

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
答案	D	A	B	A	B	A	D	C	C	B	D	D	C	D	D

1. D 【常规考点】化学与生活

【深度解析】核酸、纤维素是天然有机高分子化合物,聚酯、尼龙不是天然有机高分子化合物,A 错误;酚醛树脂是由酚类和醛类缩聚而成的高分子化合物,不含酯基,不属于聚酯,B 错误;根据尼龙-66 的结构简式可知,其单体为己二胺和己二酸,C 错误;利用植绒技术将聚酯和尼龙制成小刷子,增大了比表面积,能够更好地吸附病原体,D 正确。

2. A 【常规考点】化学用语与物质结构

【深度解析】 NH_3 的中心原子 N 的 σ 键电子对数为 3,孤电子对数为 1,N 原子为 sp^3 杂化,其 VSEPR 模型为四面体形,A 正确;As 元素位于第四周期第 V A 族,其基态原子的电子排布式为 $[\text{Ar}] 3\text{d}^{10} 4\text{s}^2 4\text{p}^3$, B 错误;书写电子式时相同的离子不能合并, MgCl_2 的电子式应为

$[\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}]^-\text{Mg}^{2+}[\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}]^-$, C 错误;聚丙烯是由丙烯单体加聚而成的高

分子化合物,其结构简式为 $\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}_n$, D 错误。

3. B 【常规考点】化学与生活

【深度解析】暖宝宝的有效成分为铁粉、炭粉和电解质溶液,使用时发生原电池反应,铁粉被氧气氧化放出热量,将化学能转化为热能,A 正确;石墨烯本身不能发热,B 错误;过饱和醋酸钠溶液在受到震动时可迅速结晶,结晶过程放出热量,C 正确;自热米饭加热包中生石灰与水反应放热且生成强碱性的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,铝粉会与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液反应产生 H_2 , H_2 与空气混合遇明火可能会引起爆炸,使用时要注意远离明火,D 正确。

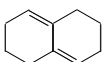
4. A 【经典题型】离子方程式的正误判断

【深度解析】在酸性条件下, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 具有强氧化性,能将乙醇氧化为乙酸,自身被还原为 Cr^{3+} , A 错误;“84 消毒液”的有效成分是 NaClO ,洁厕灵的有效成分是 HCl ,两者混合使用会发生归中反应生成有毒的 Cl_2 , B 正确;使用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液检验 Fe^{2+} ,生成



$\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 蓝色沉淀,题给离子方程式无误, C 正确;泡沫灭火器使用时, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液和 NaHCO_3 溶液混合, Al^{3+} 与 HCO_3^- 发生相互促进的水解反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 CO_2 , D 正确。

5. B 【常规考点】有机物的结构与性质

【深度解析】题给反应中的物质均含有碳碳双键,均能发生加成反应,与氢气的加成反应属于还原反应,均能被强氧化剂氧化, A 正确;共轭二烯烃两个双键处于相连的单键同侧时才能发生 Diels-Alder 反应,

 的两个双键在环上,难以移动到同侧,所以

不能与乙烯发生 Diels-Alder 反应, B 错误;  与  发生

Diels-Alder 反应,可能生成  和  两种

产物, **C 正确**; 可以利用 Diels-Alder 反应的正向反应分离出双烯体中含有的杂质, 然后利用逆向反应重新得到双烯体, 因此可以提纯双烯体, **D 正确**。

知识拓展 二烯烃根据两个双键的位置关系可以分为三类: 累积二烯烃(两个双键共用一个碳原子, 不稳定)、共轭二烯烃(两个双键之间有 1 个单键相隔)、孤立二烯烃(两个双键之间有 2 个或更多单键相隔)。

6. A 【常规考点】常见无机物的性质与转化关系

【深度解析】①向 FeSO_4 溶液中通入过量 Cl_2 , Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , 溶液中的溶质为 FeCl_3 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 加热蒸干过程中, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 不变, FeCl_3 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 HCl , HCl 、 Cl_2 从溶液中挥发, 再灼

关键点

烧使 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 分解生成 Fe_2O_3 , 最终得到 Fe_2O_3 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 的混合物。② Na_2O_2 与水反应生成 NaOH 和 O_2 , O_2 从溶液中逸出, NaOH

