

2020 年普通高等学校招生全国统一考试

理科综合能力测试(全国卷 II)

注意事项:

1. 答卷前, 考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时, 选出每小题答案后, 用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑, 如需改动, 用橡皮擦干净后, 再选涂其它答案标号。回答非选择题时, 将答案写在答题卡上, 写在本试卷上无效。
3. 考试结束后, 将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 N 14 O 16 Mg 24 S 32 Fe 56 Cu 64

一、选择题: 本题共 7 个小题, 每小题 6 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。

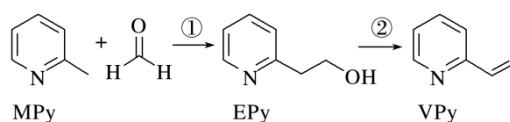
7. 北宋沈括《梦溪笔谈》中记载: “信州铅山有苦泉, 流以为涧。挹其水熬之则成胆矾, 烹胆矾则成铜。熬胆矾铁釜, 久之亦化为铜”。下列有关叙述错误的是()

- A. 胆矾的化学式为 CuSO_4
- B. 胆矾可作为湿法冶铜的原料
- C. “熬之则成胆矾”是浓缩结晶过程
- D. “熬胆矾铁釜, 久之亦化为铜”是发生了置换反应

答案 A

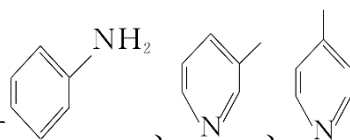
解析 胆矾是晶体, 化学式为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, A 错误; 湿法冶铜, 即“胆铜法”, 利用金属的活动性强弱, 铁与硫酸铜溶液反应的化学方程式为 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$, B 正确; “熬之则成胆矾”就是加热浓缩、溶质结晶析出的过程, C 正确; “熬胆矾铁釜, 久之亦化为铜”, 即铁置换出铜: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$, 反应类型为置换反应, D 正确。

8. 某白色固体混合物由 NaCl 、 KCl 、 MgSO_4 、 CaCO_3 中的两种组成, 进行如下实验: ①混合物溶于水, 得到澄清透明溶液; ②做焰色反应, 通过钴玻璃可观察到紫色; ③向溶液中



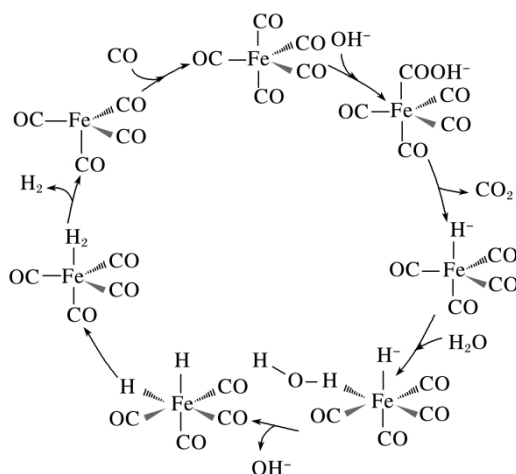
- A. MPy 只有两种芳香同分异构体
- B. EPy 中所有原子共平面
- C. VPy 是乙烯的同系物
- D. 反应②的反应类型是消去反应

答案 D



解析 MPy 的芳香同分异构体有 , , , 共 3 种, A 错误; EPy 中含有两个 “—CH₂—”, 均为饱和碳原子, 所有原子不可能共平面, B 错误; 同系物是指结构相似, 在组成上相差一个或若干个 “CH₂” 原子团的一系列有机物, VPy 与乙烯结构不同, 两者不互为同系物, C 错误; 由题图中醇羟基转化为碳碳双键可知, 发生了消去反应, D 正确。

11. 据文献报道: $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 催化某反应的一种反应机理如下图所示。下列叙述错误的是 ()



- A. OH^- 参与了该催化循环
- B. 该反应可产生清洁燃料 H_2
- C. 该反应可消耗温室气体 CO_2

D. 该催化循环中 Fe 的成键数目发生变化

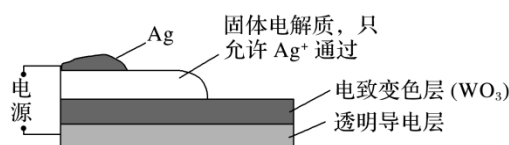
答案 C

解析 根据题图中信息可知, OH^- 参与了该催化循环过程, A 正确; 由题图中箭头方向可知有 H_2 生成, 所以该反应可以产生清洁燃料 H_2 , B 正确; 由题图中箭头方向可知, 在催

