气，实质为氢离子得到电子，阳极上 Fe 失去电子生成亚铁离子，据此书写电极总反应；中间产物 Na 与水反应，且水解水时生成的氢氧根离子与亚铁离子反应，影响了反应产物。



根据盖斯定律，①+②得③ $\text{C}_5\text{H}_8(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) = \text{C}_{10}\text{H}_{16}(\text{g}) + 2\text{HI}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = (+100.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) + (-11.0\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) = +89.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，

故答案为：+89.3；

(2) 设碘和环戊烯 (C_5H_8) 的初始物质的量都为 $n\text{mol}$ ，转化的物质的量为 $x\text{mol}$ ，



刚性容器内气体的压强与物质的量成正比，则： $\frac{(n-x+n-x+x+2x)\text{mol}}{(n+n)\text{mol}} = 1+20\%$ ，解得：

$$x = 0.4n,$$

平衡时环戊烯的转化率为： $\frac{0.4n\text{mol}}{n\text{mol}} \times 100\% = 40\%$ ；

平衡时混合气体的压强为： $10^5\text{Pa} \times (1+20\%) = 1.2 \times 10^5\text{Pa}$ ，混合气体总物质的量为：

$$(n - 0.4n + n - 0.4n + 0.4n + 0.4n \times 2) \text{mol} = 2.4n\text{mol},$$

平衡时各组分所占压强分别为 $p(\text{C}_5\text{H}_8) = p(\text{I}_2) = \frac{(n-0.4n)\text{mol}}{2.4n\text{mol}} \times 1.2 \times 10^5\text{Pa} = 3 \times$

$$10^4 \text{Pa}, p(\text{环戊烯}) = \frac{0.4 \text{nmol}}{2.4 \text{nmol}} \times 1.2 \times 10^5 \text{Pa} = 2 \times 10^4 \text{Pa}, p(\text{HI}) = \frac{0.4 \text{nmol} \times 2}{2.4 \text{nmol}} \times 1.2 \times$$

$$10^5 \text{Pa} = 4 \times 10^4 \text{Pa}, \text{该反应的平衡常数 } K_p = \frac{(2 \times 10^4 \text{Pa}) \times (4 \times 10^4 \text{Pa})^2}{(3 \times 10^4 \text{Pa}) \times (3 \times 10^4 \text{Pa})} \approx 3.56 \times$$

$10^4 \text{Pa};$

A. 通入惰性气体, 各组分浓度不变, 平衡不移动, 则环戊烯的转化率不变, 故 A 错误;

B. 该反应为吸热反应, 提高温度平衡向着正向移动, 环戊烯的转化率增大, 故 B 正确;

C. 增加环戊烯浓度, 环戊烯的转化率减小, 故 C 错误;

D. 增加碘浓度, 反应物浓度增大, 平衡向着正向移动, 环戊烯的转化率增大, 故 D 正确;

故答案为: 40%; 3.56×10^4 ; BD;

(3) A. 温度越高反应速率越快, 根据图示可知, 在温度 T_2 (虚线) 的反应速率较大, 则 $T_1 < T_2$, 故 A 错误;

B. 根据图象可知, a 点切线斜率的绝对值大于 c 点切线的绝对值, 则 a 点速率大于 c 点, 故 B 错误;

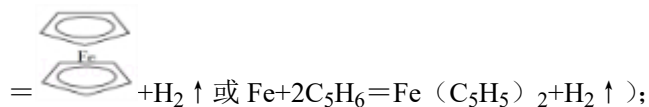
C. a 到 b 的过程为正反应速率逐渐减小, 且 b 点 $v(\text{正}) > v(\text{逆})$, 则 a 点的正反应速率大于 b 点的逆反应速率, 故 C 正确;

D. b 点时环戊二烯的浓度变化为: $1.5 \text{mol/L} - 0.6 \text{mol/L} = 0.9 \text{mol/L}$, 环戊二烯的二聚体的浓度为环戊二烯浓度变化的 $\frac{1}{2}$, 则 b 点时二聚体的浓度为 $0.9 \text{mol/L} \times \frac{1}{2} = 0.45 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,