关键点

与 NaHCO_3 发生反应: $\text{NaOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 若 Na_2O_2 的量不足, 加热蒸干并灼烧过程中剩余的 NaHCO_3 发生反应:

$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$, 最终得到的固体是 Na_2CO_3 ;

若 Na_2O_2 恰好与 NaHCO_3 完全反应, 最终得到的固体是 Na_2CO_3 ;

若 Na_2O_2 过量, 溶液中有剩余的 NaOH , 最终得到的固体是 Na_2CO_3 和 NaOH 的混合物。③等体积等物质的量浓度的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液

和 BaCl_2 溶液混合, 恰好完全反应生成 NH_4Cl 和 BaSO_4 , 加热蒸干并灼烧使 NH_4Cl 分解为 NH_3 和 HCl 逸出, 最终得到的固体只有 BaSO_4 是纯净物。④向 Na_2SiO_3 溶液中通入过量的 CO_2 , 发生反应:

$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow$, 根据化学方程式可知 $n(\text{NaHCO}_3) = 2n(\text{H}_2\text{SiO}_3)$, 加热蒸干并灼烧时, NaHCO_3 转化为 Na_2CO_3 , H_2SiO_3 转化为 SiO_2 , 且 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{SiO}_2)$, 两者在

高温下恰好完全反应: $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$, 最终得到的固体只有 Na_2SiO_3 是纯净物。⑤向 NaI 和 NaBr 的混合溶液中通入过量 Cl_2 , 生成 NaCl 、 Br_2 和 I_2 , 加热蒸干并灼烧时, Cl_2 、 Br_2 挥发, I_2 升华, 最终得到的固体只有 NaCl 。⑥ CH_3COONa 和 NaOH 在溶液中不反应, 加热蒸干过程中, NaOH 抑制 CH_3COONa 的水解, 蒸干后得到等物质的量的 NaOH 和 CH_3COONa 的混合物, 两者在

加热时发生反应: $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CH}_4 \uparrow$, 最终得到的固体只有 Na_2CO_3 是纯净物。因此③④⑤⑥的最终残留固体一定是纯净物, **A 正确**。

关键点拨 解答本题的关键是从以下 3 个方面逐条分析: ①各物质在溶液中发生了哪些反应, ②溶液充分反应后所得物质在蒸干过程中发生了什么变化, ③蒸干后的固体在加热时是否会发生其他反应。

7. D 【新趋考点】原子、分子的结构

【深度解析】基态 N 原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$, 其中 $1s$ 、 $2s$ 轨道上的 2 个电子的空间运动状态分别相同, $2p$ 轨道上的电子有 3 种空间运动状态, 一共有 5 种空间运动状态, **A 错误**; 根据题给超分子的结构简式可知该超分子中存在极性键、非极性键和氢键, 该超分子中虽然 N、O 原子有孤电子对, 但没有能接受孤电子对的原子, 则不存在配位键, **B 错误**; 甲基中的 C 原子无孤电子对, 氨基中的 N 原子有 1 个孤电子对, 孤电子对与成键电子对之间的斥力强于成键电子对之间的斥力, 因此孤电子对的存在会使氨基中的键角减小, 则键角 $\angle \text{HCH}$ 大于 $\angle \text{HNH}$, **C 错误**; 该超分子中含有酰胺

关键点

键,在酸性、碱性条件下都能水解,且题给分子中含有一 NH_2 ,氨基能与酸反应,**D 正确**。

易错警示 注意区分电子的运动状态和空间运动状态。电子的运动状态是指电子的能层、能级、原子轨道、自旋状态,一个基态原子中的电子的运动状态种数与电子数相等。电子的空间运动状态不包括自旋,即一个基态原子中每一个填充了电子的原子轨道对应一种电子空间运动状态。

8. C 【重难点考点】二次电池的原理及应用

【深度解析】钠储量相对丰富,开采、提纯技术成熟,钠离子电池的生产成本比锂离子电池的生产成本低,**A 正确**;锂和钠均为第ⅠA族元素,1 mol Li^+ 和 Na^+ 定向移动均对应1 mol 电子的流动,因此当转移的电子数相等时,所需锂离子和钠离子的质量之比为7:23,则钠离子电池的能量密度比锂离子电池的低,**B 正确**;放电时,为原电池, Na^+ 从电势较低的负极移向电势较高的正极,但 Na^+ 并没有得电子发生还原反应,**C 错误**;该电池充电时,阳极连接外加电源的正极,发生氧化反应,Mn、Fe元素从+2价升高到+3价,其他元素化合价不变, Na^+ 从阳极脱嵌并移向阴极,**D 正确**。

