

泉州市 2021 届高中毕业班质量监测（五）

2021.05

高三化学命题意图与评讲建议

本试卷共 8 页，满分 100 分

注意事项：

- ① 答题前，考生将姓名、准考证号码填写清楚，将条形码准确黏贴在条形码区域内。
- ② 选择题必须使用 2B 铅笔填涂；非选择题必须使用 0.5 毫米黑色字迹的签字笔书写。
- ③ 请按照题号顺序在各题目的答题区域内作答，超出答题区域书写的答案无效；在草稿纸、试题卷上答题无效。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 S 32 Cl 35.5 Fe 56 Ni 59

一、选择题（本题共 10 小题，每小题 4 分，共 40 分。每小题给出的四个选项，只有一个选项符合题意。）

1. 三星堆遗址最近出土了青铜神树、黄金权杖、玉器等文物，下列有关说法不正确的是
- A. 青铜神树体现了中国古代高超的冶金技术
 - B. 青铜表面的绿色物质主要为 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$
 - C. 青铜神树、黄金权杖、玉器均为合金材料
 - D. 玉器因含有不同金属氧化物而显现不同颜色

【命题意图】本题凸显化学与社会、科技、生活紧密联系的学科特点，以三星堆遗址最近出土了青铜神树、黄金权杖、玉器等文物为素材，重在检测化学在科技生活中的应用，培养学生的科学态度与社会责任等化学素养。

【试题解析】选 C。

- A. 青铜神树体现了中国古代高超的冶金技术，A 正确；
- B. 青铜表面发生反应： $2\text{Cu} + \text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ，绿色物质主要为 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ，B 正确；
- C. 青铜神树、黄金权杖为合金材料，玉器为硅酸盐，C 不正确；
- D. 玉器因含有不同金属氧化物（如 Fe_2O_3 、 Cu_2O 、 Cr_2O_3 等）而显现不同颜色，D 正确。

【教学建议】培养学生学以致用，用以促学，通过化学知识在社会、科技、生活中的应用，巩固化学知识与原理。

2. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是
- A. 标准状况下，2.24 L C_3H_8 分子中的 σ 键的数目为 $1.1N_A$
 - B. 5.6g Fe 在 7.1g Cl_2 中充分燃烧，转移电子数为 $0.2N_A$

C. 0.1mol NO 与 0.1mol O₂ 混合物中质子数为 2.3 N_A

D. 室温下, pH = 9 的 CH₃COONa 溶液中, 由水电离的 H⁺数目为 10⁻⁹N_A

【命题意图】 本题考查阿伏伽德罗常数的有关计算, 熟练掌握反应原理及公式的使用是解题关键。

【试题解析】 选 B。

A. 1 个 C₃H₈ 分子中含 2 个 C-C 键和 8 个 C-H 键, 标准状况下, 2.24 L C₃H₈ 为 0.1mol, 分子中的 σ 键的数目为 1.0N_A, A 不正确;

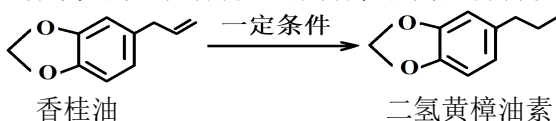
B. 5.6g Fe 在 7.1g Cl₂ 中充分燃烧, 氯气不足, 因此用 0.1mol 氯气计算, 转移电子数为 0.2N_A, B 正确;

C. 0.1mol NO 质子数为 1.5N_A, 0.1mol O₂ 质子数为 1.6N_A, 混合物中质子数为 3.1 N_A, 若考虑反应生成 0.1mol NO₂, 忽略了过量的 O₂, 容易错误计算为 2.3 N_A。C 不正确;

D. 室温下, pH = 9 的 CH₃COONa 溶液中, 由水电离的 H⁺浓度为 10⁻⁵mol·L⁻¹, 未知溶液的体积, 无法进行计算水电离的 H⁺数目, D 不正确。

【教学建议】 通过常考点、易错点的归纳总结, 经典类型反复训练, 提升记忆。

3. 二氢黄樟油素是一种常见的日化香料, 可用香桂油为原料制取, 反应如下:



下列说法不正确的是

- A. 香桂油能发生聚合反应、还原反应
- B. 香桂油分子中所有碳原子可能共平面
- C. 二氢黄樟油素的一氯代物有 6 种
- D. 可用溴水鉴别以上两种有机物

【命题意图】 本题以陌生的有机物为题材, 考查有机物的结构和性质, 主要考查考生对有机化合物的反应类型、结构特点、取代产物、鉴别方法等。培养学生整体把握有机物的结构、官能团与性质的关系, 训练逻辑思维能力。

【试题解析】 选 C。

A. 香桂油碳碳双键能发生聚合反应, 碳碳双键、苯环能与 H₂ 发生还原反应, A 正确;

B. 以苯环为平面中心进行分析, 香桂油分子中所有碳原子可能共平面, B 正确;

C. 二氢黄樟油素的一氯代物有 7 种, C 不正确;

D. 香桂油有碳碳双键, 二氢黄樟油素无碳碳双键, 可用溴水鉴别两种有机物, D 正确。

【教学建议】 特别注意引导学生要把必修有机的热点问题复习清楚, 注意从结构与官能团上把握有机物的性质, 注意复习有机物之间的转化。重视有机化学基础知识的教学, 通过模型引导学生认识有机物中碳原子的成键特点及简单分子的空间结构, 适当拓展有机化学知识, 如键

线式、环烃等，训练学生准确获取有效信息与已学知识进行整合、分析的能力。

4. 常温下，下列各组离子在指定溶液中能大量共存的是

- A. $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 1 \times 10^{-12}$ 的溶液中： Na^+ 、 K^+ 、 SO_3^{2-} 、 AlO_2^-
- B. $c(\text{Fe}^{2+}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中： H^+ 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 ClO^-
- C. 无色溶液中： Na^+ 、 Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^-
- D. 能使酚酞变红的溶液中： Al^{3+} 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 NO_3^-

【命题意图】本题重点考查离子反应的条件与本质，检测考生判断指定条件下各种离子的反应情况，培养考生的“宏观辨识与微观探析”“变化观念与平衡思想”等核心素养。

【试题解析】选 A。

A. $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 1 \times 10^{-12}$ 的溶液是碱性， Na^+ 、 K^+ 、 SO_3^{2-} 、 AlO_2^- 、 OH^- 之间不发生反应，A 正确；