化反应过程中释放出 CO_2 , CO_2 是生成物, C 错误; 根据题图中信息可知, $\text{OC}-\text{Fe}(\text{CO})_3$ 转化

为 $\text{OC}-\text{Fe}(\text{CO})_2$ 和 H_2 的过程中, 铁的成键数目发生了变化, D 正确。

12. 电致变色器件可智能调控太阳光透过率, 从而实现节能。下图是某电致变色器件的示意图。当通电时, Ag^+ 注入到无色 WO_3 薄膜中, 生成 Ag_xWO_3 , 器件呈现蓝色, 对于该变化过程, 下列叙述错误的是()



A. Ag 为阳极

B. Ag^+ 由银电极向变色层迁移

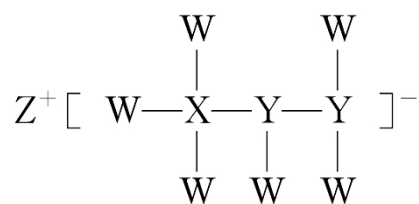
C. W 元素的化合价升高

D. 总反应为: $\text{WO}_3 + x\text{Ag} \rightleftharpoons \text{Ag}_x\text{WO}_3$

答案 C

解析 根据题给信息, 通电时 Ag^+ 注入无色 WO_3 薄膜中, 生成 Ag_xWO_3 , 可得 Ag 为阳极, 失去电子发生氧化反应, $\text{Ag} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+$, Ag^+ 通过固体电解质向变色层迁移, 总反应为 $\text{WO}_3 + x\text{Ag} \rightleftharpoons \text{Ag}_x\text{WO}_3$, A、B、D 正确; WO_3 得 $x\text{e}^-$ 生成 WO_3^{x-} , W 元素的化合价降低, C 错误。

13. 一种由短周期主族元素组成的化合物(如图所示), 具有良好的储氢性能, 其中元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大、且总和为 24。下列有关叙述错误的是()



- A. 该化合物中，W、X、Y 之间均为共价键
- B. Z 的单质既能与水反应，也可与甲醇反应
- C. Y 的最高化合价氧化物的水化物为强酸
- D. X 的氟化物 XF_3 中原子均为 8 电子稳定结构

答案 D

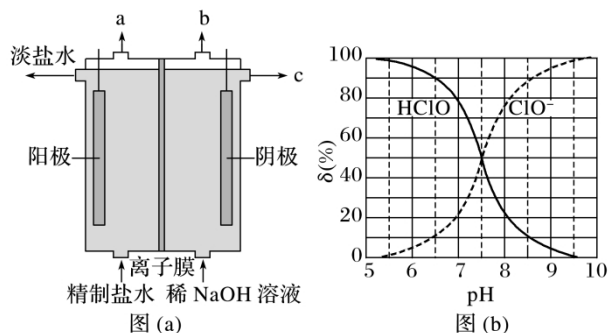
解析 根据图中信息可得，Z 为 Na，W 为 H，结合题给信息“W、X、Y、Z 的原子序数依次增大、且总和为 24”可推知，X 为 B，Y 为 N。H、B、N 三种非金属元素之间形成的化学键均为共价键，A 正确；Na 既可以与水反应，也可以和甲醇反应，B 正确；N 的最高价氧化物对应的水化物为硝酸，C 正确；三氟化硼中硼原子最外层有 3 个电子，与氟原子之间形成 3 个共价键，即最外层共 6 个电子，不满足 8 电子稳定结构，D 错误。

三、非选择题：第 26~28 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 35~36 题为选考题，考生根据要求作答。

(一)必考题：

26. (14 分)化学工业为疫情防控提供了强有力的物质支撑。氯的许多化合物既是重要化工原料，又是高效、广谱的灭菌消毒剂。回答下列问题：

(1)氯气是制备系列含氯化合物的主要原料，可采用如图(a)所示的装置来制取。装置中的离子膜只允许_____离子通过，氯气的逸出口是_____(填标号)。



(2)次氯酸为一元弱酸，具有漂白和杀菌作用，其电离平衡体系中各成分的组成分数 $\delta[\delta(X)] = \frac{c(X)}{c(\text{HClO}) + c(\text{ClO}^-)}$ ，X 为 HClO 或 ClO^-] 与 pH 的关系如图(b)所示。HClO 的电离常数 K_a 值为_____。