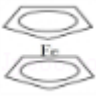
故 D 正确;

故答案为: CD;

(4) 根据转化关系可知, 需要获得 Fe^{2+} , 则阳极为 Fe 电极, 发生总反应为: $\text{Fe} + 2$ 



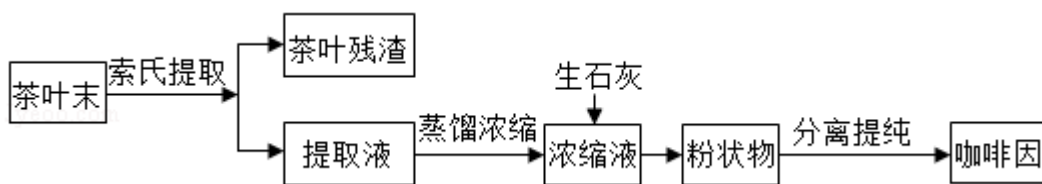
中间产物有金属 Na 生成, 水与 Na 反应, 阻碍了中间物 Na 的生成, 且水电解后生成的 OH^- 与 Fe^{2+} 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 所以电解制备需要在无水条件下进行,

故答案为: Fe 电极; $\text{Fe} + 2$  =  + $\text{H}_2 \uparrow$ (或 $\text{Fe} + 2\text{C}_5\text{H}_6 = \text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2 + \text{H}_2 \uparrow$);

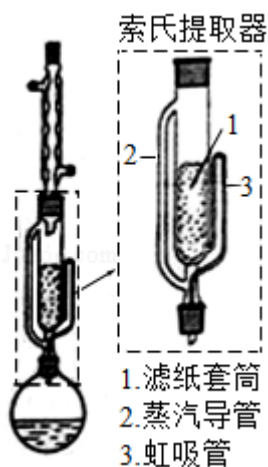
水会阻碍中间物 Na 的生成；水会电解生成 OH^- ，进一步与 Fe^{2+} 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。

【点评】 本题考查化学平衡金属、盖斯定律应用及电解原理，题目难度较大，明确盖斯定律内容、化学平衡及其影响为解答关键，注意掌握三段式在化学平衡计算中的应用，试题知识点较多、综合性较强，充分考查了学生的分析、理解能力及综合应用能力。

10. (15分) 咖啡因是一种生物碱(易溶于水及乙醇，熔点 234.5°C ， 100°C 以上开始升华)，有兴奋大脑神经和利尿等作用。茶叶中含咖啡因约 1%~5%、单宁酸(K_a 约为 10^{-6} ，易溶于水及乙醇)约 3%~10%，还含有色素、纤维素等。实验室从茶叶中提取咖啡因的流程如图所示。



索氏提取装置如图所示。实验时烧瓶中溶剂受热蒸发，蒸汽沿蒸汽导管 2 上升至球形冷凝管，冷凝后滴入滤纸套筒 1 中，与茶叶末接触，进行萃取。萃取液液面达到虹吸管 3 顶端时，经虹吸管 3 返回烧瓶，从而实现对茶叶末的连续萃取。回答下列问题：



(1) 实验时需将茶叶研细，放入滤纸套筒 1 中，研细的目的是 增加固液接触面积，提取充分。圆底烧瓶中加入 95%乙醇为溶剂，加热前还要加几粒 沸石。

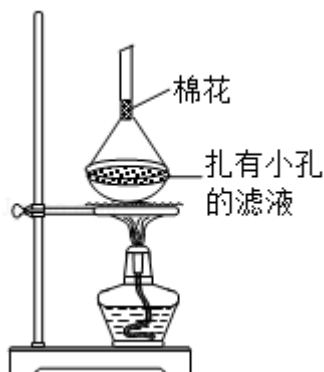
(2) 提取过程不可选用明火直接加热，原因是 乙醇易挥发，易燃。与常规的萃取相比，采用索氏提取器的优点是 使用溶剂少，可连续萃取。

(3) 提取液需经“蒸馏浓缩”除去大部分溶剂。与水相比，乙醇作为萃取剂的优点是 乙醇沸点低，易浓缩。“蒸馏浓缩”需选用的仪器除了圆底烧瓶、蒸馏头、温度计、接收管之外，还有 AC (填标号)。

