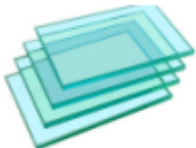





2021年重庆市新高考化学试卷

参考答案与试题解析

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. (3分) “垃圾分类记心上，魅力山城新时尚”，下列可回收物中，主要成分为无机非金属材料的是 ()

- A.  普通玻璃
- B.  不锈钢锅
- C.  矿泉水瓶
- D.  棉麻织物

【分析】A. 玻璃是三大无机非金属材料之一；

B. 不锈钢锅属于合金材料；

C. 矿泉水瓶属于有机合成材料；

D. 棉麻织物属于有机高分子材料。

【解答】解：A. 玻璃主要成分是硅酸盐材料，属于三大无机非金属材料之一，故A正确；

B. 不锈钢锅属于合金材料，不是无机非金属材料，故B错误；

C. 矿泉水瓶属于有机合成材料，不是无机非金属材料，故C错误；

D. 棉麻织物属于有机高分子材料，不是无机非金属材料，故D错误；

故选：A。

【点评】本题考查了化学知识在生产生活中的应用，侧重于生产生活中化学材料的考查，题目难度不大，明确复合材料、有机合成材料、无机非金属材料 and 金属材料的组成是解题的关键。

2. (3分) 葡萄酒中含有 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 CH_3COOH 、 SO_2 和 CO_2 等多种成分。若 N_A 代表阿伏伽德罗常数的值，下列说法正确的是 ()

A. 46g $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 中含有 C - H 键数为 $5N_A$

- B. $1\text{L}1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液中含有氢离子数为 N_A
- C. 1molSO_2 与 1molO_2 完全反应转移的电子数为 $4N_A$
- D. 11.2L (标准状况) CO_2 完全溶于水后溶液中 H_2CO_3 分子数为 $0.5N_A$

【分析】A. 一个 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 分子中含有 5 条 C - H 键;

B. 醋酸为弱酸;

C. 可逆反应不能反应完全;

D. 二氧化碳与水的反应为可逆反应, 碳酸为弱酸, 部分电离。

【解答】解: A. $46\text{gCH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 中含有 C - H 键数为 $\frac{46\text{g}}{46\text{g/mol}} \times 5 \times N_A/\text{mol} = 5N_A$, 故 A

正确;

B. 醋酸为弱酸, 在水中部分电离, $1\text{L}1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液中含有氢离子数小于 N_A , 故 B 错误;

C. 二氧化硫与氧气生成三氧化硫的反应为可逆反应, 反应不能完全, 故 1molSO_2 与 1molO_2 完全反应转移的电子数小于 $2N_A$, 故 C 错误;

D. 二氧化碳与水的反应为可逆反应, 碳酸为弱酸, 部分电离, 11.2L (标准状况) 即 0.5molCO_2 完全于水后溶液中 H_2CO_3 分子数小于 $0.5N_A$, 故 D 错误;

故选: A。

【点评】本题考查阿伏伽德罗常数的有关计算和判断, 题目难度中等, 阿伏伽德罗常数是高考的“热点”, 它既考查了学生对物质的量、粒子数、质量、体积等与阿伏伽德罗常数关系的理解, 又可以涵盖多角度的化学知识内容, 掌握好以物质的量为中心的各化学量与阿伏伽德罗常数的关系是解题的关键。

3. (3 分) 25°C 时, 下列各组离子在指定溶液中一定能大量共存的是 ()

A. $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氯化钡溶液中: Mg^{2+} 、 K^+ 、 Br^- 、 SO_4^{2-}

B. $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸中: Al^{3+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 NO_3^-

C. $\text{pH}=11$ 的氨水中: Fe^{2+} 、 Na^+ 、 NO_3^- 、 ClO^-

D. $\text{pH}=1$ 的硝酸中: Fe^{3+} 、 K^+ 、 I^- 、 SO_4^{2-}

【分析】A. 该溶液有钡离子, 与硫酸根离子不能共存;

B. 四种离子之间不反应, 都不与氢离子反应;

C. 该溶液呈碱性, 铁离子与氢氧根离子反应;

D.铁离子和碘离子不能共存。

【解答】解：A.该溶液中有钡离子，与硫酸根离子发生反应生成沉淀，不能大量共存，故 A 错误；

B. Al^{3+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 之间不反应，能够在酸性溶液中大量共存，故 B 正确；

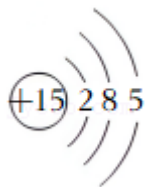
C.铁离子在碱性溶液中不能大量共存，故 C 错误；

D.铁离子和碘离子发生氧化还原反应不能大量共存，在酸性溶液中不能大量共存，故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查离子共存的判断，为高频考点，明确题干暗含信息、常见离子的性质及离子反应发生条件为解答关键，注意掌握常见离子不能共存的情况，试题侧重考查学生的分析与应用能力，题目难度不大。

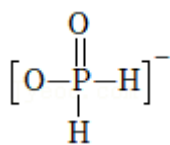
4. (3分) 次磷酸根 (H_2PO_2^-) 的球棍模型如图所示，下列说法错误的是 ()



A. P 的原子结构示意图为

B. 次磷酸根的电子式为 $[\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{P}}:\ddot{\text{O}}:\text{H}]^-$

C. 次磷酸根的结构式为



D. 次磷酸分子式为 H_3PO_2

【分析】A. P 原子核内有 15 个质子、核外有 15 个电子，核外有 3 个电子层；

B. 根据图知，次磷酸根离子中存在 P - O 键、2 个 P - H 键、1 个 P=O 键；

C. 根据图知，次磷酸根离子中存在 P - O 键、2 个 P - H 键、1 个 P=O 键；

D. 次磷酸根离子为 H_2PO_2^- ，次磷酸为一元酸，次磷酸分子中含有 3 个 H 原子、1 个 P 原子、2 个 O 原子。

【解答】解：A. P 原子核内有 15 个质子、核外有 15 个电子，核外有 3 个电子层，P 原

D. 苯环、-OH、-COOH 中所有原子共平面，单键可以旋转，则该分子中所有碳原子一定共平面，故 D 正确；

故选：D。

【点评】 本题考查有机物的结构和性质，侧重考查基础知识的掌握和灵活运用能力，明确原子共平面判断方法、官能团的名称、同系物概念是解本题关键，题目难度不大。

6. (3分) 下列叙述错误的是 ()

A. Mg 在空气中燃烧可生成 MgO

B. Fe₂O₃ 与 Al 发生铝热反应可生成 Fe

C. BaCl₂ 溶液与 CO₂ 反应可生成 BaCO₃

D. Ca(OH)₂ 溶液与 Cl₂ 反应可生成 Ca(ClO)₂

【分析】 A. Mg 是活泼金属；

B. Al 比 Fe 活泼；

C. BaCl₂ 溶液与 CO₂ 不反应；

D. Ca(OH)₂ 与 Cl₂ 发生反应的总化学方程式为 $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{Cl}_2 = \text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【解答】 解：A. Mg 是活泼金属，Mg 在空气中燃烧生成 MgO，故 A 正确；

B. Al 比 Fe 活泼，Fe₂O₃ 与 Al 发生铝热反应可生成 Fe，故 B 正确；

C. 碳酸的酸性比盐酸弱，所以 BaCl₂ 溶液与 CO₂ 不反应，故 C 错误；

D. Ca(OH)₂ 与 Cl₂ 发生反应的总化学方程式为 $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{Cl}_2 = \text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，即 Ca(OH)₂ 溶液与 Cl₂ 反应可生成 Ca(ClO)₂，故 D 正确；

故选：C。

【点评】 本题考查常见的物质间的反应，熟悉物质的性质是解答的关键，题目较简单。

7. (3分) 元素 X、Y 和 Z 可形成化合物 X₃Y₃Z₆，X 的原子序数是 Z 的原子序数的 5 倍，1mol X₃Y₃Z₆ 含 42mol 质子，下列叙述正确的是 ()

A. X 位于周期表的第二周期第 VA 族

B. Y 的原子半径大于 X 的原子半径

C. Y 的氧化物为无色气体

D. Z 的单质与 Cl₂ 反应可生成共价化合物

【分析】 设 Z 的原子序数为 a，Y 的原子序数为 b，X 的原子序数是 Z 的原子序数的 5 倍，则 X 的原子序数为 5a，1mol X₃Y₃Z₆ 含 42mol 质子，则 $15a + 3b + 6a = 42$ ， $7a + b = 14$ ，原子

序数只能是整数，所以 a 只能为 1、b 为 7，所以 Z 为 H、Y 为 N、X 为 B 元素；

A. X 为 B 元素，B 位于第二周期第 IIIA 族；

B. Y 为 N、X 为 B，二者位于同一周期，同一周期元素，原子半径随着原子序数增大而减小；

C. Y 为 N 元素，Y 的氧化物有 NO、NO₂、N₂O₄ 等；

D. Z 为 H 元素，Z 的单质和 Cl₂ 反应生成 HCl。

【解答】解：设 Z 的原子序数为 a，Y 的原子序数为 b，X 的原子序数是 Z 的原子序数的 5 倍，则 X 的原子序数为 5a，1molX₃Y₃Z₆ 含 42mol 质子，则 15a+3b+6a=42，7a+b=14，原子序数只能是整数，所以 a 只能为 1、b 为 7，所以 Z 为 H、Y 为 N、X 为 B 元素