9. C 【常规考点】元素推断与元素周期律

元素推断 短周期元素包括第一、二、三周期元素。由于X、Z、R分别位于三个不同周期,且原子半径 $r(\text{X}) < r(\text{Z}) < r(\text{R})$,可知X、Z、R分别位于第一、二、三周期。再根据题给结构中各原子的成键数目,可知X为H,Z为C,R为S。Y原子能形成2个共价键,且原子半径: $r(\text{Y}) < r(\text{Z})$,可知Y为O。W原子能形成1个共价键,且原子半径: $r(\text{Z}) < r(\text{W}) < r(\text{R})$,可知W为Cl。

【深度解析】同周期主族元素从左到右电负性增大,则电负性: $\text{C} < \text{O}$,在 CH_4 中C元素呈负价,H元素呈正价,则电负性: $\text{H} < \text{C}$,**A 正确**;单键均为 σ 键,双键中有1个 σ 键和1个 π 键,则1 mol 该医药中间体含有的 σ 键的数量为 $11N_A$,**B 正确**;烃的种类很多,其沸点可能高于 H_2O 或 H_2O_2 的沸点,**C 错误**;由于非金属性: $\text{Cl} > \text{S} > \text{C}$,则最高价含氧酸的酸性: $\text{Cl} > \text{S} > \text{C}$,**D 正确**。

10. B 【经典题型】实验方案的设计与评价

【深度解析】向 Na_2SO_3 溶液中加入 H_2O_2 溶液,发生反应: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$,该反应无明显现象,则不宜用作浓度影响反应速率的探究实验,**A 错误**;矿物油的主要成分为烃,不与 NaOH 溶液反应,且不溶于水而分层,地沟油的主要成分为油脂,加入 NaOH 溶液并加热会发生皂化反应,现象明显,**B 正确**; Ag_2O 能溶于氨水是由于发生了络合反应,该反应中 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 没有体现碱性,不能判断 Ag_2O 是否为两性氧化物,**C 错误**;该实验方案只能得出 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 是蓝色的结论,不能证明 Cu^{2+} 是蓝色的,**D 错误**。

11. D 【新趋考点】晶胞的相关计算

【深度解析】由题图可知,黑球位于晶胞顶点和面心,白球位于晶胞内部,则1个晶胞中有4个黑球、8个白球,根据化学式可知黑球表示 Ca^{2+} ,白球表示 F^- ,与每个 F^- 最近且等距的 Ca^{2+} 有4个,则 F^- 的配位数为4,**A 错误**;F与O的电负性之差小于O与H的电负性之差,则 OF_2 的极性小于 H_2O 的极性,**B 错误**;若将晶胞中 Ca^{2+} 和 F^- 互换,则不满足化学式中的原子个数比,**C 错误**;由题图可知,该晶胞的棱长为 $\sqrt{2}a$ pm,晶胞体积为 $2\sqrt{2}a^3 \times 10^{-30} \text{ cm}^3$,晶胞质量为 $\frac{78 \times 4}{N_A} \text{ g}$,则晶体密度为 $\frac{156}{\sqrt{2}a^3 N_A} \times 10^{30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,**D 正确**。

12. D 【常规考点】实验操作与实验方案设计

【深度解析】用 MnO_2 和浓盐酸制 Cl_2 需要加热, 启普发生器不能

加热, **A 错误**; 装置 B 的作用是除去 HCl 和水蒸气, 避免催化剂

Ni 中毒, 如果装置 B 为装有饱和食盐水的洗气瓶, 则无法除去 H_2 中的水蒸气, **B 错误**; 该过程用到的玻璃仪器有普通漏斗、玻璃棒、烧杯、分液漏斗、蒸馏烧瓶、温度计、酒精灯、直形冷凝管、牛角管、锥形瓶, 共 10 种玻璃仪器, **C 错误**; 若在滴定终点时俯视读数, 则读取的 KMnO_4 标准溶液的消耗体积偏小, 滴定结果偏低, **D 正确**。