(3) Cl_2O 为淡棕黄色气体，是次氯酸的酸酐，可由新制的 HgO 和 Cl_2 反应来制备，该反应为歧化反应(氧化剂和还原剂为同一种物质的反应)。上述制备 Cl_2O 的化学方程式为_____。

(4) ClO_2 常温下为黄色气体，易溶于水，其水溶液是一种广谱杀菌剂。一种有效成分为 NaClO_2 、 NaHSO_4 、 NaHCO_3 的“二氧化氯泡腾片”，能快速溶于水，溢出大量气泡，得到 ClO_2 溶液。上述过程中，生成 ClO_2 的反应属于歧化反应，每生成 1 mol ClO_2 消耗 NaClO_2 的量为_____mol；产生“气泡”的化学方程式为_____。

(5)“84 消毒液”的有效成分为 NaClO，不可与酸性清洁剂混用的原因是_____ (用离子方程式表示)。工业上是将氯气通入到 30% 的 NaOH 溶液中来制备 NaClO 溶液，若 NaClO 溶液中 NaOH 的质量分数为 1%，则生产 1 000 kg 该溶液需消耗氯气的质量为_____ kg(保留整数)。

答案 (1) Na^+ a

(2) $10^{-7.5}$

(3) $2\text{Cl}_2 + \text{HgO} = \text{HgCl}_2 + \text{Cl}_2\text{O}$

(4)1.25 $\text{NaHCO}_3 + \text{NaHSO}_4 = \text{CO}_2 \uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

(5) $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 203

解析 (1)电解精制盐水的电极反应为阳极： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ，阴极： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ，为了防止阴极产生的 OH^- 与阳极产生的 Cl_2 反应，中间的离子交换膜应为阳离子交换膜，只允许 Na^+ 通过， Cl_2 在 a 口逸出。(2)由图像知，当 $\text{pH}=7.5$ 时， $\delta(\text{ClO}^-) = \frac{c(\text{ClO}^-)}{c(\text{HClO}) + c(\text{ClO}^-)} = 50\%$ ，可求得该点 $c(\text{ClO}^-) = c(\text{HClO})$ ，由 HClO 的电离方程式 $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{ClO}^- + \text{H}^+$ ， $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{ClO}^-)}{c(\text{HClO})} = \frac{10^{-7.5} \cdot c(\text{ClO}^-)}{c(\text{HClO})} = 10^{-7.5}$ 。(3)由新制的 HgO 和 Cl_2 反应制备 Cl_2O ，由于该反应为歧化反应，所以只有氯元素的化合价发生变化，由 0 价变为 +1 价和

-1 价, 所以反应的化学方程式为 $2\text{Cl}_2 + \text{HgO} = \text{HgCl}_2 + \text{Cl}_2\text{O}$ 。(4)由题意知, 在 NaClO_2 生成 ClO_2 的过程中, 发生歧化反应, NaClO_2 既是氧化剂, 又是还原剂, $4\text{NaClO}_2 \xrightarrow{\text{失 } 1\text{e}^- \times 4} 4\text{ClO}_2, \text{NaClO}_2 \xrightarrow{\text{得 } 4\text{e}^-} \text{NaCl}$, 每生成 4 mol ClO_2 , 需消耗 5 mol NaClO_2 , 所以每生成 1 mol ClO_2 , 需消耗 $\frac{5}{4}$ mol(即 1.25 mol) NaClO_2 。产生的气泡的成分为 CO_2 , 反应的化学方程式为 $\text{NaHCO}_3 + \text{NaHSO}_4 = \text{CO}_2 \uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 。(5)“84 消毒液”遇到酸性清洁剂能发生氧化还原反应: $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, Cl_2 有毒, 故“84 消毒液”不能和酸性清洁剂混用。1 000 kg 溶液中 NaOH 溶液的质量为 $m(\text{NaOH}) = 1\,000\text{ kg} \times 1\% = 10\text{ kg}$, 设反应中消耗 Cl_2 的质量为 $x\text{ kg}$, 则:

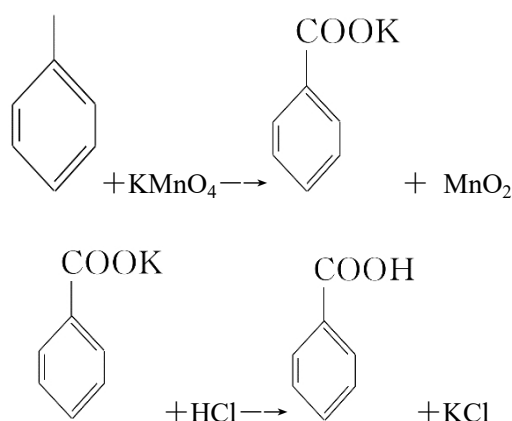


80 71

$\frac{80}{71}x\text{ kg}$ $x\text{ kg}$

需要 NaOH 溶液的质量为 $(10\text{ kg} + \frac{80}{71}x\text{ kg}) \div 30\% = \frac{10}{3}(10 + \frac{80}{71}x)\text{ kg}$ 。溶液的质量 = NaOH 溶液的质量 + Cl_2 的质量, $1\,000\text{ kg} = \frac{10}{3}(10 + \frac{80}{71}x)\text{ kg} + x\text{ kg}$, 解得 $x \approx 203$ 。

27. (15 分)苯甲酸可用作食品防腐剂。实验室可通过甲苯氧化制苯甲酸, 其反应原理简示如下:



名称	相对分子质量	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	密度/($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	溶解性
甲苯	92	-95	110.6	0.867	不溶于水, 易溶于乙醇
苯甲酸	122	122.4(100 $^{\circ}\text{C}$ 左)	248	—	微溶于冷水,

		右开始升华)			易溶于乙醇、 热水
--	--	--------	--	--	--------------

实验步骤:

(1)在装有温度计、冷凝管和搅拌器的三颈烧瓶中加入 1.5 mL 甲苯、100 mL 水和 4.8 g(约 0.03 mol)高锰酸钾,慢慢开启搅拌器,并加热回流至回流液不再出现油珠。

(2)停止加热,继续搅拌,冷却片刻后,从冷凝管上口慢慢加入适量饱和亚硫酸氢钠溶液,并将反应混合物趁热过滤,用少量热水洗涤滤渣。合并滤液和洗涤液,于冰水浴中冷却,然后用浓盐酸酸化至苯甲酸析出完全。将析出的苯甲酸过滤,用少量冷水洗涤,放在沸水浴上干燥。称量,粗产品为 1.0 g。

(3)纯度测定:称取 0.122 g 粗产品,配成乙醇溶液,于 100 mL 容量瓶中定容。每次移取 25.00 mL 溶液,用 $0.010\ 00\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KOH 标准溶液滴定,三次滴定平均消耗 21.50 mL 的 KOH 标准溶液。

回答下列问题:

(1)根据上述实验药品的用量,三颈烧瓶的最适宜规格为_____ (填标号)。

A. 100 mL

B. 250 mL

C. 500 mL

D. 1 000 mL

(2)在反应装置中应选用_____ 冷凝管(填“直形”或“球形”),当回流液不再出现油珠即可判断反应已完成,其判断理由是_____。

(3)加入适量饱和亚硫酸氢钠溶液的目的是_____ ;该步骤亦可用草酸在酸性条件下处理,请用反应的离子方程式表达其原理_____。

(4)“用少量热水洗涤滤渣”一步中滤渣的主要成分是_____。

(5)干燥苯甲酸晶体时,若温度过高,可能出现的结果是_____。

(6)本实验制备的苯甲酸的纯度为_____ ;据此估算本实验中苯甲酸的产率最接近于

_____ (填标号)。

A. 70%

B. 60%

C. 50%

D. 40%

(7)若要得到纯度更高的苯甲酸,可通过在水中_____的方法提纯。

答案 (1)B

(2)球形 无油珠说明不溶于水的甲苯已经被完全氧化

(3)除去过量的高锰酸钾,避免在用盐酸酸化时,产生氯气



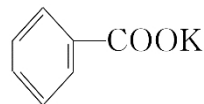
(4) MnO_2

(5)苯甲酸升华而损失

(6)86.0% C

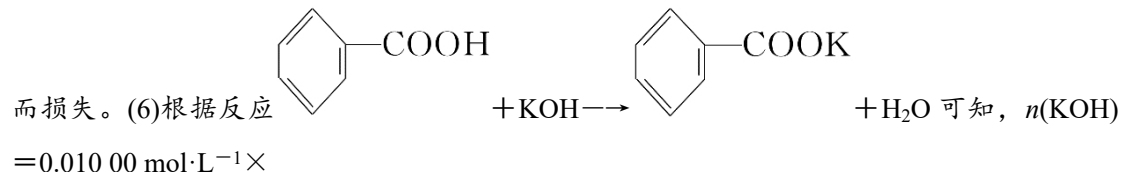
(7)重结晶

解析 (1)该反应需要向三颈烧瓶中加入 1.5 mL 甲苯、100 mL 水和 4.8 g 高锰酸钾,所以三颈烧瓶的最适宜规格为 250 mL。(2)反应中应选用球形冷凝管,球形冷凝管散热面积大,冷凝效果好;回流液中不再出现油珠,说明不溶于水的甲苯(油状液体)已经被 KMnO_4 完全氧化。(3)加入适量饱和亚硫酸氢钠溶液的目的: NaHSO_3 与 $\text{KMnO}_4(\text{H}^+)$ 发生氧化还原反应除去过量的 $\text{KMnO}_4(\text{H}^+)$,防止用盐酸酸化时, KMnO_4 把盐酸中的 Cl^- 氧化为 Cl_2 ;该过程也可用草酸在酸性条件下与 KMnO_4 反应除去 KMnO_4 ,反应的离子方程式为 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。(4)用少量热水洗涤滤渣的目的是使生成的



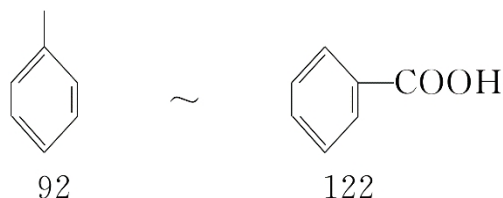
尽可能溶于水,故滤渣的主要成分是 KMnO_4 在中性条件下的还原产物

MnO_2 。(5)苯甲酸在 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 左右开始升华,干燥苯甲酸晶体时,若温度过高,苯甲酸易升华



$$21.50 \times 10^{-3} \text{ L} \times 4, m(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 0.010\ 00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 21.50 \times 10^{-3} \text{ L} \times 4 \times 122 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.104\ 92 \text{ g}, \text{ 制备的苯甲酸的纯度为 } \frac{0.10492 \text{ g}}{0.122 \text{ g}} \times 100\% = 86.0\%。$$

在理论上, 1 mol 甲苯反应后生成 1 mol 苯甲酸, 则:



$$1.5 \text{ mL} \times 0.867 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \quad m$$

苯甲酸的理论产量 $m \approx 1.72 \text{ g}$

$$\text{苯甲酸的产率为 } \frac{1.0 \text{ g} \times 86.0\%}{1.72 \text{ g}} \times 100\% = 50\%。$$

(7) 根据苯甲酸的水溶性可知, 若要得到纯度更高的苯甲酸, 需要利用重结晶的方法进行提纯。

28. (14 分) 天然气的主要成分为 CH_4 , 一般还含有 C_2H_6 等烃类, 是重要的燃料和化工原料。

(1) 乙烷在一定条件可发生如下反应: $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$, 相关物质的燃烧热数据如下表所示:

物质	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$
燃烧热 $\Delta H/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-1 560	-1 411	-286

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

② 提高该反应平衡转化率的方法有 、 。

③ 容器中通入等物质的量的乙烷和氢气, 在等压 (p) 发生上述反应, 乙烷的平衡转化率为 α 。反应的平衡常数 $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$ (用平衡分压代替平衡浓度计算, 分压 = 总压 \times 物质的量分数)。

(2) 高温下, 甲烷生成乙烷的反应如下: $2\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ 。反应在初期阶段的速率方程为: r

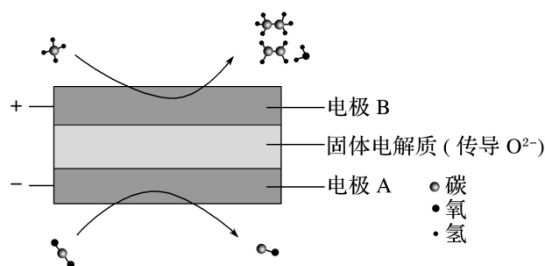
$=k \times c_{\text{CH}_4}$ ，其中 k 为反应速率常数。