A. X 为 B 元素，B 原子序数是 5，在周期表中 B 位于第二周期第 IIIA 族，故 A 错误；

B. 同一周期元素原子半径随着原子序数增大而减小，Y 为 N、X 为 B，二者位于同一周期，原子序数：X<Y，所以 r(X) > r(Y)，故 B 错误；

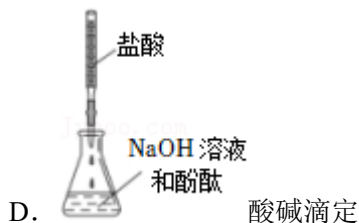
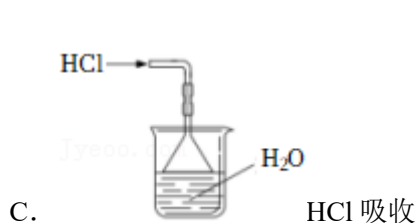
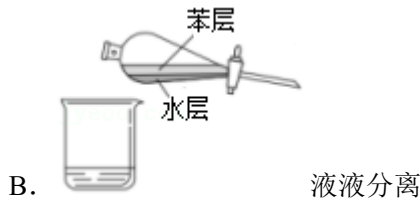
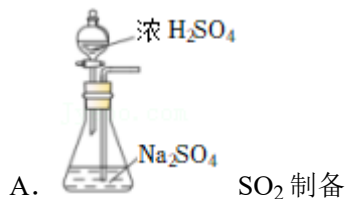
C. Y 为 N 元素，Y 的氧化物有 NO、NO₂、N₂O₄ 等，NO₂ 为红棕色气体，故 C 错误；

D. Z 为 H 元素，Z 的单质和 Cl₂ 反应生成 HCl，HCl 中只含共价键，属于共价化合物，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查原子结构和元素性质，侧重考查分析、判断及知识综合运用能力，正确推断各元素名称是解本题关键，知道共价化合物概念、元素周期律、元素在周期表中的位置等知识点，题目难度不大。

8. (3 分) 下列实验装置 (夹持装置略) 或操作正确的是 ()



【分析】A. 导气管不能伸入液面下，且浓硫酸和硫酸钠溶液不反应；

B. 分液时，应该先将下层液体流出；

- C. 倒置的漏斗能防止倒吸；
D. 酸溶液应该用酸式滴定管盛放。

【解答】解：A. 导气管不能伸入液面下，且浓硫酸和硫酸钠溶液不反应，所以得不到二氧化硫气体，应该将硫酸钠溶液换为 Na_2SO_3 溶液，故 A 错误；

B. 分液时，应该先将下层液体流出，然后将上层液体从上口流出，故 B 错误；

C. HCl 极易溶于水，倒置的漏斗能防止倒吸，所以该操作正确，故 C 正确；

D. 酸溶液应该用酸式滴定管盛放，所以盐酸应该盛放在酸式滴定管中，图中滴定管为碱式滴定管，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题考查实验装置综合，侧重考查分析、判断及知识综合运用能力，明确实验原理、元素化合物的性质、实验操作规范性是解本题关键，题目难度不大。

9. (3分) 下列实验操作及其现象与对应结论不匹配的是 ()

选项	实验操作及其现象	结论
A	将 CO 与水蒸气通过炽热的催化剂，所得气体通入澄清石灰水，溶液变浑浊	水蒸气有氧化性
B	将新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 加入葡萄糖溶液中，加热至沸腾，有砖红色沉淀产生	葡萄糖具有还原性
C	将 NaBiO_3 固体加入酸性 MnSO_4 溶液中，充分振荡，溶液变为紫红色	NaBiO_3 有氧化性
D	有 FeCl_3 溶液和 KSCN 溶液混合后，滴加 H_2O_2 溶液，溶液变为红色	H_2O_2 有还原性

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

【分析】A. 将 CO 与水蒸气通过炽热的催化剂，所得气体通入澄清石灰水，溶液变浑浊，说明有 CO_2 生成，则 CO 和 H_2O 反应生成 CO_2 ，该反应中 C 元素化合价由+2 价变为+4 价、 H_2O 中 H 元素化合价由+1 价变为 0 价， H_2O 作氧化剂；

B. $-\text{CHO}$ 能和新制氢氧化铜悬浊液发生氧化反应生成砖红色沉淀 Cu_2O ，反应中 Cu 元素化合价由+2 价变为+1 价，葡萄糖作还原剂、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 作氧化剂；

C. 将 NaBiO_3 固体加入酸性 MnSO_4 溶液中，充分振荡，溶液变为紫红色，说明有 KMnO_4 生成，Mn 元素化合价由+2 价变为+7 价，则 MnSO_4 作还原剂， NaBiO_3 作氧化剂；

D. FeCl_3 和 KSCN 反应生成络合物 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 而使溶液变为红色, 且 FeCl_3 能促进 H_2O_2 分解。

【解答】解: A. 将 CO 与水蒸气通过炽热的催化剂, 所得气体通入澄清石灰水, 溶液变浑浊, 说明有 CO_2 生成, 则 CO 和 H_2O 反应生成 CO_2 , 该反应中 C 元素化合价由+2 价变为+4 价、 H_2O 中 H 元素化合价由+1 价变为 0 价, H_2O 作氧化剂, H_2O 体现氧化性, 故 A 正确;

B. $-\text{CHO}$ 能和新制氢氧化铜悬浊液发生氧化反应生成砖红色沉淀 Cu_2O , 反应中 Cu 元素化合价由+2 价变为+1 价, 葡萄糖作还原剂、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 作氧化剂, 葡萄糖体现还原性, 故 B 正确;

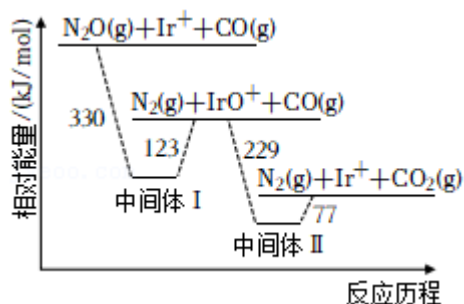
C. 将 NaBiO_3 固体加入酸性 MnSO_4 溶液中, 充分振荡, 溶液变为紫红色, 说明有 KMnO_4 生成, Mn 元素化合价由+2 价变为+7 价, 则 MnSO_4 作还原剂, NaBiO_3 作氧化剂, NaBiO_3 体现氧化性, 故 C 正确;

D. FeCl_3 和 KSCN 反应生成络合物 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 而使溶液变为红色, 且 FeCl_3 能促进 H_2O_2 分解, 现象和结论不匹配, 故 D 错误;

故选: D。

【点评】 本题考查化学实验方案评价, 侧重考查分析、判断及知识综合运用能力, 明确元素化合物的性质、物质之间的反应、氧化性和还原性判断方法是解本题关键, 题目难度不大。

10. (3 分) “天朗气清, 惠风和畅。” 研究表明, 利用 Ir^+ 可催化消除大气污染物 N_2O 和 CO , 简化中间反应进程后, 相对能量变化如图所示。已知 $\text{CO}(\text{g})$ 的燃烧热 $\Delta H = -283\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则 $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 的反应热 ΔH ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) 为 ()



A. -152

B. -76

C. +76

D. +152

【分析】 CO 的燃烧热 $\Delta H = -283\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则 $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \Delta H_1 = -283\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ①, 根据图得 $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \Delta H_2 = (-330 + 123$

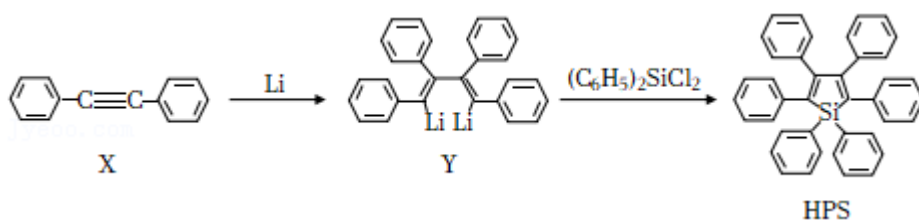
- 229+77) kJ/mol = - 359kJ/mol②，根据盖斯定律得，反应 (② - ①) × 2 得 2N₂O (g) = 2N₂ (g) + O₂ (g)，ΔH = (ΔH₂ - ΔH₁) × 2。

【解答】解：CO 的燃烧热 ΔH = - 283kJ·mol⁻¹，则 CO (g) + $\frac{1}{2}$ O₂ (g) = CO₂ (g) ΔH₁ = - 283kJ·mol⁻¹①，根据图得 N₂O (g) + CO (g) = N₂ (g) + CO₂ (g) ΔH₂ = (- 330+123 - 229+77) kJ/mol = - 359kJ/mol②，根据盖斯定律得，反应 (② - ①) × 2 得 2N₂O (g) = 2N₂ (g) + O₂ (g)，ΔH = (ΔH₂ - ΔH₁) × 2 = [(- 359+283) × 2] kJ/mol = - 152kJ/mol，