B. $c(\text{Fe}^{2+}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中， Fe^{2+} 与 ClO^- 发生氧化还原反应，且 H^+ 与 ClO^- 反应生成 HClO ，B 不正确；

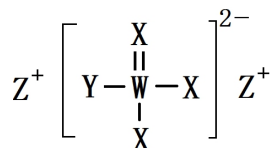
C. 有 Fe^{3+} ，不是无色溶液，且 Fe^{3+} 与 HCO_3^- 发生双水解反应，C 不正确；

D. 能使酚酞变红的溶液是碱性， Al^{3+} 、 NH_4^+ 均能与 OH^- 发生反应，D 不正确。

【教学建议】复习巩固离子反应的条件，如生成沉淀、气体、弱电解质、配合物；发生氧化还原反应、双水解反应等。

5. X、Y、Z、W 为原子序数依次增大的短周期主族元素，四种元素组成的某种化合物可用于防治蛀牙，该化合物的结构如图所示，以下有关说法正确的是

- A. 简单离子半径： $Z > Y > X$
- B. 最简单氢化物稳定性： $Y > X > W$
- C. Y、Z 形成的化合物水溶液呈中性
- D. WY_5 所有原子最外层均为 8 电子结构



【命题意图】本题从化合物{单氟磷酸钠($\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$)}的用途、电子式及结构式切入，主要考查学生对元素周期律的理解与应用，涉及简单离子半径、非金属性、盐类水解、电子式等。考查学生分析问题、解决问题的能力。

【试题解析】选 B

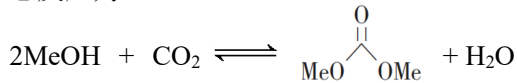
根据阴离子所带电荷数、X 原子可形成 2 对共用电子对或得电子后仅形成 1 对共用电子对、以及 W 和 Y 共用电子对数目等信息推测：X、Y、Z、W 分别为 F、O、Na、P。

- A. 核外电子层结构相同时，核电荷数越多半径越小。因此简单离子半径： $\text{Na}^+ < \text{F}^- < \text{O}^{2-}$
- B. 非金属性越强，最简单氢化物越稳定： $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{PH}_3$
- C. NaF 属于强碱弱酸盐， NaF 溶液因水解呈碱性
- D. PF_5 中 P 原子最外层不符合 8 电子结构

【教学建议】引导学生分析化合物电子式（结构式）的书写规律，灵活运用周期表中“位、构、性”三者关系，总结周期律中比较规律，注意学科内知识的融合。

6. 以 CO_2 和甲醇（ MeOH ）为原料合成碳酸二甲酯（ $\text{MeO}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{OMe}$ ）的催化反应机理如图所示。下列说法不正确的是

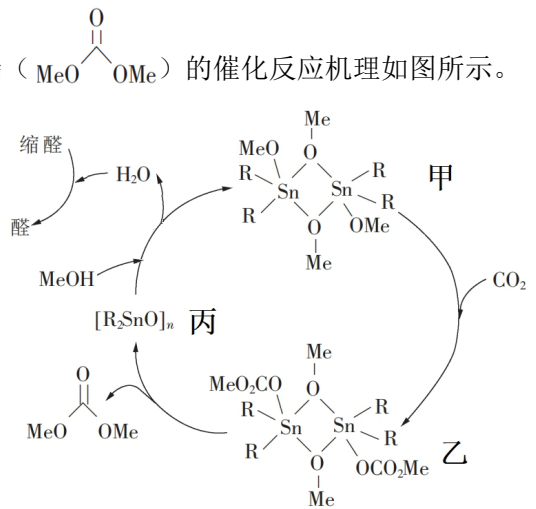
A. 总反应为：



B. 乙是该反应的中间体

C. 甲→乙过程中 Sn 的配位数未发生改变

D. 加入缩醛能使总反应平衡逆向移动



【试题背景及命题意图】以二氧化碳为原料合成

碳酸二甲酯不仅可实现二氧化碳的资源化利用，而且可将二氧化碳这种温室气体变废为宝，对碳减排具有重要意义，是一个极具潜力的研究方向。DMC 在电子化学品、医药、农药、染料、合成材料、油品添加剂、食品添加剂、车用燃料等领域具有广泛应用。DMC 是一种符合现代“节能减排”要求的新型环保型绿色化工产品，甚至有研究者预言，不久的将来将形成一个以 DMC 及其众多衍生物构成的新型化学群体。

以 $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{OMe})_2$ 为催化剂，以二氧化碳和 CH_3OH 为原料合成 DMC 的反应。反应热力学和反应生成的 H_2O 是影响 DMC 产率的两个主要因素。为此，作者一方面将缩醛引入反应体系，结果是随着反应时间不断延长，产物 DMC 的产率不断增加，表明乙缩醛可以有效克服反应热力学的限制。另一方面，由于反应属于分子数减小的反应，提高反应压力有利于促使反应向右移动。结果表明，随着二氧化碳压力的提高，DMC 的产率及选择性均有明显提高。该催化剂的催化机理题图所示。 $\text{R}_2\text{Sn}(\text{OMe})_2$ (甲)为桥式甲氧基双核结构，二氧化碳仅插入甲中的非桥式甲氧基，形成具有碳酸盐结构的复合物乙。紧接着乙发生热分解、生成 $(\text{R}_2\text{SnO})_n$ 中间体和 DMC。研究还发现，在 N_2 环境中，即使是在室温下，乙也容易脱去二氧化碳而重新转化为甲。也就是说，甲与乙之间是一种可逆的平衡关系，其平衡通过较高温度下二氧化碳的脱除或插入来实现。因此，在 180°C 及高压下，只能产生一定浓度的乙。加入缩醛之所以能够提高 DMC 的产率，是因为缩醛可以脱除反应生成的水而使平衡向右移动所致。 $(\text{R}_2\text{SnO})_n$ 中间体与 CH_3OH 作用生成甲，完成催化循环过程。

本题考查化学反应原理，主要是催化剂的理解、图形的认知、化学反应原理的综合应用等，明确反应历程中物质的转化关系是解答的关键。

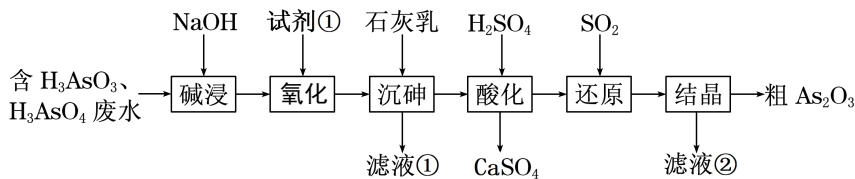
【试题解析】选 D。

A. 根据图可知总化学方程式，A 正确；

- B. 乙、丙均为该反应的中间体，甲为该反应的催化剂，B 正确；
- C. 由图可知，甲→乙过程中，Sn 的配位数始终为 5，未发生改变，C 正确；
- D. 根据反应总化学方程式可知，加入缩醛会消耗反应生成的水，促使化学平衡向生成 DMC 的方向移动，D 错误。