A. 直形冷凝管 B. 球形冷凝管 C. 接收瓶 D. 烧杯

(4) 浓缩液加生石灰的作用是中和 单宁酸 和吸收 水。

(5) 可采用如图所示的简易装置分离提纯咖啡因。将粉状物放入蒸发皿中并小火加热，咖啡因在扎有小孔的滤纸上凝结，该分离提纯方法的名称是 升华。



【分析】 实验室从茶叶中提取咖啡因的流程为：将茶叶末先进行索氏提取得到茶叶残渣和提取液，对提取液蒸馏浓缩得到浓溶液，然后向浓溶液中加入生石灰除去单宁酸和水，得到粉状物。由于咖啡因 100°C 以上开始升华，可通过加热升华的方法分离出咖啡因，据此解答。

【解答】 解：(1) 将茶叶研细可增大接触面积，即可反应速率，使提取充分；蒸馏操作中，为了避免混合液体爆沸，需要加入沸石，

故答案为：增加固液接触面积，提取充分；沸石；

(2) 该实验中的萃取剂为乙醇，乙醇易挥发，易燃，为了避免暴沸，提取过程不可选用明火直接加热；

根据图示装置及题干描述可知，与常规的萃取相比，索氏提取器使用溶剂少，可连续萃取，

故答案为：乙醇易挥发，易燃；使用溶剂少，可连续萃取；

(3) 提取液需经“蒸馏浓缩”除去大部分溶剂。乙醇易挥发，则与水相比，乙醇作为萃取剂的优点是乙醇沸点低，易浓缩；

结合蒸馏操作方法可知，“蒸馏浓缩”需选用的仪器除了圆底烧瓶、蒸馏头、温度计、接收管之外，还有冷凝管和接收器，其中蒸馏操作用直形冷凝管，回流时用球形冷凝管，所以应选用直形冷凝管，即选 AC，

故答案为：乙醇沸点低，易浓缩；AC；

(4) 生石灰为 CaO ， CaO 为碱性氧化物，提取液中混有单宁酸， CaO 能够中和单宁酸，

还能够吸收水分，

故答案为：单宁酸；水；

(5) 根据咖啡因“100℃以上开始升华”可知，该分离提纯方法为升华，

故答案为：升华。

【点评】 本题考查制备方案的设计，题目难度中等，明确实验目的、实验原理为解答关键，注意掌握常见化学实验基本操作方法，试题侧重考查学生的分析、理解能力及化学实验能力。

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

11. (15 分) 近年来我国科学家发现了一系列意义重大的铁系超导材料，其中一类为 Fe - Sm - As - F - O 组成的化合物。回答下列问题：

(1) 元素 As 与 N 同族。预测 As 的氢化物分子的立体结构为 三角锥形，其沸点比 NH₃ 的 低 (填“高”或“低”)，其判断理由是 NH₃ 分子间存在氢键。

(2) Fe 成为阳离子时首先失去 4s 轨道电子，Sm 的价层电子排布式 4f⁶6s²，Sm³⁺ 价层电子排布式为 4f⁶。

(3) 比较离子半径：F⁻ 小于 O²⁻ (填“大于”“等于”或“小于”)。

(4) 一种四方结构的超导化合物的晶胞如图 1 所示。晶胞中 Sm 和 As 原子的投影位置如图 2 所示。

图中 F⁻ 和 O²⁻ 共同占据晶胞的上下底面位置，若两者的比例依次用 x 和 1 - x 代表，则该化合物的化学式表示为 SmFeAsO_{1-x}F_x；通过测定密度 ρ 和晶胞参数，可以计算该

物质的 x 值，完成它们关系表达式：
$$\rho = \frac{2[281+16(1-x)+19x]}{a^2 c N_A \times 10^{-30}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

以晶胞参数为单位长度建立的坐标系可以表示晶胞中各原子的位置，称作原子分数坐标，

例如图 1 中原子 1 的坐标为 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ，则原子 2 和 3 的坐标分别为 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$ 、 $(0, 0, \frac{1}{2})$ 。