故选：A。

【点评】本题考查盖斯定律的计算，侧重考查阅读、分析、判断及计算能力，明确盖斯定律含义、图中方程式的焓变计算方法是解本题关键，题目难度不大。

11. (3分) 我国化学家开创性提出聚集诱导发光 (AIE) 概念，HPS 作为经典的 AIE 分子，可由如图路线合成：



下列叙述正确的是 ()

- A. X 中苯环上的一溴代物有 5 种
- B. 1molX 最多与 7molH₂ 发生加成反应
- C. 生成 1molHPS 同时生成 1molLiCl
- D. HPS 可使酸性高锰酸钾溶液褪色

【分析】A. X 的苯环上含有几种氢原子，其苯环上的一溴代物就有几种；
 B. 苯环和氢气以 1: 3 发生加成反应，碳碳三键和氢气以 1: 2 发生加成反应；
 C. 根据原子守恒知，生成 1molHPS 同时生成 2molLiCl；
 D. 碳碳双键能被酸性高锰酸钾溶液氧化而使酸性高锰酸钾溶液褪色。

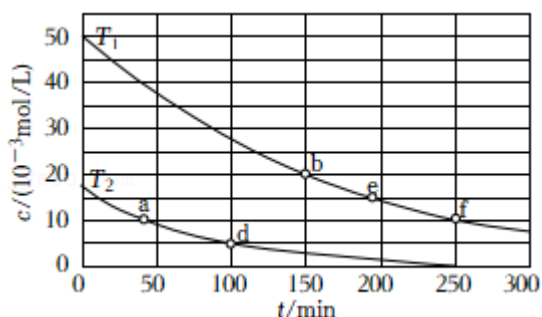
【解答】解：A. X 的苯环上含有 3 种氢原子，其苯环上的一溴代物有 3 种，故 A 错误；
 B. 苯环和氢气以 1: 3 发生加成反应，碳碳三键和氢气以 1: 2 发生加成反应，X 分子中含有 2 个苯环、1 个碳碳三键，所以 1molX 最多消耗 8mol 氢气，故 B 错误；
 C. 根据原子守恒知，生成 1molHPS 同时生成 2molLiCl，故 C 错误；

D. 碳碳双键能被酸性高锰酸钾溶液氧化而使酸性高锰酸钾溶液褪色，HPS 中含有碳碳双键，所以 HPS 能使酸性高锰酸钾溶液褪色，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查有机物的结构和性质，侧重考查基础知识的掌握和灵活运用能力，明确官能团及其性质的关系是解本题关键，题目难度不大。

12. (3分) 甲异腈 (CH_3NC) 在恒容密闭容器中发生异构化反应： $\text{CH}_3\text{NC}(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CN}(\text{g})$ ，反应过程中甲异腈浓度 c 随时间 t 的变化曲线如图所示 (图中 T 为温度)。该反应的反应速率 v 与 c 的关系为 $v=kc$ ， k 为速率常数 (常温下为常数)， a 点和 b 点反应速率相等，即 $v(a) = v(b)$ 。下列说法错误的是 ()



- A. bf 段的平均反应速率为 $1.0 \times 10^{-4} \text{mol}(\text{L} \cdot \text{min})$
 B. a 点反应物的活化分子数多于 d 点
 C. $T_1 > T_2$
 D. $3v(d) = 2v(e)$

【分析】A. 反应速率 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$;

B. a 点物质浓度大于与 d 点，反应速率大于 d 点；

C. a 点和 b 点反应速率相等，即 $v(a) = v(b)$ ，说明 $T_1 < T_2$ ；

D. 计算反应速率 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ 分析化学反应速率关系。

【解答】解：A. bf 段甲异腈浓度变化 $= 20 \times 10^{-3} \text{mol/L} - 10 \times 10^{-3} \text{mol/L} = 1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ ，平均反应速率 $= \frac{1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}}{250 \text{min} - 150 \text{min}} = 1.0 \times 10^{-4} \text{mol}(\text{L} \cdot \text{min})$ ，故 A 正确；

B. a 点物质浓度大于与 d 点，反应速率 a 点大， a 点反应物的活化分子数多于 d 点，故 B 正确；

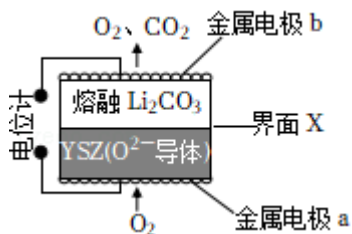
C. a 点和 b 点反应速率相等，即 $v(a) = v(b)$ ， a 点反应时间小于 b 点，说明 $T_1 < T_2$ ，故 C 错误；

$$D. v(d) = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{100 \text{ min}} = 5 \times 10^{-5} \text{ mol (L/min)}, v(e) = \frac{15 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{200 \text{ min}} = 7.5 \times 10^{-5} \text{ mol (L/min)}, \frac{v(d)}{v(e)} = \frac{5 \times 10^{-5}}{7.5 \times 10^{-5}} = \frac{2}{3}, 3v(d) = 2v(e), \text{ 故 D 正确;}$$

故选：C。

【点评】 本题考查了化学反应速率的影响因素分析、反应速率的计算应用，注意图象变化的理解应用，题目难度不大。

13. (3分) CO₂ 电化学传感器是将环境中 CO₂ 浓度转变为电信号的装置，工作原理如图所示，其中 YSZ 是固体电解质，当传感器在一定温度下工作时，在熔融 Li₂CO₃ 和 YSZ 之间的界面 X 会生成固体 Li₂O。下列说法错误的是 ()



- A. CO₃²⁻ 迁移方向为界面 X → 电极 b
 B. 电极 a 上消耗的 O₂ 和电极 b 上产生的 CO₂ 的物质的量之比为 1:1
 C. 电极 b 为负极，发生的电极反应为 2CO₃²⁻ - 4e⁻ = O₂ ↑ + 2CO₂ ↑
 D. 电池总反应为 Li₂CO₃ = Li₂O + CO₂ ↑

【分析】 由图可知，a 极为正极，电极反应式为 O₂ + 4e⁻ = 2O²⁻，b 极为负极，电极反应式为 2CO₃²⁻ - 4e⁻ = O₂ ↑ + 2CO₂ ↑，据此作答。

【解答】 解：A. 碳酸根离子在负极 (b) 失电子，故 CO₃²⁻ 迁移方向为界面 X → 电极 b，故 A 正确；

B. 当电路中转移 4mol 电子时，a 极消耗 1mol 氧气，b 极生成 2mol 二氧化碳，电极 a 上消耗的 O₂ 和电极 b 上产生的 CO₂ 的物质的量之比为 1:2，故 B 错误；

C. b 极氧元素价态升高失电子为负极，电极反应式为 2CO₃²⁻ - 4e⁻ = O₂ ↑ + 2CO₂ ↑，故 C 正确；

D. a 极生成氧离子，b 极碳酸根离子放电，在熔融 Li₂CO₃ 和 YSZ 之间的界面 X 会生成固体 Li₂O，故总反应为 Li₂CO₃ = Li₂O + CO₂ ↑，故 D 正确；

故选：B。

【点评】 本题考查原电池原理，题目难度中等，能依据图象和题目信息准确判断正负极是解题的关键，难点是电极反应式的书写。

14. (3分) 下列叙述正确的是 ()

- A. 向氨水中加入醋酸使溶液呈酸性，则 $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$
- B. 向 NH_4Cl 溶液中加入少量 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 固体，则水的电离程度减小
- C. 向 Na_2CO_3 溶液中滴加盐酸至 $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{Cl}^-)$ ，则 $c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
- D. 向 $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 磷酸中加水至原体积的两倍，则 $c(\text{H}^+) > 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

【分析】 A. 溶液呈酸性，则 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，结合电荷守恒判断；

B. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 中铝离子在溶液中会发生水解反应，水解过程是对水的电离的促进；

C. 根据钠离子和氯离子之间量的关系确定发生的反应，找到碳酸的来源进行判断即可；

D. 磷酸是弱酸，不能完全电离，据此回答。

【解答】 解：A. 向氨水中加入醋酸使溶液呈酸性， $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，根据电荷守恒： $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ ，得到 $c(\text{NH}_4^+) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ ，故 A 错误；

B. 溶液中加入少量 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 固体， $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 中铝离子在溶液中会发生水解反应，对水的电离起到促进作用，水的电离程度增大，故 B 错误；

C. 向 Na_2CO_3 溶液中滴加盐酸至 $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{Cl}^-)$ ，即 $n(\text{Na}^+) = 2n(\text{Cl}^-)$ ，得到 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{1}{2}n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-) = n(\text{HCl})$ ，发生反应： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$ ， H_2CO_3 来自于 HCO_3^- 的微弱水解，所以 $c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}_2\text{CO}_3)$ ，故 C 正确；