①设反应开始时的反应速率为 r_1 ，甲烷的转化率为 α 时的反应速率为 r_2 ，则 $r_2 =$ _____
 r_1 。

②对于处于初期阶段的该反应，下列说法正确的是_____。

- A. 增加甲烷浓度， r 增大
- B. 增加 H_2 浓度， r 增大
- C. 乙烷的生成速率逐渐增大
- D. 降低反应温度， k 减小

(3) CH_4 和 CO_2 都是比较稳定的分子，科学家利用电化学装置实现两种分子的耦合转化，其原理如下图所示：



①阴极上的反应式为_____。

②若生成的乙烯和乙烷的体积比为 2 : 1，则消耗的 CH_4 和 CO_2 体积比为_____。

答案 (1)①+137 ②升高温度 减小压强(增大体积) ③ $\frac{\alpha(1+\alpha)}{(2+\alpha)(1-\alpha)} \times p$

(2)① $1-\alpha$ ②AD

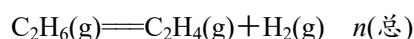
(3)① $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{CO} + \text{O}^{2-}$ ②6 : 5

解析 (1)①选写出三种气体的燃烧热的热化学方程式，然后根据盖斯定律， $\Delta H_1 = -1\,560$ kJ·

$\text{mol}^{-1} - (-1\,411 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +137 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

② $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H_1 = +137 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 是一个气体分子数增大的吸热反应，要提高反应物的转化率，可以采取升高温度、减小压强(增大体积)等措施。

③设容器中通入的乙烷和氢气均为 1 mol, 则:



初始量/mol	1	0	1
转化量/mol	α	α	α
平衡量/mol	$1-\alpha$	α	$1+\alpha$
			$2+\alpha$

$$K_p = \frac{\left(\frac{\alpha}{2+\alpha} \times P\right) \times \left(\frac{1+\alpha}{2+\alpha} \times P\right)}{\frac{1-\alpha}{2+\alpha} \times P} = \frac{\alpha(1+\alpha)}{(2+\alpha)(1-\alpha)} \times P。$$

(2)①甲烷的转化率为 α 时, $c(\text{CH}_4)_2 = (1-\alpha) c(\text{CH}_4)_1$, 则 $\frac{r_2}{r_1} = \frac{kc(\text{CH}_4)_2}{kc(\text{CH}_4)_1} = 1-\alpha$, 即 $r_2 = (1-\alpha)r_1$ 。

②A 对, 由速率方程知, 甲烷的浓度越大, 反应越快; B 错, H_2 的浓度大小不影响反应速率; C 错, 反应过程中 c_{CH_4} 逐渐减小, 故 C_2H_6 的生成速率逐渐减小; D 对, 降低反应温度, 反应速率减小, 故 k 减小。(3)①由图示可知, 阴极上 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}$, 且固体电解质能传导 O^{2-} , 则阴极反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO} + \text{O}^{2-}$ 。②假设生成的乙烯和乙烷的物质的量分别为 2 mol 和 1 mol, 由 $4\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2$ 、 $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ 知, 生成 2 mol 乙烯和 1 mol 乙烷时, 共脱去 5 mol H_2 , 转移 10 mol e^- , 根据电子转移数目守恒可知, 此时消耗的 CO_2 为 5 mol, 消耗的 CH_4 为 6 mol, 即消耗的 CH_4 和 CO_2 的体积比为 6:5。

(二)选考题: 请考生从 2 道化学题中任选一题作答。如果多做, 则每科按所做的第一题计分。

35. [化学——选修 3: 物质结构与性质](15 分)

钙钛矿(CaTiO_3)型化合物是一类可用于生产太阳能电池、传感器、固体电阻器等的功能材料, 回答下列问题:

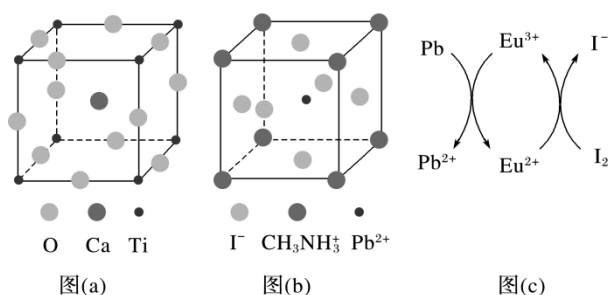
(1)基态 Ti 原子的核外电子排布式为_____。

(2)Ti 的四卤化物熔点如下表所示, TiF_4 熔点高于其他三种卤化物, 自 TiCl_4 至 TiI_4 熔点依次升高, 原因是_____。

化合物	TiF_4	TiCl_4	TiBr_4	TiI_4
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	377	-24.12	38.3	155