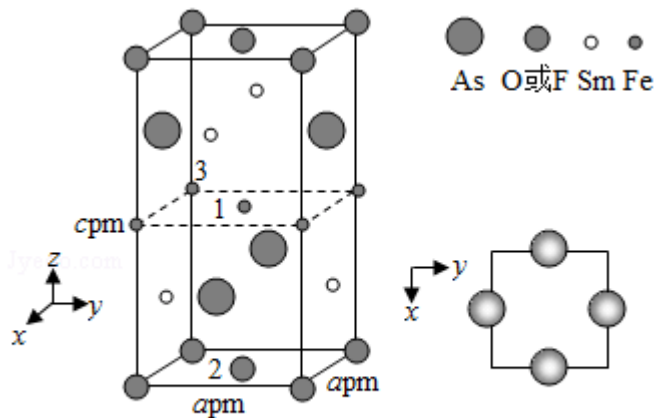


图1

图2

【分析】(1) 等电子体结构相似，根据氨气分子空间构型判断 AsH_3 空间构型；能形成分子间氢键的氢化物熔沸点较高；

(2) Fe 失去电子生成阳离子时电子从外到内依次失去，Sm 的价层电子排布式 $4f^66s^2$ ，该原子失去电子生成阳离子时应该先失去 6s 电子，后失去 4f 电子；

(3) 电子层结构相同的离子，离子半径随着原子序数增大而减小；

(4) 该晶胞中 As 原子个数 $= 4 \times \frac{1}{2} = 2$ 、Sm 原子个数 $= 4 \times \frac{1}{2} = 2$ 、Fe 原子个数 $= 1 + 4 \times \frac{1}{4} = 2$ 、 F^- 和 O^{2-} 离子总数 $= 8 \times \frac{1}{8} + 2 \times \frac{1}{2} = 2$ ，则该晶胞中 As、Sm、Fe、 F^- 和 O^{2-} 离子总个数之比 $= 2: 2: 2: 2 = 1: 1: 1: 1$ ；该晶胞体积 $= (a \times 10^{-10} \times a \times 10^{-10} \times c \times 10^{-10}) \text{ cm}^3 = a^2c \times 10^{-30} \text{ cm}^3$ ，晶体密度 $= \frac{M}{V} = \frac{M}{a^2c} \times 10^{30}$ ；

图 1 中原子 1 的坐标为 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ，则原子 2 在 x、y、z 轴上投影分别位于 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、0，原子 3 在 x、y、z 轴上的投影分别为 0、0、 $\frac{1}{2}$ 。

【解答】解：(1) 等电子体结构相似， AsH_3 和 NH_3 为等电子体，二者结构相似，氨气分子为三角锥形，根据氨气分子空间构型判断 AsH_3 空间构型为三角锥形，能形成分子间氢键的氢化物熔沸点较高， NH_3 分子间形成氢键、 AsH_3 分子间不能形成氢键，所以熔沸点 $\text{NH}_3 > \text{AsH}_3$ ，即 AsH_3 沸点比 NH_3 的低，故答案为：三角锥形；低； NH_3 分子间存在氢键；

(2) Fe 失去电子生成阳离子时电子从外到内依次失去，Fe 原子最外层电子属于 4s 轨道，所以成为阳离子时首先失去 4s 轨道电子，FeSm 的价层电子排布式 $4f^66s^2$ ，该原子失去电子生成阳离子时应该先失去 6s 电子，后失去 4f 电子， Sm^{3+} 价层电子排布式为 $4f^6$ ，