【教学建议】掌握新情境下反应原理的考查方式，学会看图、读图、析图。

7. 从含砷(As)的有毒工业废水中提取粗 As_2O_3 ，流程如下：



已知：As 与 P 同为 VA 族元素； $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ 微溶于水， $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 难溶于水。

下列说法不正确的是

- A. 试剂①的作用是将 AsO_3^{3-} 氧化为 AsO_4^{3-}
- B. 滤液①主要成分为 NaOH 溶液
- C. 滤液②主要成分可以循环利用
- D. “还原”的离子方程式： $2\text{H}^+ + 2\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{SO}_2 = 2\text{SO}_4^{2-} + \text{As}_2\text{O}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

【命题意图】本题是考查物质转化、分离和提纯等知识的小化工流程题，涉及多种元素及其化合物的性质、沉淀的转化、氧化还原反应等，运用题目已知信息、明确流程中元素的转化关系是解答的关键。

【试题解析】选 D

A. 依据“ $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ 微溶于水， $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 难溶于水”，推测试剂①的作用是将 AsO_3^{3-} 氧化为 AsO_4^{3-} ，才有利于 As 元素在“沉砷”时完全进入滤饼。

B. “碱浸”时残留 Na^+ 、“沉砷”时残留 OH^- ，所以滤液①主要成分为 NaOH

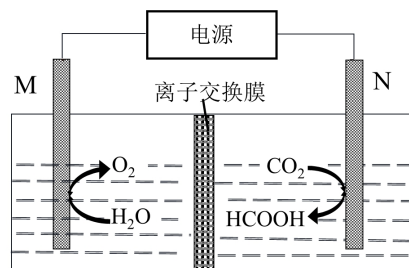
C. 滤液②包含“酸化”时残留 H^+ 和“还原”时残留 SO_4^{2-} ，主要成分 H_2SO_4 可以循环利用

D. 依据“As 与 P 同为 VA 族元素”且属于第四周期，可知为 H_3AsO_4 弱酸，在离子方程式书写时不可拆成离子。“还原”的离子方程式： $2\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{SO}_2 = 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-} + \text{As}_2\text{O}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

【教学建议】注意培养学生阅读、理解题目的能力，结合已知信息进行流程分析、选项分析的能力。提高学生运用化学知识分析解决实际问题的能力，认识到物质及其转化在生产中有重要价值。

8. 利用 CO_2 电催化还原法制取清洁燃料 HCOOH ，可实现温室气体 CO_2 的资源化利用。其工作原理如图。下列有关说法不正确的是

- A. M 为阳极
- B. 离子交换膜为阴离子交换膜
- C. N 极的电极反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = \text{HCOOH}$
- D. 消耗的 CO_2 与生成的 O_2 物质的量之比为 2:1



【试题背景及命题意图】

作为一种温室气体， CO_2 的减排和转化利用是国内外关注的热点和难点之一。 CO_2 的电催化还原(Electrocatalytic CO_2 Reduction Reaction, ECR)是近年来的研究热点，其突出优势包括：操作环境为常温常压，可降低设备局限性并提高操作安全性；可调控施加电位和催化剂改变产物选择性。题图为目前 ECR 测试体系中较常用的 H 型电解池示意图（简图），两室由离子交换膜（如常用的 Nafion 115、Nafion 117 等）分隔。催化剂作为工作电极置于阴极室，将通入其中的 CO_2 气体催化还原。

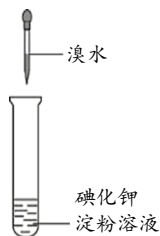
本题以离子交换膜电池装置为题材，展示了化学对科技发展、生产生活的促进作用，试题检测学生对电解原理的理解和应用，融合了氧化还原反应、离子移动、电极反应式的书写。题目信息内容丰富，图文并茂。考查学生利用电解池的基本原理分析和解释该电解池中离子移动、电极反应、电子转移等问题的能力，同时还考察考生获取新信息并与已有知识融合重组在陌生情境中分析问题和解决问题的能力。

【试题解析】 选 B。

- A. 由图示可知，M 板实验 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2$ 的转化，即发生氧化反应，所以 M 极为阳极，A 正确。
- B. 由 M 极及 N 板的电极反应及产物分析可知，离子交换膜应允许质子 (H^+) 通过，为阳离子交换膜，B 错误。
- C. 由图示物质转化关系可得 N 极的电极反应式，C 正确。
- D. 由下列关系得并结合得失电子守恒可得： $2\text{CO}_2 \sim 4\text{e}^- \sim \text{O}_2$ ，D 正确。

【教学建议】 培养学生通过文字、图像等获取信息、整合、应用信息的能力。扎实掌握电化学有关基本原理。

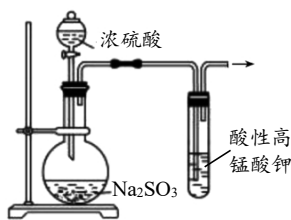
9. 下列装置能达到相应实验目的的是



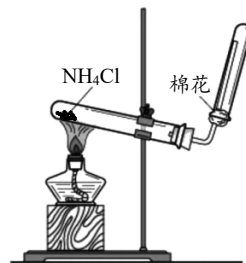
A. 比较溴与碘的非金属性强弱



B. 探究铁钉的析氢腐蚀



C. 验证二氧化硫的漂白性



D. 制备并收集氨气

【命题意图】 本题考查化学实验方案的设计，包括实验原理分析、仪器使用规范、药品的选择及现象观察与解释。

【试题解析】 选 A

A. 通过溶液变蓝色，说明溴置换出碘，进而比较溴与碘的非金属性强弱。

B. 导管中红墨水液面上升，说明浸泡过食盐水的铁钉在试管中发生的是吸氧腐蚀。

C. 二氧化硫使酸性高锰酸钾褪色利用的是还原性。

D. 氯化铵受热分解成氨气与氯化氢，在温度较低的试管口附近会化合为氯化铵固体。不可用于制备氨气。

【教学建议】 临近高考，建议学生整理实验选择题练习中的错题，通过错题分析，提高自身对化学实验知识，物质性质及其应用等核心知识的理解，提高学生实验探究能力和科学素养。