(3) CaTiO_3 的晶胞如图(a)所示, 其组成元素的电负性大小顺序是_____; 金属离子与氧离子间的作用力为_____, Ca^{2+} 的配位数是_____。

(4) 一种立方钙钛矿结构的金属卤化物光电材料的组成为 Pb^{2+} 、 I^- 和有机碱离子 CH_3NH_3^+ , 其晶胞如图(b)所示。其中 Pb^{2+} 与图(a)中_____的空间位置相同, 有机碱 CH_3NH_3^+ 中, N 原子的杂化轨道类型是_____; 若晶胞参数为 $a \text{ nm}$, 则晶体密度为_____ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (列出计算式)。



(5) 用上述金属卤化物光电材料制作的太阳能电池在使用过程中会产生单质铅和碘, 降低了器件效率和使用寿命。我国科学家巧妙地在此材料中引入稀土铕(Eu)盐, 提升了太阳能电池的效率和使用寿命, 其作用原理如图(c)所示, 用离子方程式表示该原理_____。

答案 (1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$

(2) TiF_4 为离子化合物, 熔点高, 其他三种均为共价化合物, 随相对分子质量的增大分子间作用力增大, 熔点逐渐升高

(3) $\text{O} > \text{Ti} > \text{Ca}$ 离子键 12

(4) Ti^{4+} sp^3 $\frac{620}{a^3 \times N_A} \times 10^{21}$

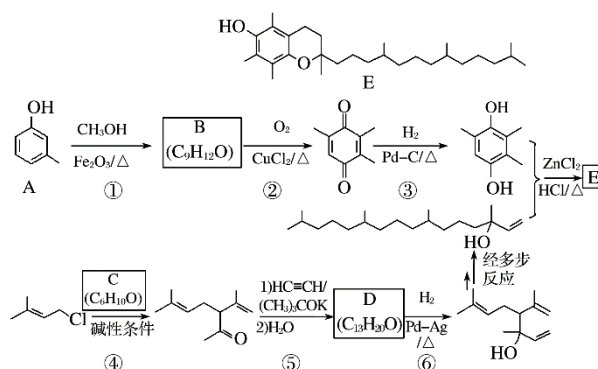
(5) $2\text{Eu}^{3+} + \text{Pb} \rightleftharpoons 2\text{Eu}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$ $2\text{Eu}^{2+} + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{Eu}^{3+} + 2\text{I}^-$

解析 (1) Ti 的原子序数为 22, 因此基态 Ti 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$ 。(2) TiF_4 的熔点明显高于 TiCl_4 , 而 TiCl_4 、 TiBr_4 、 TiI_4 的熔点依次升高, 由此说明 TiF_4 为离子化合物, 而 TiCl_4 、 TiBr_4 、 TiI_4 为共价化合物, 共价化合物随相对分子质量的增大, 分子间作用力增大, 因此熔点依次升高。(3) 三种元素中 O 的电负性最大, Ca 的电负性最小, 因此三种元素电负性的大小顺序为 $\text{O} > \text{Ti} > \text{Ca}$ 。氧离子与金属离子之间形成的是离子键。

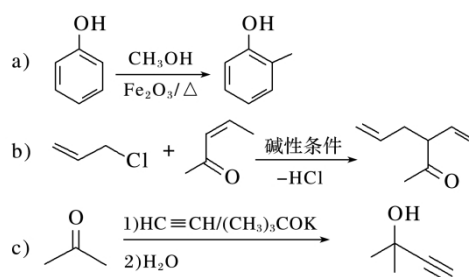
由图(a)可知, 每个 Ca^{2+} 周围与之等距离的 O^{2-} 的个数为 12, 即配位数为 12。(4)由图(b)可知, 该晶胞中 I^- 位于面心上, 每个 Pb^{2+} 周围有 6 个 I^- , 图(a)中每个 Ti^{4+} 周围有 6 个 O^{2-} , 由此可知, Pb^{2+} 与图(a)中的 Ti^{4+} 位置相同。N 原子形成 4 个 σ 键, 价电子层上无孤电子对, 因此杂化轨道类型是 sp^3 。每个晶胞中含有 1 个 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{I}_3$, 晶胞的体积为 $(a \times 10^{-7})^3 \text{ cm}^3$, $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{I}_3$ 的相对分子质量为 620, 因此 1 个晶胞的质量为 $\frac{620}{N_A} \text{ g}$, 晶体密度为 $\frac{620}{a^3 \times N_A} \times 10^{21} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。(5)由图(c)可知, Pb 与 Eu^{3+} 反应生成 Pb^{2+} 和 Eu^{2+} , 即离子方程式为 $\text{Pb} + 2\text{Eu}^{3+} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{Eu}^{2+}$; I_2 和 Eu^{2+} 反应生成 I^- 和 Eu^{3+} , 即离子方程式为 $\text{I}_2 + 2\text{Eu}^{2+} = 2\text{I}^- + 2\text{Eu}^{3+}$ 。