故答案为：4s；4f⁵；

(3) 电子层结构相同的离子，离子半径随着原子序数增大而减小，F⁻和O²⁻电子层结构相同且原子序数F>O，则离子半径F⁻小于O²⁻，故答案为：小于；

(4) 该晶胞中As原子个数=4× $\frac{1}{2}$ =2、Sm原子个数=4× $\frac{1}{2}$ =2、Fe原子个数=1+4× $\frac{1}{4}$ =2、F⁻和O²⁻离子总数=8× $\frac{1}{8}$ +2× $\frac{1}{2}$ =2，则该晶胞中As、Sm、Fe、F⁻和O²⁻离子总数个数之比=2：2：2：2=1：1：1：1，如果F⁻个数为x，则O²⁻个数为1-x，所以该化合物化学式为SmFeAsO_{1-x}F_x；该晶胞体积=(a×10⁻¹⁰×a×10⁻¹⁰×c×10⁻¹⁰) cm³

$$= a^2c \times 10^{-30} \text{cm}^3, \text{ 晶体密度} = \frac{m}{V} = \frac{\frac{M}{N_A} \times 2}{a^2c \times 10^{-30}} = \frac{281+16 \times (1-x)+19x}{a^2c \times 10^{-30}} \times 2 \text{g/cm}^3 = \frac{2[281+16(1-x)+19x]}{a^2cN_A \times 10^{-30}} \text{g/cm}^3,$$

图1中原子1的坐标为($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$)，则原子2在x、y、z轴上投影分别位于 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、0，原子3在x、y、z轴上的投影分别为0、0、 $\frac{1}{2}$ ，所以2、3原子晶胞参数分别为

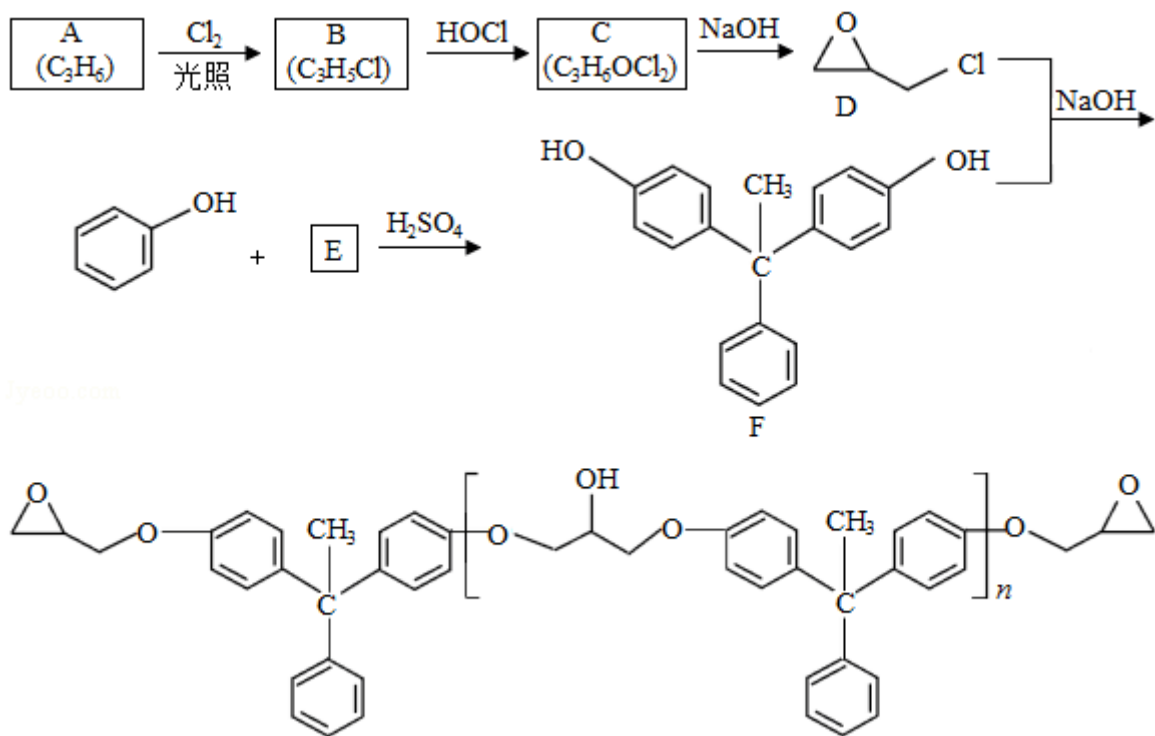
$$(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0),$$

故答案为：SmFeAsO_{1-x}F_x； $\frac{2[281+16(1-x)+19x]}{a^2cN_A \times 10^{-30}}$ ；($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, 0)；(0, 0, $\frac{1}{2}$)。