13. C 【热门考点】化学反应历程分析

【思路分析】题给机理反映了乙酸和乙醇在酸催化下发生酯化反应的实质。首先 1 个 H^+ 加到乙酸的双键氧原子上, 形成

(1), (1) 通过快速平衡形成 $\text{CH}_3\text{C}^+\begin{matrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{matrix}$, 该中间体含有 2 个地

位相同的羟基, 之后乙醇分子与该中间体发生加成反应, 得到 (2), 分子中的一个 H^+ 转移到分子中的一个羟基上, 得到 (3), 随后 1 分子 H_2O 从分子中消去, 最后脱去 1 个 H^+ 得到乙酸乙酯。

【深度解析】题给过程中, (1) \rightarrow (2) 为加成反应, (3) \rightarrow (4) 为消去反应, **A 正确**; 若使用 CH_3COOD 与 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 发生酯化反应, 根据上述规律可知 D 元素可能存在于乙酸、水和 H^+ 中, 由于各步骤均可逆, 则 D 元素也可能转移到乙醇中, **B 正确**; 在该过程中, 乙醇分子的羟基氢转化为 H^+ 移到中间体的一个羟基上, 而乙醇中的羟基氧进入乙酸乙酯分子中, 所以使用 CH_3COOH 和 $\text{C}_2\text{H}_5^{18}\text{OH}$ 反应可判断酯化反应断键规律, 如果使用 $\text{CH}_3\text{CO}^{18}\text{OH}$ 和 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 则

由思路分析可知, (1) 和 (2) 之间的中间体为 $\text{CH}_3\text{C}^+\begin{matrix} ^{18}\text{OH} \\ \text{OH} \end{matrix}$, 其两

个羟基化学性质相同, 因此酯化过程生成的水分子中可能含有 ^{18}O , 也可能不含有 ^{18}O , 则不能准确判断酯化反应的断键规律, **C 错误**; 由反应历程可知, 该过程中有 $\text{C}-\text{O}$ 极性键的形成和断裂, **D 正确**。

14. D 【经典题型】探究性实验

【深度解析】如果 Fe^{3+} 不发生水解, 则 Fe^{3+} 在水溶液中以 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 形式存在, 溶液应为紫色, 因此溶液呈黄色是由于 Fe^{3+} 水解生成了

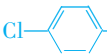
$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 导致的, **A 正确**; SCN^- 的电子式为 $[\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:C}::\text{N:}]^-$, 其中 S 原子和 N 原子均有孤电子对, 由于 S 的电负性比 N 小, 则 S 更容易提供孤电子对与 Fe^{3+} 形成配位键, **B 正确**; 溶液 II 中加入 NaF 溶液后, 溶液由红色变为无色, $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ 转化为 $[\text{FeF}_6]^{3-}$, 说明后者更稳定, 即 SCN^- 与 Fe^{3+} 形成的配位键强度不及 F^- 与 Fe^{3+} 形成的配位键强度, **C 正确**; 金属元素原子或离子在热激发下会产生原子发射光谱, Fe 灼烧时无焰色的原因是其原子发射光谱波长不在可见光范围内, **D 错误**。

15. D 【重难点】水溶液中的离子平衡


【深度解析】溶液 I 的 pH 为 7, 则 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 根据电荷守恒可知, 溶液 I 中应存在其他阴离子, 且其他阴离子带的负电荷之和等于 M^+ 与其他阳离子带的正电荷之和, 而溶液 II 的 pH 为 11, 可能只有 M^+ 、 H^+ 和 OH^- , 也可能有其他阴、阳离子, 则两溶液中的阴、阳离子种类不一定相同, **A 错误**; 溶液 I 的 pH 为 7, 说明水的电离受抑制程度与受促进程度相同, 而溶液 II 的 pH 为 11, MOH 电离