10. 25℃时，不同 pH 环境下 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 不同形态的粒子的分布系数(δ)如图 1。用 $0.200 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液滴定 $20.00 \text{ mL } 0.400 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液所得滴定曲线如图 2。下列说法不正确的是

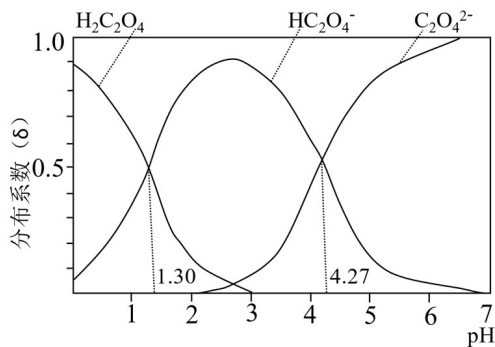


图 1

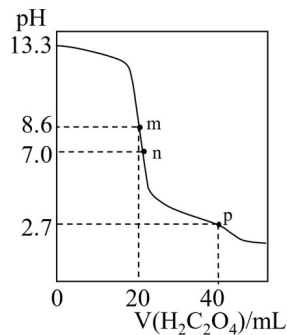


图 2

A. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的 $K_{a1}=1\times 10^{-1.30}$

B. 点 n 所示溶液中： $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)+2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})=c(\text{Na}^+)$

C. 点 m 到 p 的溶液中：水的电离程度逐渐减小

D. 点 p 所示溶液中： $c(\text{Na}^+)>c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)>c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)>c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

【命题意图】 本题以 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 不同形态的粒子的分布曲线、酸碱中和滴定为载体，考查电离平衡、水解平衡、离子浓度大小、守恒关系等知识。要求考生将复杂问题进行分解，结合化学的基本理论、平衡思想、守恒思想和转化观念，解决相关化学问题。

【试题解析】 选 D。

A. 由图 1 的 1.30 处是 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 与 HC_2O_4^- 的交点，可知 $K_{a1}=1\times 10^{-1.30}$ ，A 正确；

B. 点 n 所示溶液中 $\text{pH}=7.0$ ，由电荷守恒可得： $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)+2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})+c(\text{OH}^-)=c(\text{Na}^+)+c(\text{H}^+)$ ，两边消去 $c(\text{OH}^-)$ 、 $c(\text{H}^+)$ ，得到 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)+2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})=c(\text{Na}^+)$ ，B 正确；

C. 点 m 的溶液为 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，p 的溶液为 NaHC_2O_4 ，m 到 p 的溶液中，水解程度逐渐减小，

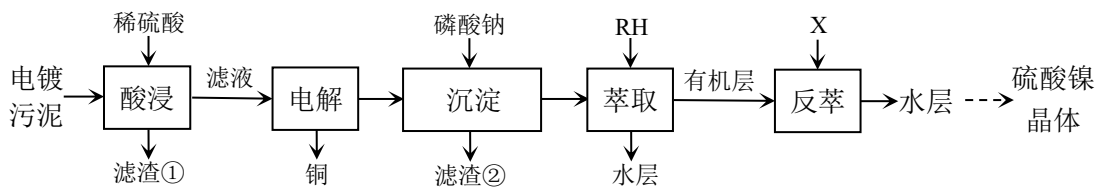
水的电离程度逐渐减小，C 正确；

D. p 的溶液为 NaHC_2O_4 ， HC_2O_4^- 的电离常数约为 $10^{-4.27}$ ，水解常数为 $K_w/K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)=10^{-14}/10^{-1.30}$ ，因此 HC_2O_4^- 的电离程度远大于水解程度，溶液中存在： $c(\text{Na}^+) > c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ ，D 不正确。

【教学建议】通过精练精讲，扎实电解质溶液的有关基本问题，并提高学生读图识图能力，获取信息，分析解决问题。

二、非选择题（本题包括 5 小题，共 60 分）

11. （12 分）工厂处理电镀废水会产生电镀污泥。某镀镍污泥酸浸的滤液含 Ni^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Cu^{2+} 等离子，可用如下工艺流程回收硫酸镍晶体。



已知：镍的萃取、反萃过程反应为 $2\text{RH} + \text{Ni}^{2+} \xrightleftharpoons[\text{反萃}]{\text{萃取}} \text{R}_2\text{Ni} + 2\text{H}^+$

- 检验酸浸滤液中含 Fe^{2+} 的试剂为_____。
- “电解”过程，阴极的电极反应式为_____。
- 滤渣②主要成分为 AlPO_4 、 FePO_4 、 CrPO_4 。不同电解电压、电解时间下 Fe^{2+} 、 Cr^{4+} 离子的检测结果如下表所示，电解酸浸滤液的最佳电压和时间分别是_____。

电解电压 (V)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Fe^{2+}	有	有	有	无	无
Cr^{4+}	无	无	无	无	有

电解时间 (h)	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6
Fe^{2+}	有	无	无	无	无
Cr^{4+}	无	无	有	有	有

- “沉淀”后，溶液中 $c(\text{PO}_4^{3-}) = 4.0 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 $c(\text{Al}^{3+}) =$ _____。（已知： $K_{sp}(\text{AlPO}_4) = 9.84 \times 10^{-21}$ ）
- “反萃”中，加入的 X 是_____。
- 为测定硫酸镍晶体 ($\text{NiSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 组成，进行如下实验：取 5.260g 样品，配成 250 mL 溶液，量取 25.00 mL 溶液，用 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 EDTA ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$) 标准液滴定（反应为 $\text{Ni}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} = \text{NiY}^{2-} + 2\text{H}^+$ ）。重复滴定 3 次，平均消耗 EDTA 标准液 20.00 mL，则硫

酸镍的化学式为_____。

【工艺分析】

电镀厂处理电镀废水将产生大量固体废弃物。镀镍污泥中镍的质量分数可达 10%以上，有效提取电镀污泥中的金属镍既保护了环境又能创造额外的经济价值。该工艺以稀硫酸为浸出剂，利用电解法分离出铜后，通过控制电解的电压、时间将 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} ，再利用磷酸钠沉淀 Al、Fe、Cr 等金属元素。沉淀后的滤液除了含镍离子外，还含有钠离子、硫酸根离子、磷酸根离子以及磷酸氢根离子等，所以用 P2O4 （磷酸二异辛酯）有机相对滤液进行萃取，硫酸进行反萃取，提纯硫酸镍。