D. 向 $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 磷酸中加水至原体积的两倍，稀释后 $c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.1\text{mol/L}$ ，磷酸是弱酸，电离程度很小，所以 $c(\text{H}^+) < 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，故 D 错误；

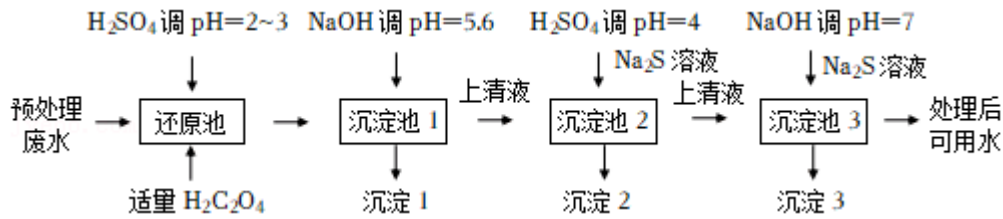
故选：C。

【点评】 本题考查盐的水解原理以及应用知识，题目难度中等，注意掌握电荷守恒、物料守恒及盐的水解原理在判断离子浓度大小中的应用方法，试题培养了学生的灵活应用能力。

二、非选择题：本题包含必考题和选考题，共 58 分。(一) 必考题 (共 43 分)

15. (14分) 电镀在工业生产中具有重要作用，某电镀厂生产的废水经预处理后含有 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

和少量的 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} ，能够采用如图流程进行逐一分离，实现资源再利用。



已知： $K_{sp}(\text{CuS}) = 6.3 \times 10^{-36}$ 和 $K_{sp}(\text{NiS}) = 3.0 \times 10^{-19}$

回答下列问题：

- (1) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 中 Cr 元素的化合价为 +6。
- (2) 还原池中有 Cr^{3+} 生成，反应的离子方程式为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$ 。
- (3) 沉淀 1 为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，其性质与 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 相似，则 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 与 NaOH 溶液反应的化学方程式 $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{NaCrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。
- (4) Na_2S 溶液呈碱性的原因是 $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$ (用离子方程式表示)，沉淀 2 为 CuS 。
- (5) 若废水中还含有 Cd^{2+} ， $\text{pH}=4$ 时 Cd^{2+} 的浓度为 $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，用该结果说明 Cd^{2+} 影响上述流程进行分离的原因是 在沉淀池 2 中进行的沉淀 Cu^{2+} 反应需要调节溶液体系 $\text{pH}=4$ ，经过计算可以发现此时 $c(\text{Cd}^{2+}) < 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ，可以认为 Cd^{2+} 与 Cu^{2+} 此时均完全沉淀，即沉淀 2 是 CuS 和 CdS 的混合物而无法准确分离开 (设 H_2S 平衡浓度为 $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。已知： H_2S 的 $K_1 = 1.0 \times 10^{-7}$ ， $K_2 = 7.0 \times 10^{-15}$ ， $K_{sp}(\text{CdS}) = 7.0 \times 10^{-27}$)

【分析】某电镀厂生产的废水经预处理后含有 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 和少量的 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} ，向废水中加入适量 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，调节溶液的 $\text{pH}=2\sim 3$ ， $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 具有强氧化性，草酸具有还原性，还原池中有 Cr^{3+} 生成，所以还原池中发生的氧化还原反应离子方程式为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$ ，向沉淀池 1 中加入 NaOH ，调节溶液的 $\text{pH}=5\sim 6$ ，沉淀 1 为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，则发生的离子反应方程式为 $\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow$ ，向沉淀池 2 中加入 Na_2S 溶液，调节溶液的 $\text{pH}=4$ ，根据溶度积常数知，先生成 CuS 沉淀，所以沉淀 2 为 CuS ，向沉淀池 3 中加入 Na_2S 溶液，调节溶液的 $\text{pH}=7$ ，沉淀 3 为 NiS 沉淀。

【解答】解：(1) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 中 O 元素化合价为 -2 价，设 Cr 元素的化合价为 x，则存在

$2x + (-2) \times 7 = -2$ ，则 Cr 元素的化合价为+6，

故答案为：+6；

(2) 通过以上分析知，还原池中有 Cr^{3+} 生成，反应的离子方程式为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$ ；

(3) 沉淀 1 为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，其性质与 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 相似，根据 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 NaOH 反应方程式书写 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 与 NaOH 溶液反应的化学方程式为 $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{NaCrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{NaCrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(4) Na_2S 为强碱弱酸盐， S^{2-} 水解导致溶液呈碱性， Na_2S 溶液呈碱性的原因是 $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$ ，通过以上分析知，沉淀 2 为 CuS ，

故答案为： $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$ ； CuS ；

(5) H_2S 的 $K_1 = \frac{c(\text{HS}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{S})}$ 、 $K_2 = \frac{c(\text{S}^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HS}^-)}$ ， $K_1 \times K_2 =$

$\frac{c(\text{HS}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{S})} \times \frac{c(\text{S}^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HS}^-)} = \frac{c(\text{S}^{2-}) \cdot c^2(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{S})}$ ，则 $c(\text{S}^{2-}) =$

$\frac{K_1 \times K_2 \times c(\text{H}_2\text{S})}{c^2(\text{H}^+)} = \frac{1.0 \times 10^{-7} \times 7.0 \times 10^{-15} \times 1.0 \times 10^{-6}}{(10^{-4})^2} \text{mol/L} = 7.0 \times 10^{-7}$

mol/L ， $c(\text{Cd}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CdS})}{c(\text{S}^{2-})} = \frac{7.0 \times 10^{-27}}{7.0 \times 10^{-20}} \text{mol/L} = 1.0 \times 10^{-7} \text{mol/L}$ ，在沉淀池 2

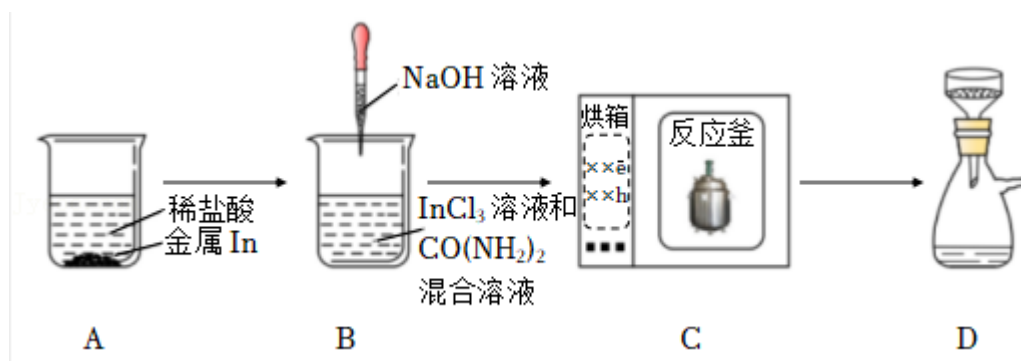
中进行的沉淀 Cu^{2+} 反应需要调节溶液体系 $\text{pH}=4$ ，此时 $c(\text{Cd}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-7} \text{mol/L} < 1.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ ，可以认为 Cd^{2+} 与 Cu^{2+} 此时均完全沉淀，则沉淀 2 为 CuS 和 CdS 的混合物，无法准确分离开，

故答案为： $1.0 \times 10^{-7} \text{mol/L}$ ；在沉淀池 2 中进行的沉淀 Cu^{2+} 反应需要调节溶液体系 $\text{pH}=4$ ，经过计算可以发现此时 $c(\text{Cd}^{2+}) < 1.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ ，可以认为 Cd^{2+} 与 Cu^{2+} 此时均完全沉淀，即沉淀 2 是 CuS 和 CdS 的混合物而无法准确分离开。

【点评】 本题考查物质分离提纯和物质制备，侧重考查阅读、分析、判断及计算能力，明确流程图中各物质成分及其性质、可能发生的反应是解本题关键，难点是 (5) 题有关计算，题目难度中等。

16. (15 分) 立方体形的三氧化二铟 (In_2O_3)，具有良好的气体传感性能。研究小组用水热

法（密闭反应釜中以水作溶剂的高温高压条件下的化学制备方法）制备该 In_2O_3 ，其主要实验过程及装置示意图如图所示。



回答下列问题：

(1) 前驱体的制备

① 实验中使用的 NaOH 溶液盛装在 带橡皮塞 的试剂瓶中（填“带橡皮塞”或“带玻璃塞”）。

② A 装置中的反应现象是 金属溶解，有无色气泡产生；为加快金属 In 的溶解，可采取的措施有 将金属 In 磨成粉末状增大固液接触面积、增加稀盐酸浓度、升高溶液体系温度、设计成金属 In 为负极的原电池（写出两条即可）。

③ B 装置中，滴加 NaOH 溶液调节 $\text{pH}=3.02$ ，测定 pH 需用仪器名称是 pH 计。

④ C 装置中， $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 与水反应生成两种气体，其中酸性气体是 CO_2 ，另一种气体与 InCl_3 溶液反应生成前驱体的化学方程式为 $\text{InCl}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{In}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$ 。