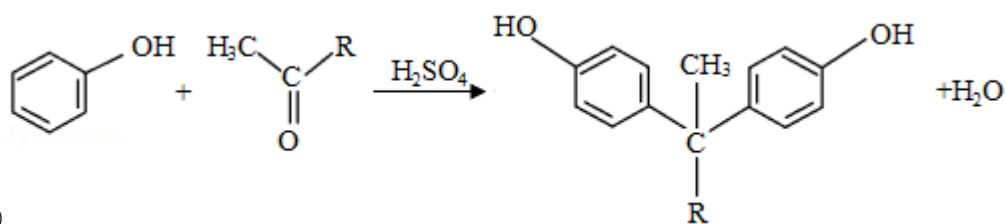
【点评】 本题考查物质结构和性质，涉及晶胞计算、等电子体、氢键等知识点，侧重考查基础知识掌握和运用、空间想像能力及计算能力，明确原子生成离子时失电子特点、均摊法在晶胞计算中的正确运用是解本题关键，题目难度中等。

[化学--选修5：有机化学基础]

12. 环氧树脂因其具有良好的机械性能、绝缘性能以及与各种材料的粘结性能，已广泛应用于涂料和胶黏剂等领域。下面是制备一种新型环氧树脂G的合成路线：

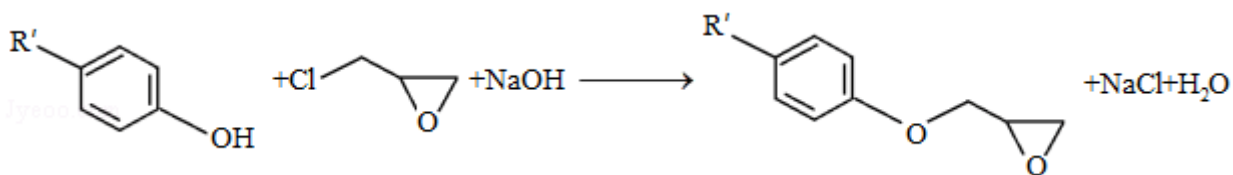


已知以下信息：

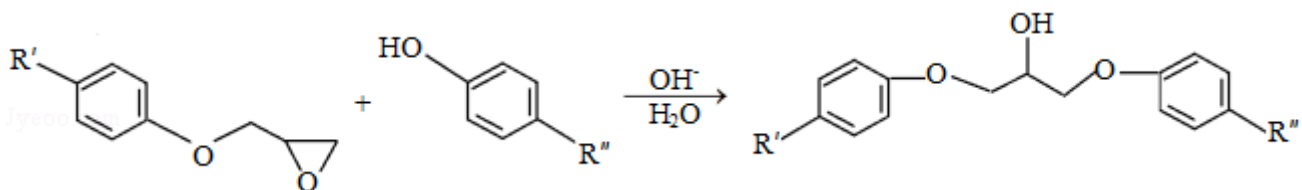


①

②



③

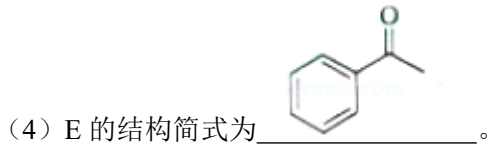
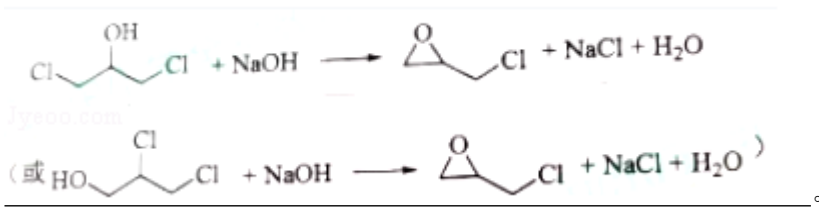