【讲评建议】

(1) 考查亚铁离子的检验，可采用多种检验方法。

(2) “电解”时，阴极上铜离子转化为铜单质 ($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$)。此时必须控制好电解液 pH，当 $\text{pH} \geq 3$ ，会在阴极产生氧化亚铜 ($2\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+$)。在试题评析可增加这一知识点的介绍，让学生书写该反应式。

(3) “沉淀”产生的滤渣②主要成分为 AlPO_4 、 FePO_4 、 CrPO_4 。据此推断“电解”时，通过控制电解条件使 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} ，铬则依然以 Cr^{3+} 的形式存在，所以选择 Fe^{2+} 、 Cr^{4+} 检测结果为“无”的电解电压、电解时间。

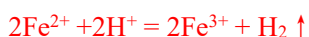
试题讲评时，可结合 2013 年福建高考考题，介绍阳极上发生的电化学变化

【节选 2013 年福建省高考 23 题】考查电化学法转化 H_2S 废气制 H_2

电化学法：该法制氢过程示意图如右。反应池中反应物的流向采用气、液逆流方式，其目的是_____；反应池中发生反应的化学方程式为_____。

反应后溶液进入电解池，电解总反应方程式为_____。

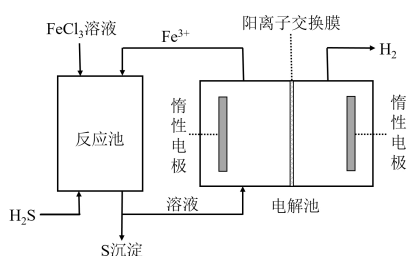
答案：增大反应物接触面积，使反应更充分；



(4) 涉及 K_{sp} 的简单计算

(5) 工业上常用 P2O4 萃取法提纯硫酸镍溶液。萃取时 Ni^{2+} 进入有机相，与其他杂质分离，反萃取时加入稀硫酸， Ni^{2+} 进入水相，得到高纯硫酸镍溶液。“反萃”中，加入的 X 可通过已知条件：镍的萃取、反萃过程反应为 $2\text{RH} + \text{Ni}^{2+} \xrightleftharpoons[\text{反萃}]{\text{萃取}} \text{R}_2\text{Ni} + 2\text{H}^+$ ，推测含有 H^+ ，结合产物硫酸镍推测含有 SO_4^{2-} 离子，因此 X 为稀硫酸。

(6) 根据方程式 ($\text{Ni}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} = \text{NiY}^{2-} + 2\text{H}^+$) 可知，原样品中 NiSO_4 的物质的量为： $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20.00 \text{ mL} \times 10 = 0.02 \text{ mol}$ ，该物质的摩尔质量为 $\frac{5.26 \text{ g}}{0.02 \text{ mol}} = 263 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，结晶水的系数 n 为 $\frac{263-155}{18} = 6$ ，则化学式为 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。



【命题意图】

本题选取大学常见的物质制备实验，与近几年的热点——催化相关联，与常见的制备实验不同在于气体的相对静止并与化学反应原理和气压原理相关联，情景新，学生需在认真提取新信息，分析实验原理的基础上作答，较为灵活。

【讲评建议】

(1) 考察铝的性质：与强碱反应生成氢气，属于基础题。



(2) 本题重点考察学生提取新信息的能力，通过制取过程中采用冰水浴和分批加入推出该反应会放出大量的热，A 是正确的；通过信息“瑞尼镍孔隙会吸附大量氢气而活化”结合制取过程刻意用含铝合金溶于 NaOH 溶液，可推出溶铝产生孔隙，铝含量低则瑞尼镍的孔隙少，B 正确。通过“活化的瑞尼镍接触空气易自燃”信息可知瑞尼镍不能与空气接触，若采用过滤必然使瑞尼镍接触空气而自燃，正确的做法是采用倾倒法，每次倒出大部分液体（剩余部分足够覆盖固体起隔绝空气的作用），多次洗涤倾倒；制取后保存在无水乙醇中也是防止自燃，C 错误。D 选项则充分利用自燃进行检验，考察知识点落在“NO 的检验”。

后期复习建立在已夯实基础的前提下，引导学生更多去读懂题干的信息，少滥做，多精做。

(3) 考察学生理解实验原理：封闭体系中，氢气相对静止与肉桂酸反应（有机反应一般较慢，若采用流动通氢气，转化率偏低），需打开 K₂ 关闭 K₁，形成联通封闭的体系。

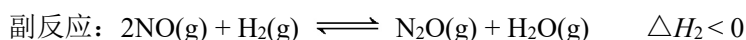
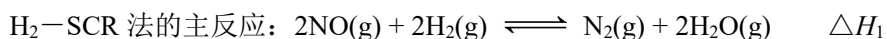
(4) 根据题干中反应条件为“42℃”容易选择水浴加热的方式，复习时需注意拓展了解高于 100℃ 的加热方式：油浴、沙浴。

液面长颈漏斗中液面始终高于储氢筒内液面较多的目的是产生压强差，将储氢筒内的氢气压入三颈烧瓶的同时保持体系内压强较大，可加快反应速率、提高转化率。本题实验充分进行的现象与常规物质颜色改变等现象不同，学生需理解随反应的进行，储氢中的液面不断下降，当不再下降时，反应充分。换角度换情景考察学生对化学平衡判断——“当变不变”的掌握程度。

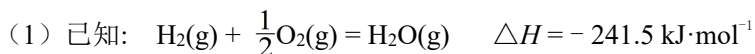
(5) 考察物质制备中转化率、产率的计算，学生需在读题提取数据信息的同时，根据转化关系进行计算，并进行一定程度的数据处理，实际难度比具体数据计算更大。学生多数对实验和化工流程中的计算比较怕，这块的考察方式一般比较固定，主要是定量关系，灵活度不高，但学生怕计算，后期复习可针对性选用不同的情景进行小专题训练。