⑤ D 装置减压过滤时，用蒸馏水洗涤前驱体，判断前驱体洗净的实验操作和现象是 取最后一次的前驱体洗涤液于试管中，滴加少量硝酸酸化的硝酸银溶液，若未观察到白色沉淀生成，则证明前驱体已经洗净干净。

(2) In_2O_3 的制备

将前驱体煅烧得 In_2O_3 ，反应的化学方程式为 $2\text{In}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{In}_2\text{O}_3 + 4\text{HCl}$ 。

(3) 有研究发现，其它方法制备的 $\text{In}(\text{OH})_3$ 经煅烧得 In_2O_3 的过程中存在两步失重，第二步失重 5.40%，推断中间产物中 In 的质量分数为 73.25%（保留小数点后两位）。

【分析】(1) ① NaOH 会与玻璃塞磨砂口裸露的 SiO_2 反应，应盛装在带橡皮塞的试剂瓶

中；

②根据 B 中生成了 InCl_3 可知，A 中 In 与盐酸反应置换出了氢气，会溶解，将金属 In 磨成粉末状增大固液接触面积、增加稀盐酸浓度、升高溶液体系温度、设计成金属 In 为负极的原电池等，都可以加快反应速率；

③测得 $\text{pH}=3.02$ ，精确到了 0.01，需用的仪器为：pH 计；

④根据 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 与水所含元素分析，其中酸性气体应为 CO_2 ；另一种气体应为 NH_3 ；

⑤判断前驱体洗净看是否有 NH_4Cl 残留，可通过检验 Cl^- 验证，滴加少量硝酸酸化的硝酸银溶液检验；

(2) 将前驱体煅烧得 In_2O_3 、 HCl ；

(3) 制备的 $\text{In}(\text{OH})_3$ 经煅烧得 In_2O_3 的过程中存在两步失重，第二步失重 5.40%，质量分数为 $\frac{114}{(114+3 \times 17) - (114+3 \times 17) \times 0.054} \times 100\% = 73.25\%$ 。

【解答】解：(1) ①NaOH 会与玻璃塞磨砂口裸露的 SiO_2 反应，故实验中使用的 NaOH 溶液应盛装在带橡皮塞的试剂瓶中，

故答案为：带橡皮塞；

②根据 B 中生成了 InCl_3 可知，A 中 In 与盐酸反应置换出了氢气，故 A 装置中的反应现象是金属溶解，有无色气泡产生；将金属 In 磨成粉末状增大固液接触面积、增加稀盐酸浓度、升高溶液体系温度、设计成金属 In 为负极的原电池等，都可以加快反应速率，故答案为：金属溶解，有无色气泡产生；将金属 In 磨成粉末状增大固液接触面积、增加稀盐酸浓度、升高溶液体系温度、设计成金属 In 为负极的原电池；

③测得 $\text{pH}=3.02$ ，精确到了 0.01，故测定 pH 需用的仪器为：pH 计，

故答案为：pH 计；

④根据 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 与水所含元素分析，其中酸性气体应为 CO_2 ；另一种气体应为 NH_3 ，前驱体是获得目标产物前的一种存在形式， NH_3 与 InCl_3 溶液反应生成前驱体的化学方程式为： $\text{InCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{In}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$ ，

故答案为： CO_2 ； $\text{InCl}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{In}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$ ；

⑤判断前驱体洗净看是否有 NH_4Cl 残留，可通过检验 Cl^- 验证，故实验操作和现象是：取最后一次的前驱体洗涤液于试管中，滴加少量硝酸酸化的硝酸银溶液，若未观察到白色沉淀生成，则证明前驱体已经洗净，

故答案为：取最后一次的前驱体洗涤液于试管中，滴加少量硝酸酸化的硝酸银溶液，若未观察到白色沉淀生成，则证明前驱体已经洗净干净；

(2) 将前驱体煅烧得 In_2O_3 ，反应的化学方程式为 $2\text{In}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{In}_2\text{O}_3 + 4\text{HCl}$ ，

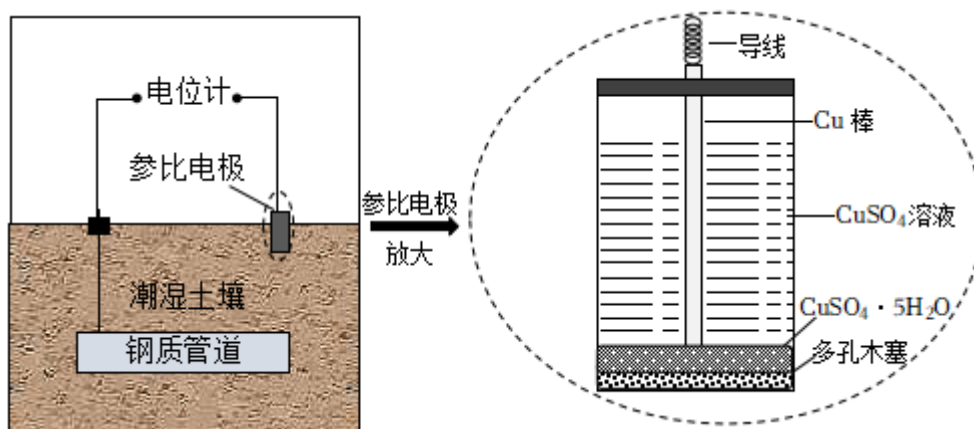
故答案为： $2\text{In}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{In}_2\text{O}_3 + 4\text{HCl}$ ；

(3) 中间产物中 In 的质量分数为 $\frac{114}{(114+3 \times 17) - (114+3 \times 17) \times 0.054} \times 100\% = 73.25\%$ ，

故答案为：73.25%。

【点评】 本题考查物质的制备实验方案设计，为高考常见题型和高频考点，侧重考查学生知识综合应用、根据实验目的及物质的性质进行分析、实验基本操作能力及实验方案设计能力，综合性较强，注意把握物质性质以及对题目信息的获取于使用，难度中等。

17. (14分) 含结晶水的无机物可应用在吸波材料、电极材料和相变储能材料等领域。胆矾 ($\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 是一种重要的结晶水合物。

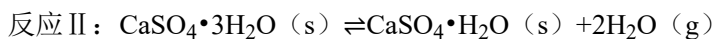
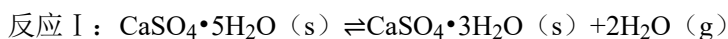


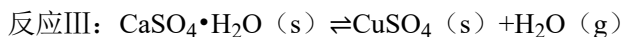
(1) 硫酸铜参比电极具有电位稳定的优点，可用于土壤环境中钢质管道的电位监测。测量的电化学原理如图所示。回答下列问题：

① 负极的电极反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ 。

② 测量后参比电极中 CuSO_4 溶液的浓度 不变 (填“变大”，“变小”或“不变”)。

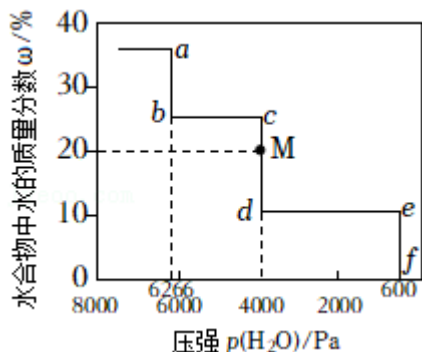
(2) 把胆矾放到密闭容器内，缓缓抽去其中的水气，胆矾分三次依次脱水，各步脱水过程为一系列的动态平衡，反应式如下 (脱水过程为吸热反应)。





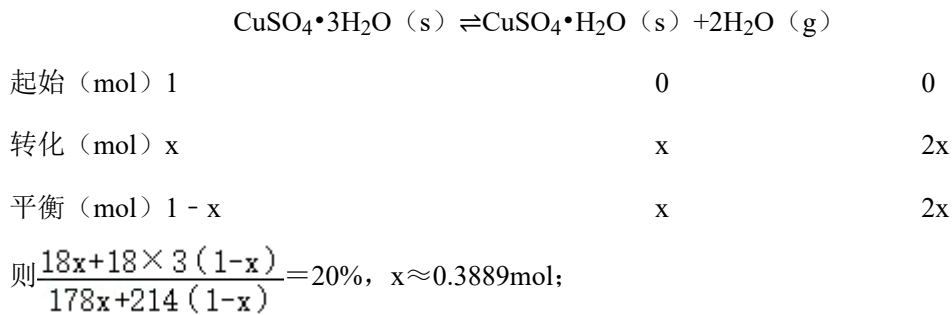
如图为 50°C 时水合物中水的质量分数 w 与压强 $p(\text{H}_2\text{O})$ 的关系图, 回答下列问题:

- ①用无水 CuSO_4 检验乙醇中含有微量水的现象是 乙醇呈现出蓝色。
- ②反应 I 对应的线段为 ab (填“ab”、“ed”或“ef”)。
- ③反应 II 的平衡常数 $K_p = \underline{1.6 \times 10^7} \text{ Pa}^2$ 。
- ④反应 III 在 60°C 和 50°C 的平衡压强 $p(\text{H}_2\text{O})$ 分别为 p_1 和 p_2 , 则 $p_2 \underline{>} p_1$ (填“>”、“<”或“=”)。
- ⑤当样品状态 c 点下网到 M 点, 体系存在的固体有 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 转化率为 38.89 % (保留小数点后两位)。
- ⑥25°C 时为了保持 $\text{CuSO}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体纯度, 可将其存在盛有大量 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体 (平衡压强 $p(\text{H}_2\text{O}) = 706 \text{ Pa}$) 的密闭容器中, 简述其理由 25°C 时 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 706 \text{ Pa}$, 低于反应 II 中平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 747 \text{ Pa}$, 且远远超过反应 III 中平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 107 \text{ Pa}$, 此时反应 II 的平衡正向移动得比较充分, 而反应 III 的平衡会大幅度逆向移动, 从而抑制 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的脱水, 有利于其保持纯度。



- 【分析】** (1) ①则 Fe 做负极材料, 失去电子生成 Fe^{2+} ;
- ②Cu 电极为正极, 电极反应式为: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$, 硫酸铜溶液的浓度不变;
- (2) ①无水 CuSO_4 遇水变为蓝色;
- ②反应 I 中水合物的质量分数最大;
- ③反应 II 中 $p(\text{H}_2\text{O}) = 4000 \text{ Pa}$, 反应 II: $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} (\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} (\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g})$, 列出平衡常数 $K_p = p^2(\text{H}_2\text{O})$;
- ④脱水过程为吸热反应, 则反应 III 温度升高平衡正向移动, 且正反应的总体积增大的反应, 则温度越高, 压强越大;
- ⑤c 点时固体为 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, d 点时固体为 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 则 M 点时固体为 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

和 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; M 点时水合物中水的质量分数为 20%, c 点到 M 点发生的反应为反应 II, 列出三段式如下:



⑥ 25°C 时 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 706 \text{Pa}$, 低于反应 II 中平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 747 \text{Pa}$, 此时反应 II 的平衡正向移动得比较充分, 而反应 III 的平衡会大幅度逆向移动, 有利于其保持纯度。

【解答】解: (1) ①钢制管道、参比电极、潮湿土壤构成原电池, 参比电极为 Cu 电极, 钢制管道为铁电极, 金属性 $\text{Fe} > \text{Cu}$, 则 Fe 做负极材料, 负极的电极反应式为: $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$,

故答案为: $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$;

②Cu 电极为正极, 电极反应式为: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 溶解与电解质溶液中, 此时硫酸铜溶液的浓度不变,

故答案为: 不变;

(2) ①无水 CuSO_4 遇水变为蓝色, 则用无水 CuSO_4 检验乙醇中含有微量水的现象是: 乙醇变为蓝色,

故答案为: 乙醇呈现出蓝色;

②反应 I 中水合物的质量分数最大, 符合条件的线段为 ab,

故答案为: ab;

③反应 II 中 $p(\text{H}_2\text{O}) = 4000 \text{Pa}$, 反应 II: $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} (\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} (\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g})$, 列出平衡常数 $K_p = p^2(\text{H}_2\text{O}) = (4000 \text{Pa})^2 = 1.6 \times 10^7$,

故答案为: 1.6×10^7 ;

④脱水过程为吸热反应, 则反应 III 温度升高平衡正向移动, 且正反应的总体积增大的反应, 则温度越高, 压强越大, 则 $p_1 > p_2$,

故答案为: $>$;

⑤c 点时固体为 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, d 点时固体为 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 则 M 点时固体为 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

和 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ；M 点时水合物中水的质量分数为 20%，c 点到 M 点发生的反应为反应 II，列出三段式如下：



起始 (mol)	1	0	0
转化 (mol)	x	x	2x
平衡 (mol)	1 - x	x	2x

则 $\frac{18x + 18 \times 3(1-x)}{178x + 214(1-x)} = 20\%$ ， $x \approx 0.3889\text{mol}$ ，可得转化率为 $\frac{0.3889\text{mol}}{1\text{mol}} \times 100\% =$

38.89%，

故答案为： $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ；38.89；

⑥ 25°C 时为了保持 $\text{CuSO}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体纯度，可将其存在盛有大量 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体[平衡压强 $p(\text{H}_2\text{O}) = 706\text{Pa}$]的密闭容器中，理由为 25°C 时 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 706\text{Pa}$ ，低于反应 II 中平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 747\text{Pa}$ ，且远远超过反应 III 中平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 107\text{Pa}$ ，此时反应 II 的平衡正向移动得比较充分，而反应 III 的平衡会大幅度逆向移动，从而抑制 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的脱水，有利于其保持纯度，

故答案为：25°C 时 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 706\text{Pa}$ ，低于反应 II 中平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 747\text{Pa}$ ，且远远超过反应 III 中平衡压强为 $p(\text{H}_2\text{O}) = 107\text{Pa}$ ，此时反应 II 的平衡正向移动得比较充分，而反应 III 的平衡会大幅度逆向移动，从而抑制 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的脱水，有利于其保持纯度。

【点评】 本题考查化学平衡的计算和电化学原理，为高考常见题型和高频考点，侧重考查学生知识综合应用、根据实验目的及物质的性质进行分析、实验基本操作能力及实验方案设计能力，综合性较强，注意把握物质性质以及对题目信息的获取与使用，难度中等。

三、选考题（共 15 分）[选修 3：物质结构与性质]（15 分）

18.（15 分）三磷酸腺苷（ATP）和活性氧类（如 H_2O_2 和 O_2^- ）可在细胞代谢过程中产生。

（1）ATP 的分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_5\text{O}_{13}\text{P}_3$ ，其中电负性最大的元素是 O，基态 N 原子

的电子排布图为 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\uparrow\uparrow \\ \hline 1s & 2s & 2p \\ \hline \end{array}$ 。

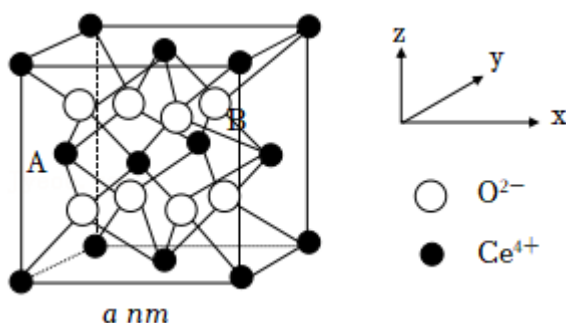
（2） H_2O_2 分子的氧原子的杂化轨道类型为： sp^3 ； H_2O_2 和 H_2O 能以任意比例互溶的原因是 水分子和过氧化氢分子同为极性分子，且相互之间可以形成氢键，互相吸引，

并且它们的结构相似，相似相溶，所以可以任意比例互溶。

(3) O_3 分子的立体构型为 V 形。根据下表数据判断氧原子之间的共价键最稳定的粒子是 O_2 。

粒子	O_2	O_2^-	O_3
键长/pm	121	126	128

(4) 研究发现纳米 CeO_2 可催化 O_2^- 分解， CeO_2 晶体属立方 CaF_2 型晶体结构如图所示。



①阿伏伽德罗常数的值为 N_A ， CeO_2 相对分子质量为 M ，晶体密度为 $\rho g \cdot cm^{-3}$ ，其晶胞

边长的计量表达式为 $a = \sqrt[3]{\frac{4M}{N_A \rho}} \times 10^7$ nm。

②以晶胞参数为单位长度建立的中标系可以表示晶胞中的原子位置，称作原子分数坐标。A 离子的坐标为 $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ，则 B 离子的坐标为 $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$ 。

③纳米 CeO_2 中位于晶粒表面的 Ce^{4+} 能发挥催化作用，在边长为 $2nm$ 的立方体晶粒中位于表面的 Ce^{4+} 最多有 50 个。

【分析】(1) 同周期元素电负性从左往右依次增大，同主族元素电负性从上往下依次减小；

基态 N 原子的电子排布图为： $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow\downarrow \quad 2p \uparrow \uparrow \uparrow$ ；

(2) H_2O_2 分子的结构为 $H-O-O-H$ ，氧原子含有两个 σ 键和两对孤电子对； H_2O_2 和 H_2O 能以任意比例互溶，这是由于水分子和过氧化氢分子同为极性分子，且相互之间可以形成氢键，互相吸引，并且它们的结构相似，相似相溶；

(3) O_3 分子与 NO_2^- 互为等电子体，构型相似；相同原子形成的共价键的键长越短，键能越大，越稳定；

(4) 该晶胞中含有 Ce^{4+} 个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，含有 O^{2-} 个数为 8。

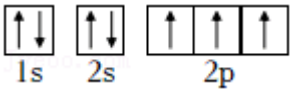
①阿伏伽德罗常数的值为 N_A ， CeO_2 相对分子质量为 M ，晶体密度为 $\rho g \cdot cm^{-3}$ ，则

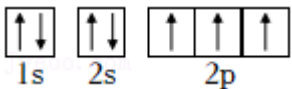
$$\rho = \frac{4M}{N_A (a \times 10^{-7})^3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3};$$