36. [化学——选修 5: 有机化学基础](15 分)

维生素 E 是一种人体必需的脂溶性维生素, 现已广泛应用于医药、营养品、化妆品等。天然的维生素 E 由多种生育酚组成, 其中 α -生育酚(化合物 E)含量最高, 生理活性也最高。下面是化合物 E 的一种合成路线, 其中部分反应略去。



已知以下信息:



回答下列问题:

(1)A 的化学名称为_____。

(2)B 的结构简式为_____。

(3)反应物 C 含有三个甲基，其结构简式为_____。

(4)反应⑤的反应类型为_____。

(5)反应⑥的化学方程式为_____。

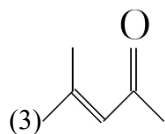
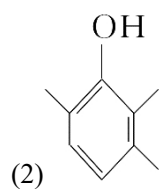
(6)化合物 C 的同分异构体中能同时满足以下三个条件的有_____个(不考虑立体异构体，填标号)。

(i)含有两个甲基；(ii)含有酮羰基(但不含 $C \equiv C=O$)；(iii)不含有环状结构。

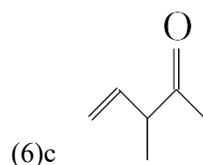
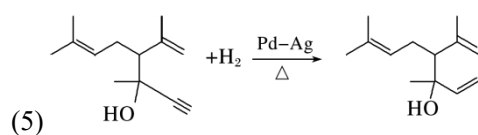
(a)4 (b)6 (c)8 (d)10

其中，含有手性碳(注：连有四个不同的原子或基团的碳)的化合物的结构简式为_____。

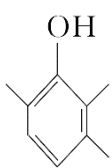
答案 (1)3-甲基苯酚(或间甲基苯酚)

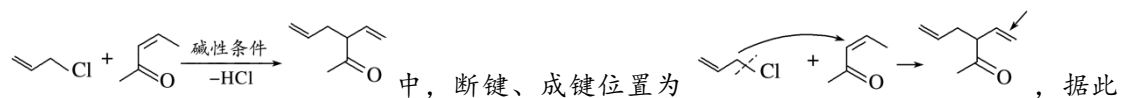


(4)加成反应



解析 (1)由 A 的结构简式可知，A 的名称为 3-甲基苯酚或间甲基苯酚。(2)由信息 a 及 B

的分子式可知，B 的结构简式为 。(3)由信息 b 可知，反应



结合题中反应④中反应物和生成物的结构简式可推断 C 为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHO}$ 。(4)由信息 c 可知，

反应⑤是 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ 中的 H 加到 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CHCHO}$ 中羰基的氧原子上，而 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ 加到羰基的碳原子上，则 D 的结构简式为

$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{C}\equiv\text{CH}$ ，反应⑤属于加成反应。(5)由反应⑥中反应物和生成物的结构简式可知，D 与 H_2 发生加成反应，碳碳三键变为碳碳双键，化学方程式

为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{Pd-Ag}} \text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{CH}=\text{CH}_2$ 。(6)化合物 C 符合条件的同分异构体中，必须含有

酮羰基和碳碳双键，可采用插入法书写其同分异构体的结构简式。第 1 步先抽出 “ $\text{C}=\text{O}$ ”，

剩余部分碳骨架可能为 $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (舍去，只含 1 个甲基)、 $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 、 $\text{CH}_2=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ 、

$\text{CH}_2=\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$ (舍去，含 3 个甲基)和 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 。第 2 步：在合适的位置插入 “ $\text{C}=\text{O}$ ”，则合适的位置

分别有 $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (位置 1, 2, 3, 4, 5, 6)、 $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (位置 7, 8, 9) (其中，位置 7 和 9 插入羰基得到的是同种物质)，故符合条件的同分异构体共有 8 种。其中，含有手性碳原子的化合物为位置 7 插入羰基的产物，

其结构简式为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 。