(6) 考察常见的分离方法：从溶液中分理出溶剂——乙醇，采用蒸馏的方式。

13. (14 分) 氢气选择性催化还原 (H₂-SCR) 是目前消除 NO 的理想方法，备受研究者关注。



回答下列问题：



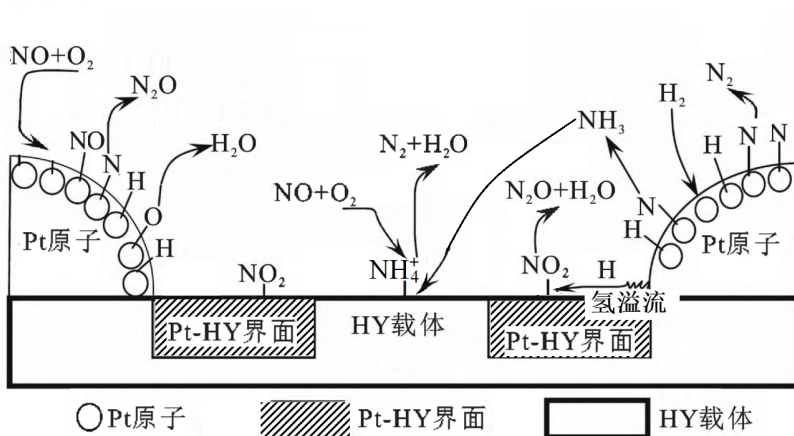


① $\Delta H_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

② 提高主反应选择性的最佳措施是 。

- A. 降低温度 B. 增大压强 C. 增大 $c(\text{H}_2)$ D. 使用合适的催化剂

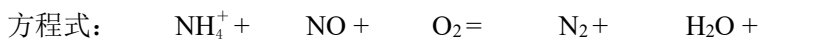
(2) H_2 -SCR 在 Pt-HY 催化剂表面的反应机理如下图



① 下列有关说法不正确的是

- A. Pt 原子表面上发生反应有 $\text{N} + \text{NO} = \text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{N} + \text{N} = \text{N}_2$ 等
 B. H_2 解离为 H 原子，溢流至 HY 载体上，将吸附于载体的 NO_2 还原
 C. 从 Pt 原子表面解吸的 NH_3 ，在 HY 载体上转化为 NH_4^+ 。
 D. HY 载体酸性越强，其吸附 NO_2 能力越强，Pt 催化活性越大。

② 已知在 HY 载体表面发生反应的 NO、 O_2 物质的量之比为 4:1，补充并配平下列化学



(3) $T^\circ\text{C}$ ， $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{NO})} = 3$ 时，恒容容器中发生上述反应，平衡体系中 N_2 物质的量分数为 10%，平衡压强与起始压强之比为 3.6 : 4，则 NO 的有效去除率（转化为 N_2 ）为 。

(4) 一定条件下，恒温恒容容器中充入 $c(\text{NO}) = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{H}_2) = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，只发生反应 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，体系的总压强 p 随时间 t 的变化如下表所示：[已知该反应速率方程为 $v = k \cdot c(\text{H}_2) \cdot c^2(\text{NO})$]

t/min	0	10	20	30	40
p/kPa	24	22.6	21.6	21	21

① $t = 20 \text{ min}$ 时， $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ (速率常数 $k = 1.0 \times 10^5 \text{ mol}^{-2}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

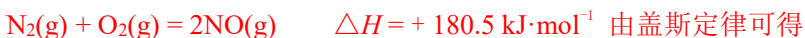
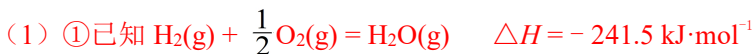
② 用平衡分压代替平衡浓度可以得到平衡常数 K_p ，则该条件下反应的平衡常数

$$K_p = \underline{\hspace{2cm}}。$$

【命题意图】

本题以氢气选择性催化还原 (H_2-SCR) 消除 NO 为背景，对化学反应原理的必备知识进行深度考查，如盖斯定律、化学平衡及移动、转化率及计算、平衡常数及计算等核心知识。考查学生在新情境下读图能力、分析能力、获取信息能力、逻辑推理能力等。

【讲评建议】



- ② A. 降低温度主反应、副反应均正向移动；
B. 增大压强主反应、副反应均正向移动；
C. 增大 $c(H_2)$ 主反应、副反应均正向移动；
D. 使用合适的催化剂可以提高主反应的选择性。
因此，最佳措施是 D

(2) ① A. 由图看出，Pt 原子表面上发生反应有 $N + NO = N_2O$ 、 $N + N = N_2$ 等

B. 由图看出， H_2 解离为 H 原子，溢流至 HY 载体上，将吸附于载体的 NO_2 还原

C. 由图看出，从 Pt 原子表面解吸的 NH_3 ，在 HY 载体上转化为 NH_4^+ 。

D. 由 $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$ 或 $2NO_2 + 2NaOH = NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$ 可知，HY 载体碱性越强，其吸附 NO_2 能力越强。

有关说法不正确的是 D

② 据发生反应的 NO、 O_2 物质的量之比为 4:1，先配平 NO 和 O_2 ，再根据得失电子守恒、原子守恒及电荷守恒配平化学方程式： $4NH_4^+ + 4NO + O_2 = 4N_2 + 6H_2O + 4H^+$

(3) 假设起始的 H_2 为 3mol，NO 为 1mol，则平衡体系中气体的总物质的量为 3.6mol， N_2 物质的量分数为 10%，说明生成 N_2 0.36mol，则有 0.72mol NO 转化为 N_2 ，NO 的有效去除率 = $0.72/1 = 72\%$

(4) 利用“三段式”计算

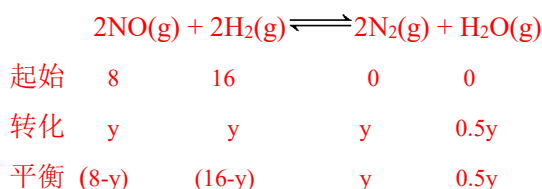


起始	2.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}	0	0
转化	x	x	x	0.5x
平衡	$(2.0 \times 10^{-3} - x)$	$(4.0 \times 10^{-3} - x)$	x	0.5x

由 $(2.0 \times 10^{-3} + 4.0 \times 10^{-3}) : (2.0 \times 10^{-3} - x + 4.0 \times 10^{-3} - x + x + 0.5x) = 24:21.6$ 得到 $x = 1.2 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

所以， $v = k \cdot c(H_2) \cdot c^2(NO) = 1.0 \times 10^5 \times 2.8 \times 10^{-3} \times (0.8 \times 10^{-3})^2 = 1.792 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

(5) 由 $c(\text{NO}) = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{H}_2) = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 且总压强 $p = 24 \text{ kPa}$ ，得分压 $p(\text{NO}) = 8 \text{ kPa}$ ， $p(\text{H}_2) = 16 \text{ kPa}$ ，利用“三段式”计算