② A 离子位于晶胞左侧面心，坐标为 $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ，则位于晶胞体内，由上面心、后面心、右侧面心、右侧上后顶点的 Ce^{4+} 构成的正四面体中心的 B 离子的坐标为 $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$ ；

③ 在边长为 2nm 的立方体晶粒中，含有 8 个该立方晶胞，可看作上层四个、下层四个，则位于表面的 Ce^{4+} 最多有：晶胞面心的 4 个、四个晶胞共用的顶点 1 个在晶粒的面上，有 $5 \times 6 = 30$ ，顶点 8、棱心 12 个，共 50 个。

【解答】解：(1) ATP 的分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_5\text{O}_{13}\text{P}_3$ ，其中含有 C、H、N、O、P 等元素，同周期元素电负性从左往右依次增大，同主族元素电负性从上往下依次减小，故电负性

最大的元素是 O；基态 N 原子的电子排布图为：，

故答案为：O；；

(2) H_2O_2 分子的结构为 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ ，氧原子含有两个 σ 键和两对孤电子对，杂化轨道类型为 sp^3 ； H_2O_2 和 H_2O 能以任意比例互溶，这是由于水分子和过氧化氢分子同为极性分子，且相互之间可以形成氢键，互相吸引，并且它们的结构相似，相似相溶，

故答案为： sp^3 ；水分子和过氧化氢分子同为极性分子，且相互之间可以形成氢键，互相吸引，并且它们的结构相似，相似相溶，所以可以任意比例互溶；

(3) O_3 分子与 NO_2^- 互为等电子体，构型相似， NO_2^- 中 N 的价电子对数为 $\frac{5+1}{2} = 3$ ，是 sp^2 杂化，连接两个 O 原子，立体构型为 V 形，故 O_3 分子的立体构型也为 V 形；相同原子形成的共价键的键长越短，键能越大，越稳定，从表中数据可知， O_2 的键长最短，故最稳定的粒子是 O_2 ，

故答案为：V 形； O_2 ；

(4) 该晶胞中含有 Ce^{4+} 个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，含有 O^{2-} 个数为 8；

① 阿伏伽德罗常数的值为 N_A ， CeO_2 相对分子质量为 M，晶体密度为 $\rho \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，则

$$\rho = \frac{4M}{N_A (a \times 10^{-7})^3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}, \text{ 则晶胞边长的计量表达式为 } a = \sqrt[3]{\frac{4M}{N_A \rho}} \times 10^7 \text{ nm},$$

故答案为： $\sqrt[3]{\frac{4M}{N_A \rho}} \times 10^7$ ；

②A 离子位于晶胞左侧面心，坐标为 $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ，则位于晶胞体内，由上面心、后面心、右侧面心、右侧上后顶点的 Ce^{4+} 构成的正四面体中心的 B 离子的坐标为 $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$ ，

故答案为： $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$ ；

③在边长为 $2anm$ 的立方体晶粒中，含有 8 个该立方晶胞，可看作上层四个、下层四个，则位于表面的 Ce^{4+} 最多有：晶胞面心的 4 个、四个晶胞共用的顶点 1 个在晶粒的面上，有 $5 \times 6 = 30$ ，顶点 8、棱心 12 个，共 50 个，

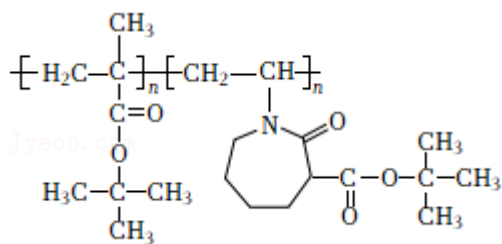
故答案为：50。

【点评】 本题主要考查电子排布图、电负性、晶胞的计算、氢键、简单离子或分子的空间构型等知识，题目难度一般。

[选修 5：有机化学基础]

19. 光刻胶是集成电路微细加工技术中的重要化工材料。某成膜树脂 F 是 248nm 光刻胶的组成部分，对光刻胶性能起关键作用。

(1) F 由单体 I 和单体 II 合成，其结构简式如图所示：

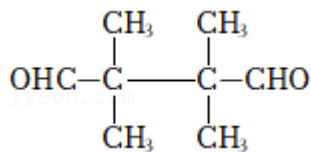


F 中官能团的名称为酰胺基和 酯基，生成 F 的反应类型为 加聚反应。

(2) 单体 I 的分子式为 $C_8H_{14}O_2$

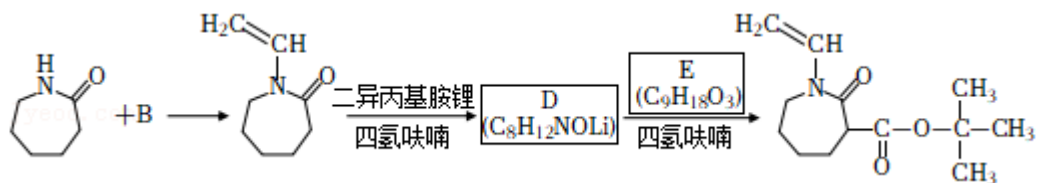
①单体的结构简式为 $CH_2=C(CH_3)COOC(CH_3)_3$ 。

②单体 I 的同分异构体 G 能发生银镜反应，核磁共振氢谱有两组峰（峰面积比为 6:

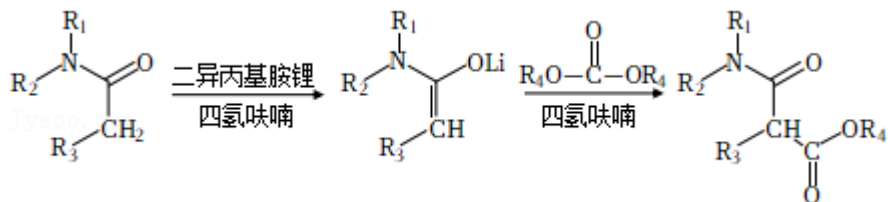


1)，则 G 的结构简式为 $OHC-C(CH_3)_2-C(CH_3)_2-CHO$ 。

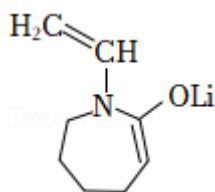
(3) 单体 II 的一种合成路线如图（部分试剂及反应条件省略）



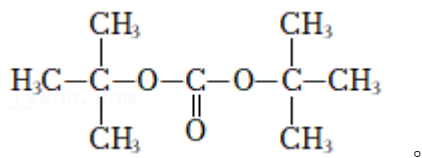
已知以下信息：



① $A+B \rightarrow C$ 为加成反应，则 B 的化学名称为 乙炔。



② D 的结构简式为 _____，E 的结构简式为

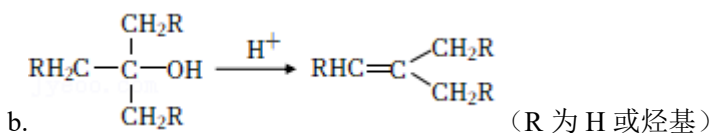
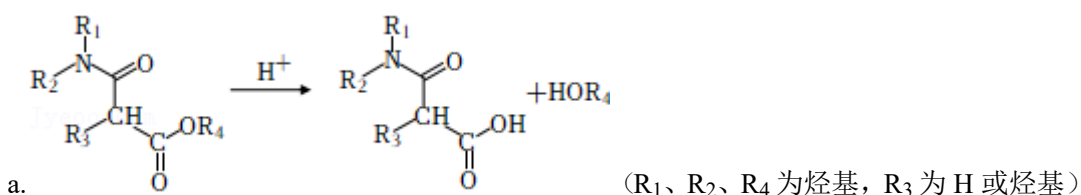


③ E 的同分异构体能同时满足以下两个条件的有 6 个（不考虑立体异构体）。

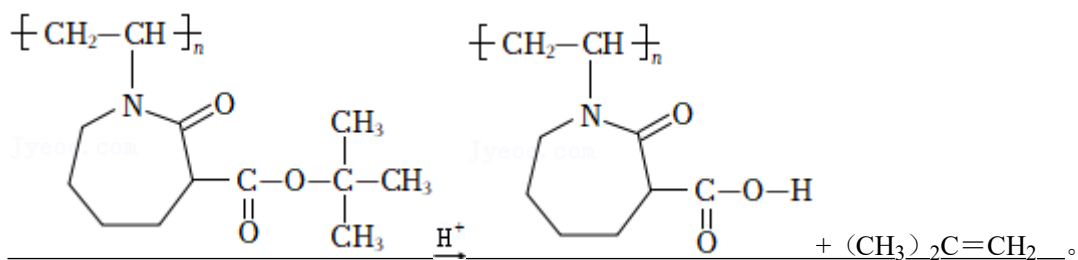
(i) 含有环己烷基，环上只有 3 个取代基且相同；

(ii) 能与金属钠反应放出氢气

④ 已知以下信息：



单体 II 的加聚产物在酸性介质中发生反应的化学方程式为

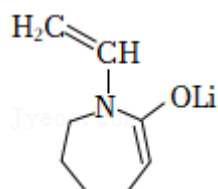


【分析】(1) F 中官能团的名称为酰胺基和酯基，F 为加聚反应产物；

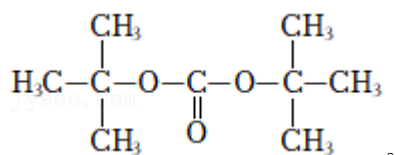
(2) ①根据 I 的分子式知，I 中含有 8 个碳原子，据此判断 I 单体的结构简式；