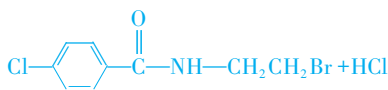
产生的 OH^- 抑制水的电离, 则溶液 I 中水的电离度大于溶液 II, **B 错误**; 溶液 II 的 $\text{pH}=11$, 则 $c(\text{H}^+)=10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 即 $c(\text{OH}^-)=10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据 MOH 的电离平衡常数的表达式, 可知溶液 II 中 $\frac{c(\text{M}^+)}{c(\text{MOH})} = \frac{K_b(\text{MOH})}{c(\text{OH}^-)} = \frac{4.0 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 0.4 = \frac{2}{5}$, 则 $\frac{c(\text{MOH})}{c_{\text{总}}(\text{MOH})} = \frac{c(\text{MOH})}{c(\text{M}^+) + c(\text{MOH})} = \frac{5}{2+5} = \frac{5}{7}$, **C 错误**; 溶液 I 中 $\frac{c(\text{M}^+)}{c(\text{MOH})} = \frac{K_b(\text{MOH})}{c(\text{OH}^-)} = \frac{4.0 \times 10^{-4}}{10^{-7}} = 4000$, 则 $\frac{c(\text{MOH})}{c_{\text{总}}(\text{MOH})} = \frac{c(\text{MOH})}{c(\text{M}^+) + c(\text{MOH})} = \frac{1}{4000+1} = \frac{1}{4001} = \frac{5}{20005}$, 因为 MOH 可以穿过隔膜, 则两溶液中 $c(\text{MOH})$ 相等, 因此溶液 I 中的 $c_{\text{总}}(\text{MOH})$ 约是溶液 II 的 $\frac{20005}{7} \approx 2858$ 倍, **D 正确**。

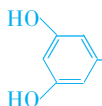
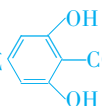
16. (14 分, 每空 2 分)

(1) 取代反应 

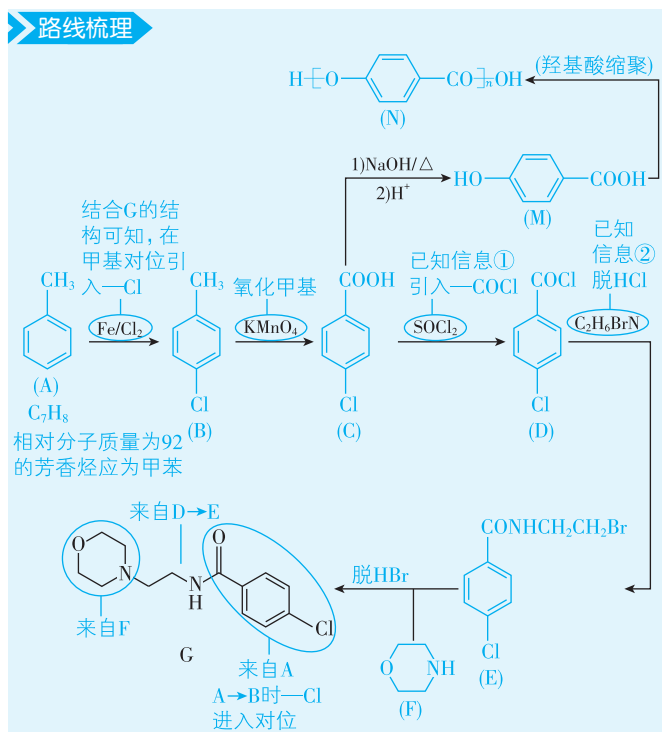
(2) 酰胺键 对羟基苯甲酸(或 4-羟基苯甲酸)


(3)  + $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \longrightarrow$



(4) ab (5)  (或 )

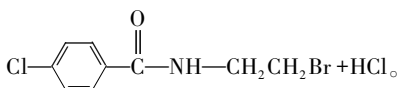
【重难点】官能团名称、有机物命名、有机反应类型、化学方程式书写、同分异构体等



【深度解析】(1) $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 为甲基对位氢原子被氯原子取代, 属于取代反应; C 的结构简式为 .

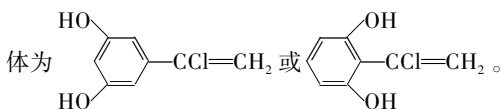
(2) 根据路线梳理可知 E 中的含氧官能团为酰胺键; M 的名称为对羟基苯甲酸或 4-羟基苯甲酸。

(3) D→E 的化学方程式为 $\text{Cl}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{Cl} + \text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \longrightarrow$



(4) F 分子中含有亚氨基,能与酸反应,**a 正确**;F 分子中 C 原子均形成 4 个共价键,N 原子形成 3 个共价键且有 1 个孤电子对,O 原子形成 2 个共价键且有 2 个孤电子对,则 C、N、O 原子的杂化方式均为 sp^3 杂化,**b 正确**;F 分子中含有饱和碳原子,所有原子不可能共面,**c 错误**;F 分子结构对称,核磁共振氢谱图中有 3 组吸收峰,**d 错误**。