回答下列问题：

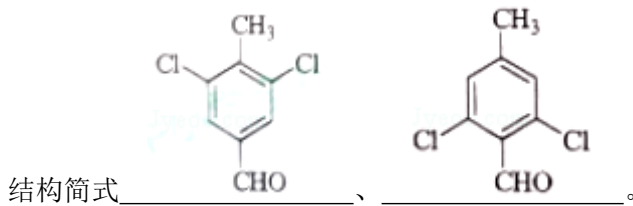
(1) A 是一种烯烃，化学名称为 丙烯，C 中官能团的名称为 氯原子、羟基。

(2) 由 B 生成 C 的反应类型为 加成反应。

(3) 由 C 生成 D 的 反 应 方 程 式 为



(5) E 的二氯代物有多种同分异构体, 请写出其中能同时满足以下条件的芳香化合物的



①能发生银镜反应;

②核磁共振氢谱有三组峰, 且峰面积比为 3: 2: 1。

(6) 假设化合物 D、F 和 NaOH 恰好完全反应生成 1mol 单一聚合度的 G, 若生成的 NaCl 和 H₂O 的总质量为 765g, 则 G 的 n 值理论上应等于 8。

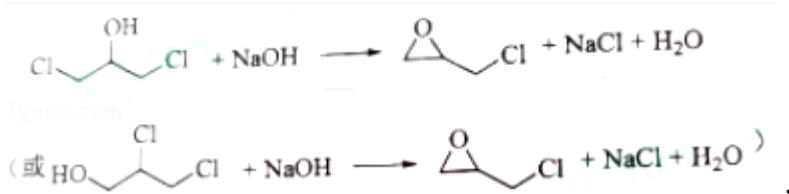
【分析】A 是一种烯烃, 应为 CH₃CH=CH₂, 光照条件下发生取代反应生成 B 为 ClCH₂CH=CH₂, 与 HOCl 发生加成反应生成 C 为 ClCH₂CHOHCH₂Cl 或 CH₂OHCHClCH₂Cl, 由

信息①可知 E 应为 , D、F 发生缩聚反应生成 G, 以此解答该题。

【解答】解: (1) 由以上分析可知 A 为丙烯, C 为 ClCH₂CHOHCH₂Cl 或 CH₂OHCHClCH₂Cl, 含有的官能团为氯原子、羟基, 故答案为: 丙烯; 氯原子、羟基;

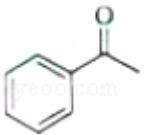
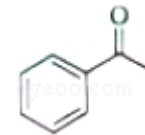
(2) B 为 ClCH₂CH=CH₂, 与 HOCl 发生加成反应生成 C, 故答案为: 加成反应;

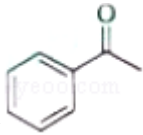
(3) 由 C 生成 D 的反应方程式为

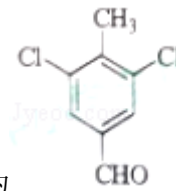


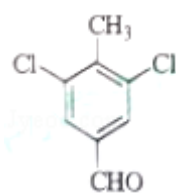
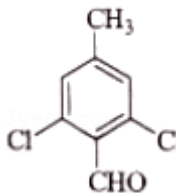


故答案为：
 (或 $\text{HO-CH}_2\text{-CH(Cl)-CH}_2\text{-Cl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Cl-CH}_2\text{-CH(O)}\text{-CH}_2\text{-Cl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$) ;

(4) E 的结构简式为  , 故答案为:  ;

(5) E 为  , E 的二氯代物有多种同分异构体, ①能发生银镜反应, 说明分子中含有醛基; ②核磁共振氢谱有三组峰, 且峰面积比为 3: 2: 1, 则应含有 1 个甲基,

且结构对称, 应为  、  ,

故答案为:  、  ;

(6) 由方程式可知生成 NaCl 和 H₂O 的物质的量相等, 若生成的 NaCl 和 H₂O 的总质量为 765g, 则二者的物质的量分别为 $\frac{765}{58.5+18}=10$, 则需要 9molF、10molD 参加反应, 由 G 的结构简式可知 n=8, 故答案为: 8。

【点评】 本题考查有机物的合成与推断, 为高频考点和常见题型, 侧重考查学生的分析能力、自学能力和计算能力, 注意把握有机物官能团的变化以及题给信息, 为解答该类题目的关键, 题目难度中等。