②单体 I 的同分异构体 G 能发生银镜反应，说明含有醛基，核磁共振氢谱有两组峰（峰面积比为 6：1），则 G 中含有 2 个醛基和 4 个甲基；

(3) 根据 B 反应后结构简式知，B 为 $\text{HC}\equiv\text{CH}$ ，生成 D 的反应为信息中的反应，D 为



，D 和 E 发生信息中的反应，根据生成物结构简式知，E 为



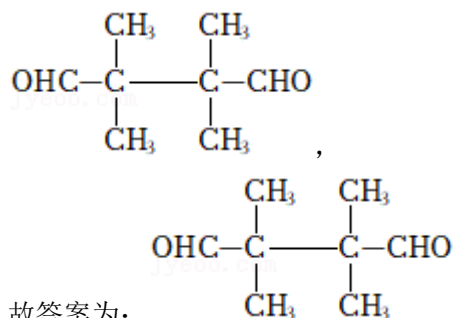
【解答】解：(1) F 中官能团的名称为酰胺基和酯基，F 为加聚反应产物，所以生成 F 的反应为加聚反应，

故答案为：酯基；加聚反应；

(2) ①根据 I 的分子式知，I 单体的结构简式为 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOC}(\text{CH}_3)_3$ ，

故答案为： $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOC}(\text{CH}_3)_3$ ；

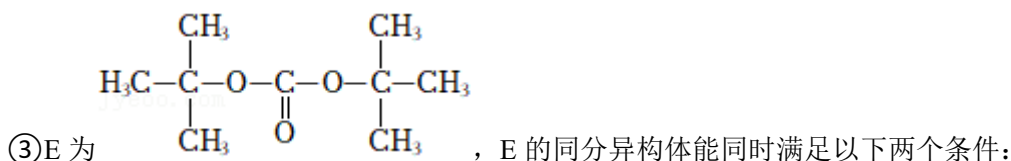
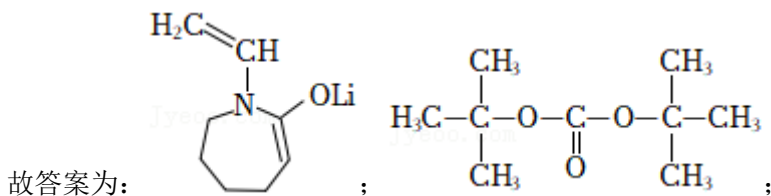
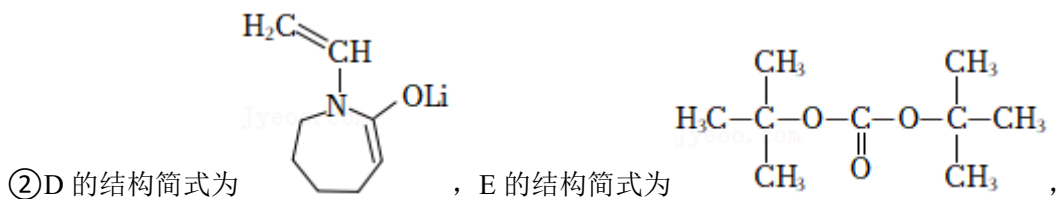
②单体 I 的同分异构体 G 能发生银镜反应，说明含有醛基，核磁共振氢谱有两组峰（峰面积比为 6：1），则 G 中含有 2 个醛基和 4 个甲基，G 的结构简式为



故答案为：

(3) ① $\text{A}+\text{B}\rightarrow\text{C}$ 为加成反应，B 为 $\text{HC}\equiv\text{CH}$ ，则 B 的化学名称为乙炔，

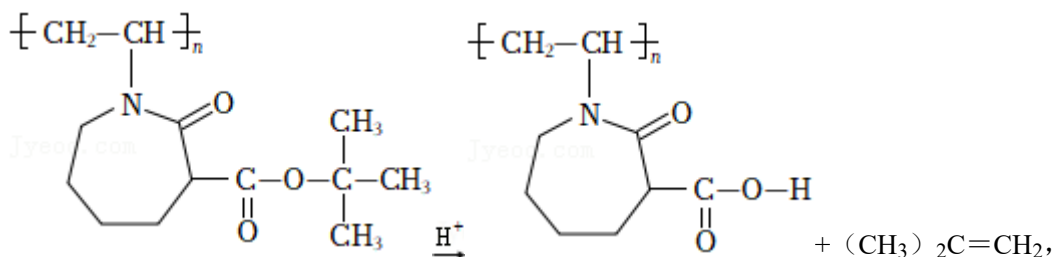
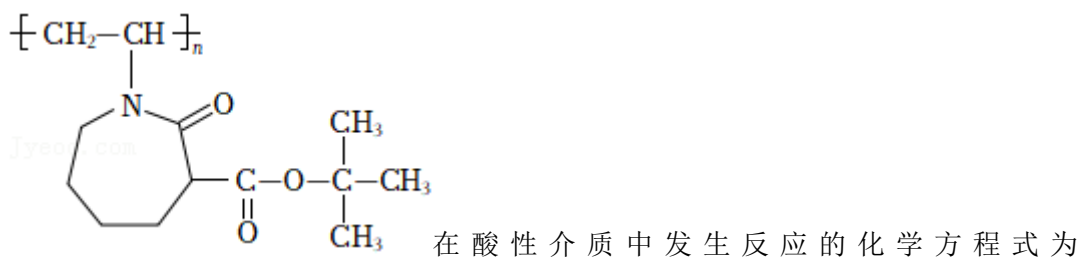
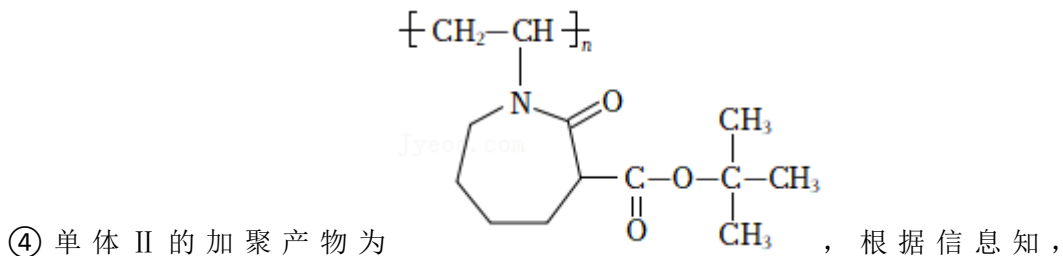
故答案为：乙炔；

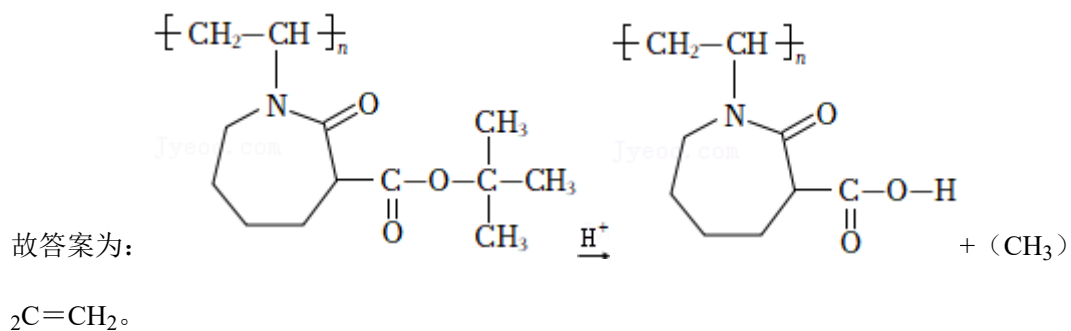


(i) 含有环己烷基, 环上只有 3 个取代基且相同;

(ii) E 的不饱和度是 1, 环己烷的不饱和度是 1, 能与金属钠反应放出氢气, 则符合条件的同分异构体中含有醇羟基, 环上的 3 个取代基相同, 应该为 3 个 $-CH_2OH$, 如果 2 个 $-CH_2OH$ 位于同一个碳原子上, 另一个 $-CH_2OH$ 有 3 种位置异构; 如果 3 个 $-CH_2OH$ 位于不同碳原子上, 有 3 种位置异构, 所以符合条件的同分异构体有 6 种,

故答案为: 6;





【点评】 本题考查有机合成，侧重考查分析、判断及知识综合运用能力，明确官能团及其性质的关系、正确推断各物质的结构简式是解本题关键，注意题给信息的理解和灵活运用，题目难度中等。