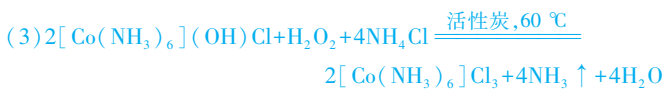
(5) 由题意可得 I 的分子式为 $\text{C}_8\text{H}_7\text{ClO}_2$,分子中有 4 种不同化学环境的氢原子,说明分子结构对称,因此苯环上的 3 个取代基中有 2 个相同且处于对称位置,根据分子式和不饱和度可知 2 个相同的取代基为 $-\text{OH}$,则另一个取代基含有 1 个不饱和度,且该取代基中只含有 1 种化学环境的氢原子,因此满足条件的同分异构



17. (13 分,除标注外,每空 2 分)

(1) 作催化剂,提高生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的选择性

(2) 逐滴加入



(4) ACD (3 分)

(5) 甲基橙 60%

【常规考点】试剂作用、实验操作、化学方程式书写、反应条件的控制、产率计算等

【深度解析】(1) 由题干信息知,随着制备条件的不同,生成的 CoCl_3 的氨配合物也不同,因此加入活性炭的作用是作催化剂,提高反应生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的选择性。

(2) 为了使反应平稳进行,避免 H_2O_2 分解,应逐滴加入 H_2O_2 溶液。

(3) 根据实验目的可知,第三步反应将 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})\text{Cl}$ 转化为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$,Co 的化合价由 +2 升高到 +3 价,化学方程式为 $2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow[\text{活性炭, } 60^\circ\text{C}]{} 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 4\text{NH}_3 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}。$

(4) 先加入 1.7 mL 浓盐酸的目的是使溶液呈酸性,防止 $\text{Co}(\text{III})$ 配离子水解,向滤液 A 中加入 6.7 mL 浓盐酸并冷却是通过同离子效应使 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 结晶析出,因此两次加入浓盐酸的作用不同,**A 错误**;加入 50 mL 沸水和 1.7 mL 浓盐酸后, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 溶解,活性炭不溶,为了减少降温时晶体析出造成的损失,应趁热过滤除去活性炭(滤渣 A),**B 正确**;若加入浓盐酸过多,溶液中的溶剂水也会增多,反而不利于 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 结晶析出,**C 错误**;由提纯流程可知 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的溶解度受温度影响较大,若使用热稀盐酸洗涤会增加晶体的溶解损失,**D 错误**。

(5) 首先将 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 转化为 NH_3 ,然后用 HCl 标准溶液吸收生成的 NH_3 ,得到 NH_4Cl 和 HCl 的混合溶液,再用 NaOH 标准溶液滴定多余的盐酸,滴定终点得到 NH_4Cl 和 NaCl 的混合溶液,溶液呈弱酸性,应使用酸性条件下变色的甲基橙作指示剂。2.38 g

$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的物质的量为 0.01 mol , 则根据 Co 元素守恒可知, 理论上最多生成 $0.01 \text{ mol } [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 。 HCl 标准溶液中含有 HCl 的物质的量为 $0.025 \text{ L} \times 0.200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.005 \text{ mol}$, 消耗的 NaOH 物质的量为 $0.014 \text{ L} \times 0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.0014 \text{ mol}$, 因此 $n(\text{NH}_3) = 0.0036 \text{ mol}$, 根据关系式: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 \sim 6\text{NH}_3$ 可得 25.00 mL 溶液中 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的物质的量为 0.0006 mol , 成品中 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的物质的量为 0.006 mol , 则产率为 $\frac{0.006 \text{ mol}}{0.01 \text{ mol}} \times 100\% = 60\%$ 。

刷有所得 在酸碱中和滴定中, 根据滴定终点溶液的酸碱性选择指示剂: (1) 如果滴定终点溶液呈弱酸性, 宜用甲基橙; 如果溶液呈弱碱性, 宜用酚酞。 (2) 如果滴定终点溶液呈中性, 宜选择滴定略超终点时溶液颜色由浅变深的指示剂, 例如用强酸标准溶液滴定未知强碱溶液时, 宜使用甲基橙, 反之宜使用酚酞。