平衡时，总压强 $p = (8-y) + (16-y) + y + 0.5y = 21$ 得 $y = 6 \text{ kPa}$

所以， $K_p = (6^2 \times 3) / (2^2 \times 10^2) = 0.27 (\text{kPa})^{-1}$

【教学建议】

强化定量分析问题能力的培养，培育证据推理与模型认知的学科素养；加强反应原理的教学，落实教学目标；在新情境中设置真实问题进行感悟、提炼反应原理，跳出原理总结规律，迁移到解决问题中。就本题建议加强以下训练：

(1) ① 已知 H_2 的燃烧热为 $285.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) \quad$ 求 $\Delta H_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (巩固燃烧热、中和热等概念)

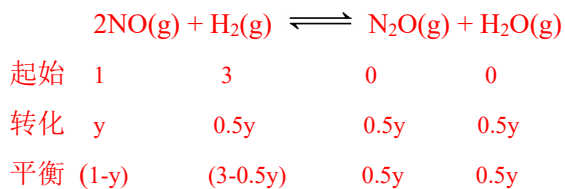
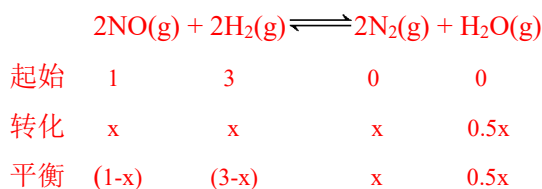
② 讲评时可以通过某种催化剂对两个反应的活化能的影响，分析得出使用合适的催化剂可以提高主反应的选择性。

(2) ① 可以加强训练以下反应方程式：



② 去掉发生反应的 NO 、 O_2 物质的量之比尝试几种不同化学计量数的配平化学方程式。

(3) 利用“三段式”计算，训练在一个容器中有两个反应的计算方法



$(1-x-y+3-x-0.5y+x+0.5x+0.5y+0.5y): 4 = 3.6 : 4$ 且 $x / (1-x-y+3-x-0.5y+x+0.5x+0.5y+0.5y) = 10\%$
得 $x = 0.72 \text{ mol}$ [强调： NO 平衡时的物质的量不是 $(1-x) + (1-y)$ ， H_2 同理。]

(4) 可以考虑设计一个表格，有 $c(\text{H}_2)$ 、 $c(\text{NO})$ 、 v 数据，让学生观察表中数据得出 $v = k \cdot c(\text{H}_2) \cdot c^2(\text{NO})$ 。

(5) 用 $c(\text{NO}) = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{H}_2) = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 代入“三段式”计算并与上述答案比较，提醒学生合理使用题中数据。

14. (10分) 近日,我国研究人员利用硫氰酸甲基铵 $\{[\text{CH}_3\text{NH}_3]^+ [\text{SCN}]^-\}$ 气相辅助生长技术,成功制得稳定的钙钛矿型甲脒铅碘 (FAPbI₃)。

请回答下列问题:

(1) 基态 S 原子的价电子排布图为_____。

(2) 硫氰酸根离子 (SCN⁻) 的结构式为_____。

(3) 甲脒 (FA) 的结构简式为 $\text{H}_2\text{N}-\text{C}=\text{NH}$

①其组成元素的电负性由小到大的排序为_____, 其中碳原子的杂化方式为_____。

②甲脒比丙烷的熔点更高的原因是_____。

(4) 水中铅测定方法是用双硫脲与铅反应生成红色双硫脲铅络合物 (图 1)

①该络合物可溶于四氯化碳, 其晶体类型为_____。

②该络合物分子内不存在的微粒间作用力有_____。(选填序号)

a. σ 键 b. π 键 c. 非极性键 d. 配位键 e. 离子键

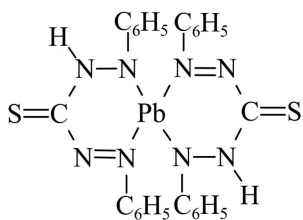


图 1

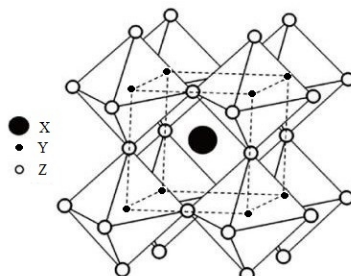


图 2

(5) FAPbI₃ 的晶体结构单元如图 2 所示:

图中 Y 表示 Pb, 位于八面体中心, 则甲脒的碘配位数为_____。

【试题背景及命题立意】

近日, 复旦大学信息科学与工程学院詹义强、郑立荣和瑞士洛桑联邦理工大学 (EPFL) Anders Hagfeldt、Michael Graetzel 团队合作, 成功通过一种气相辅助生长方法实现了室温稳定的 α -FAPbI₃ (黑相甲脒铅碘) 钙钛矿材料, 并且制备出了光电转换效率大于 23% 的高效稳定太阳能电池。此项突破为钙钛矿材料在高效轻质光伏电池、新型 LED 和其它光电器件系统等领域应用奠定了基础, 对太阳能清洁能源的泛在利用、新型柔性大面积光电器件与系统、以及智能机器人自主供电等具有重要意义。2020 年 10 月 2 日, 相关研究成果以《气氛辅助制备高效高稳定黑相甲脒铅碘钙钛矿太阳能电池》为题在线发表于 *Science*。

本题以 α -FAPbI₃ (黑相甲脒铅碘) 钙钛矿材料合成为素材, 考查部分元素原子的价电子排

布图、陌生微粒的电子式、电负性大小的比较、杂化方式判断、物质性质与微粒间作用力的关系、晶体类型判断、各种微粒间作用力的辨识、晶胞中微粒的配位数判断等《物质结构与性质》模块中的必备知识，同时考查学生获取信息能力、迁移能力、空间想象能力和现场学习的能力，检测结构决定性质、性质反映结构的化学基本思维方法和宏观辨识与微观探析、证据推理与模型认知等化学学科核心素养。

【讲评建议】



(2) 可根据等电子体原理， SCN^- 与 CO_2 互为等电子体，可得其结构式为 $[\text{S}=\text{C}=\text{N}]^-$ ，写其共振式：