18. (14 分, 除标注外, 每空 2 分)

(1) $4.7 \leq \text{pH} < 6.2$ (1 分) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ (1 分)

(2) $< (1 \text{ 分})$ 月桂酸和醋酸的烃基均为给电子基团, 前者烃基大, 酸性弱 (3) 3.0×10^{-4}

(4) ① 温度偏低则反应速率低, 温度偏高则盐酸挥发造成损失 (1 分)

② 冷却结晶、过滤 (1 分)

(5) 航天飞机、火箭 (或其他合理答案, 1 分) $\text{ScOCl} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{ScCl}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$ (6) $\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}^{2-} - 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

【常规考点】 pH 调控、滤渣成分分析、酸性比较、原因分析、沉淀溶解平衡、电极反应式的书写等

流程梳理 使用酸化 MgSO_4 溶液浸取矿物, 所得浸取液中的金属离子为 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 R^{3+} 等。氧化调 pH 后过滤, Fe 、 Al 元素转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀进入滤渣, 而 Mg^{2+} 、 R^{3+} 进入滤液 1。加入月桂酸钠, 过滤, 因为滤饼中检测不到 Mg 元素, 则 Mg^{2+} 进入滤液 2, 滤饼的主要成分为 $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_3\text{R}$ 。加入盐酸溶解滤饼, 加热到 55°C , 根据强酸制弱酸原理, 得到 RCl_3 溶液和难溶于水的液态月桂酸, 冷却结晶使月桂酸沉淀析出, 过滤得到 RCl_3 溶液。

【深度解析】 (1) 调 pH 是为了除去 Fe^{3+} 、 Al^{3+} , 但不能使 R^{3+} 和 Mg^{2+} 沉淀, 结合题表数据可知, 应控制 $4.7 \leq \text{pH} < 6.2$ 。

(2) 月桂酸是饱和羧酸, 烷基基是给电子基团, 对于饱和羧酸而言, 碳链越长给电子效应越明显, 因此碳链越长, 羧基中的羟基的共用电子对越偏向氢原子, 则氢原子越难电离, 所以碳链较长的月桂酸的酸性弱于碳链较短的醋酸。

(3) 增加月桂酸钠用量, 但不能使 Mg^{2+} 形成 $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}$ 沉淀。滤液 2 中 $c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{4.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则应使“过

滤 2” 前的溶液中 $c(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO}^-) < \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}]}{c(\text{Mg}^{2+})}} =$

$\sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-8}}{0.2}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4) ① 反应温度的控制以使反应较快进行且尽量不损失反应物为宜, 若温度低反应速率较慢, 若温度高盐酸易挥发。② 由已知信息①可知, 月桂酸的沸点为 44°C , 55°C 时月桂酸呈液态, 冷却后形成难溶于水的结晶, 过滤得 RCl_3 溶液。

(5) 高熔点、轻质金属材料可用作航天飞机、火箭等航天器的结构材料。根据题目描述可知需要将 ScOCl 转化为 ScCl_3 , 由此得

反应的化学方程式为 $\text{ScOCl} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{ScCl}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$ 。

(6) 该电池的负极为甲醇发生氧化反应, 因为电解质能传导 O^{2-} , 则电极反应式为 $\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}^{2-} - 6\text{e}^- = \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

19. (14 分, 除标注外, 每空 2 分)

(1) $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$

$$\Delta H = +(E_5 - E_1) N_A \text{ eV} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(2) ① > (1 分) ② 0.01 (MPa)² (3) AD