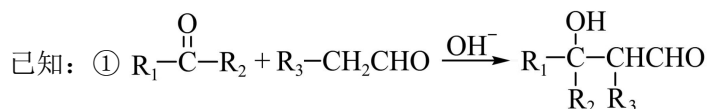
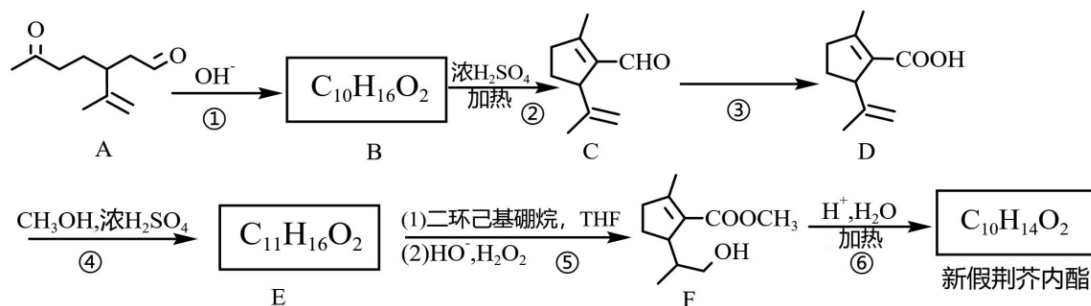


(3) ①根据甲脒(FA)的结构简式为 $\text{H}_2\text{N}-\text{C}=\text{NH}$ 知其组成元素为 H、C 和 N 三种元素，其电负性由小到大的顺序为：H、C、N。由结构简式可以看出，C 原子形成三个 σ 键和 1 个 π 键，所以 C 原子采用 sp^2 杂化。②因为甲脒分子内存在氨基 ($-\text{NH}_2$) 和亚氨基 ($=\text{NH}$)，能形成分子间氢键，丙烷分子间只存在范德华力。故答案为：甲脒存在分子间氢键，丙烷分子间只存在范德华力。

(3) 由图 1 可看出，该配合物只有内界，没有外界，答案为：分子晶体。该配合物分子内存在的微粒间作用力有： σ 键、 π 键（存在于氮氮双键及苯环上）、配位键、极性键（如碳氢键、碳氮键）、非极性键（如碳碳键、氮氮键）。故答案为：c、e。

(4) 已知 Y 表示 Pb 原子，则根据甲脒铅碘化学式可知 (FAPbI_3) 可知，Z 表示 I 原子，处于图示虚线立方体框的棱心（部分原子被档住而未画出）位置，X 表示甲脒，处于虚线立方体框的体心位置。故可得甲脒的碘配位数为 12（即 12 个棱心位置的 I）。

15. 新假荆芥内酯 (neonepetalactone) 可用作杀虫剂，其合成路线如下：



(1) B 的含氧官能团名称为_____

(2) 下列有关说法正确的是_____

A. A 的分子式为 $C_{10}H_{16}O_2$

B. C 分子中有手性碳原子

C. ③的反应条件可为“酸性 $KMnO_4$ 溶液”

D. 1mol D 最多与 3mol H_2 加成

(3) E 的结构简式为_____

(4) 已知新假荆芥内酯分子结构含两个环, ⑥的化学方程式为_____

(5) D 的同分异构体中能同时满足以下三个条件的有_____种 (不考虑立体异构)

①属于芳香族化合物

②苯环上有两种不同化学环境的氢原子且个数比为 1:2

③1mol 有机物最多能与 2 mol NaOH 溶液反应

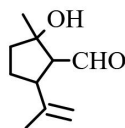
【试题背景及命题意图】

环烯醚萜是一类单萜烯, 具有高效和多样的生物活性。它们可用作杀虫剂和动物引诱剂。

本题以新假荆芥内酯 (neonepetalactone, 假荆芥内酯之一) 的合成路线为情境, 以合成流程图为信息载体, 考查“有机化学基础”模块的核心内容: ①官能团的基本概念; ②有机基本反应类型, 反应条件选择, 相关化学反应方程式的规范书写; ③手性碳原子的判断; ④同分异构体的确定。能力层面考查考生接受、吸收、整合信息的能力, 分析、归纳解决问题的能力, 要求学生利用正向思维和逆向思维解决合成问题。

【讲评建议】

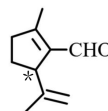
(1) 利用题给的“已知”信息①推出 B 的结构简式为



答案为: 含氧官能团的名称为: 羟基、醛基。

(2) A 选项: 由 A 的键线式可知其分子式为 $C_{10}H_{16}O_2$, A 选项正确;

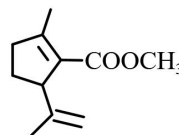
B 选项: C 如右图, 标“*”的碳原子为手性碳原子, B 选项正确;



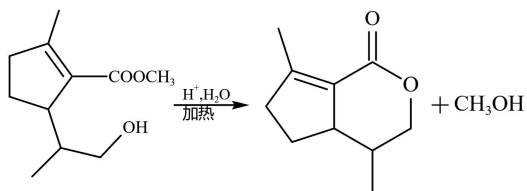
C 选项: ③是将 C 中的醛基氧化为羧基而不改变碳碳双键, 氧化剂不可选用“酸性高锰酸钾溶液”, 因为酸性高锰酸钾溶液在氧化醛基的同时也会氧化碳碳双键, C 选项错误;

D 选项: D 中只有碳碳双键会与 H_2 发生加成反应, 所以 1mol D 最多与 2mol H_2 反应, D 选项错误。

(3) 由反应条件及 D、F 的结构简式可知④为酯化反应, E 的结构简式为:

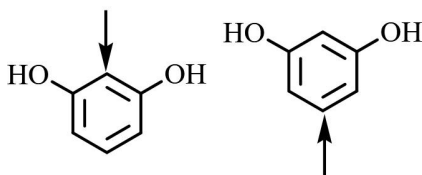


(4) 由题给的“已知”信息②，结合 F 的名称为“新假荆芥内酯”，推知，该步反应为分子内的酯



交换反应，答案为：

(5) D 的分子式为： $C_{10}H_{14}O_2$ ，不饱和度为 4。根据要求，其同分异构体含苯环，而苯环的不饱和度为 4，则可知除苯环外，其结构中不存在其它的不饱和结构。1mol 的该有机物能与 2mol NaOH 溶液发生反应，说明存在 2 个酚羟基，再由苯环上只有 2 种不同环境的氢，且个数比为 1:2，说明苯环上共有三个取代基，其中两个取代基为酚羟基，则剩下的 4 个 C 原子以一个取代基的形式出现，三个取代基的相对位置只有以下两种：



而箭号所示的基团为“ $-C_4H_9$ ”，其结构共有四种，分别为：

$-CH_2CH_2CH_2CH_3$ 、 $-CH(CH_3)CH_2CH_3$ 、 $-CH_2CH(CH_3)_2$ 、 $-C(CH_3)_3$ ；答案为：8。