(4) ① F ② 反应①放热, 反应②吸热, 随温度升高, 反应①的平衡逆移, 反应②的平衡正移, 且反应②正移的程度更大

(5) 0.47 (1 分) (6) 3

【重难点考点】 化学反应与能量、平衡常数的相关计算、化学平衡状态的判定、平衡移动原理、有关沉淀转化的计算等

【深度解析】 (1) 根据能量-反应历程图像可知, 单个 CH_4 分子与单个 CO_2 分子充分反应生成 2 分子 CO 和 2 分子 H_2 , 能量变化为 $+(E_5 - E_1) \text{ eV}$, 则 1 mol CH_4 和 1 mol CO_2 充分反应的能量变化为 $+(E_5 - E_1) N_A \text{ eV}$, 热化学方程式为 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +(E_5 - E_1) N_A \text{ eV} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) ① 由题图乙可知, 当其他条件相同时, 平衡时 T_1 对应的 $\lg p(\text{H}_2)$ 更大, 说明 T_1 温度下反应正向进行的程度大。由能量-反应历程图像可知正反应为吸热反应, 因此温度越高反应正向进行的程度越大, 所以 $T_1 > T_2$ 。② 取 b 点为分析对象, 此时体系达到平衡, $\lg p(\text{H}_2) = 0$, $\lg p(\text{CO}_2) = 1$, 即 $p(\text{H}_2) = 1 \text{ MPa}$, $p(\text{CO}_2) = 10 \text{ MPa}$ 。由于初始投料 $n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4)$, 根据化学方程式可知, 平衡时 $p(\text{CO}) = p(\text{H}_2) = 1 \text{ MPa}$, $p(\text{CH}_4) = p(\text{CO}_2) = 10 \text{ MPa}$ 。

因此在 T_1 温度下, 反应的压强平衡常数为 $K_p = \frac{p^2(\text{H}_2) \cdot p^2(\text{CO})}{p(\text{CH}_4) \cdot p(\text{CO}_2)} = \frac{(1 \text{ MPa})^2 \times (1 \text{ MPa})^2}{10 \text{ MPa} \times 10 \text{ MPa}} = 0.01 (\text{MPa})^2$ 。

(3) 反应在恒温恒容密闭容器中进行, 因此气体的压强与气体的总物质的量成正比, 气体总压强不变则气体总物质的量不变, 而该反应的气体总分子数发生变化, 所以气体的压强不变说明反应达到平衡状态, **A 正确**; 由于容器容积恒定, 且反应所涉及物质均为气体, 所以气体的总体积和总质量都不变, 气体总密度不变不能说明反应达到平衡状态, **B 错误**; 反应在恒温容器中进行, 则体系总温度不变不能说明反应达到平衡状态, **C 错误**; 每个 CO_2 分子含有 2 个 $\text{C}=\text{O}$ 键, 每个 H_2O 分子含有 2 个 $\text{H}-\text{O}$ 键, 单位时间内断裂 CO_2 分子的 $\text{C}=\text{O}$ 键和 H_2O 分子中的 $\text{H}-\text{O}$ 键的数量相等, 说明单位时间内消耗 CO_2 和 H_2O 的物质的量相等, 正、逆反应速率相等, 能说明反应达到平衡状态, **D 正确**。

(4) ① 当初始投料相同时, 甲醇的产量与甲醇的产率成正比, 而甲醇的产率为 CO_2 的平衡转化率和甲醇的选择率之积。D、E、F 点对应的甲醇产率分别为 $0.132 \times 0.86 \times 100\% = 11.352\%$ 、 $0.15 \times 0.78 \times 100\% = 11.7\%$ 、 $0.20 \times 0.60 \times 100\% = 12\%$, 因此甲醇产量最高的是 F 点。② 体系中主要发生反应①和反应②, 因为反应①为放热反应, 反应②为吸热反应, 因此温度升高时反应①的平衡逆移, 反应②的平衡正移, 使甲醇的选择率降低, 且反应②平衡正移的程度大于反应①平衡逆移的程度, 使 CO_2 的平衡转化率升高。

$$(5) \text{pH}=10 \text{ 时, } c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 根据 } K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)}, \text{ 得 } \frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} = \frac{K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c(\text{H}^+)} = \frac{4.7 \times 10^{-11}}{1 \times 10^{-10}} = 0.47。$$

$$(6) \text{ 在处理过程中, 发生的反应为 } \text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}), \text{ 该反应的平衡常数 } K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} =$$

$$\frac{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)} = \frac{1.0 \times 10^{-10}}{2.5 \times 10^{-9}} = 0.04。 \text{ 设每次处理}$$

后溶液中的 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 为 $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则根据电荷守恒可得溶液中剩余的 $c(\text{CO}_3^{2-})$ 为 $(1.8 - x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 因此可得 $\frac{x}{1.8 - x} = 0.04$, 解

得 $x = \frac{9}{130}$, 即每次能处理的 $n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{9}{130} \text{ mol}$, 而 BaSO_4 的初始

物质的量为 $\frac{46.6 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}$, 需要处理的次数为 $\frac{0.2}{\frac{9}{130}} \approx 3。$