

2019 年全国统一高考化学试卷（新课标Ⅲ）

参考答案与试题解析

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。

1.（6 分）化学与生活密切相关。下列叙述错误的是（ ）

- A. 高纯硅可用于制作光感电池
- B. 铝合金大量用于高铁建设
- C. 活性炭具有除异味和杀菌作用
- D. 碘酒可用于皮肤外用消毒

【分析】A. Si 为半导体材料，能作电池；

B. 铝合金大量用于高铁建设；

C. 活性炭具有吸附性；

D. 碘酒能使蛋白质变性。

【解答】解：A. Si 为半导体材料，能作光感电池，故 A 正确；

B. 铝合金在生活中用途最广泛，大量用于高铁建设，故 B 正确；

C. 活性炭具有吸附性，没有强氧化性，所以活性炭能去除异味，但是不能杀菌消毒，故 C 错误；

D. 碘酒能使蛋白质变性而杀菌消毒，所以碘酒可用于皮肤外用消毒，故 D 正确；

故选：C。

【点评】本题考查化学与生活，明确元素化合物性质是解本题关键，熟练掌握常见元素化合物性质并归纳总结，题目难度不大。

2.（6 分）下列化合物的分子中，所有原子可能共平面的是（ ）

- A. 甲苯
- B. 乙烷
- C. 丙炔
- D. 1, 3 - 丁二烯

【分析】如果分子中 C 原子采用 sp^3 杂化，则该分子中采用 sp^3 杂化的 C 原子连接的取代基具有甲烷结构特点，该分子中所有原子一定不共平面，苯和乙烯中所有原子共平面，共价单键可以旋转，据此分析解答。

【解答】解：A. 甲苯甲基上的 C 原子采用 sp^3 杂化，则该分子中所有原子一定不共平面，故 A 错误；

B. 乙烷中两个 C 原子都采用 sp^3 杂化，所以该分子中所有原子一定不共平面，故 B 错误；

C. 丙炔中甲基上的 C 原子采用 sp^3 杂化, 则该分子中所有原子一定不共平面, 故 C 错误
D. 1, 3 - 丁二烯结构简式为 $CH_2=CHCH=CH_2$, 所有原子都采用 sp^2 杂化, $CH_2=CH-$ 具有乙烯结构特点且共价单键可以旋转, 所以该分子中所有原子可能共平面, 故 D 正确
故选: D。

【点评】本题考查原子共平面判断, 侧重考查分析判断能力, 可以采用知识迁移方法或杂化轨道理论判断, 明确甲烷、乙烯、乙炔和苯结构及杂化轨道理论是解本题关键, 注意: 共价单键能旋转, 题目难度不大。

3. (6 分) X、Y、Z 均为短周期主族元素, 它们原子的最外层电子数之和是 10. X 与 Z 同族, Y 最外层电子数等于 X 次外层电子数, 且 Y 原子半径大于 Z. 下列叙述正确的是 ()

- A. 熔点: X 的氧化物比 Y 的氧化物高
B. 热稳定性: X 的氢化物大于 Z 的氢化物
C. X 与 Z 可形成离子化合物 ZX
D. Y 的单质与 Z 的单质均能溶于浓硝酸

【分析】X、Y、Z 均为短周期主族元素, 它们原子的最外层电子数之和是 10, Y 最外层电子数等于 X 次外层电子数, 因为都是短周期主族元素, 所以 X 次外层为 K 层, Y 最外层电子数为 2, X 与 Z 同族, 则 X、Z 最外层电子数为 4, X、Z 分别是 C、Si 元素, 且 Y 原子半径大于 Z, 则 Y 为 Mg 元素, 即 X、Y、Z 分别是 C、Mg、Si 元素;

- A. X 的氧化物是碳的氧化物, 为分子晶体; Y 的氧化物为 MgO, 为离子晶体, 熔沸点: 离子晶体 > 分子晶体;
B. 元素的非金属性越强, 其氢化物的稳定性越强;
C. X、Z 为非金属元素, 易形成共价化合物;
D. Z 的单质为 Si, Si 和浓硝酸不反应。

【解答】解: 通过以上分析知, X、Y、Z 分别是 C、Mg、Si 元素;

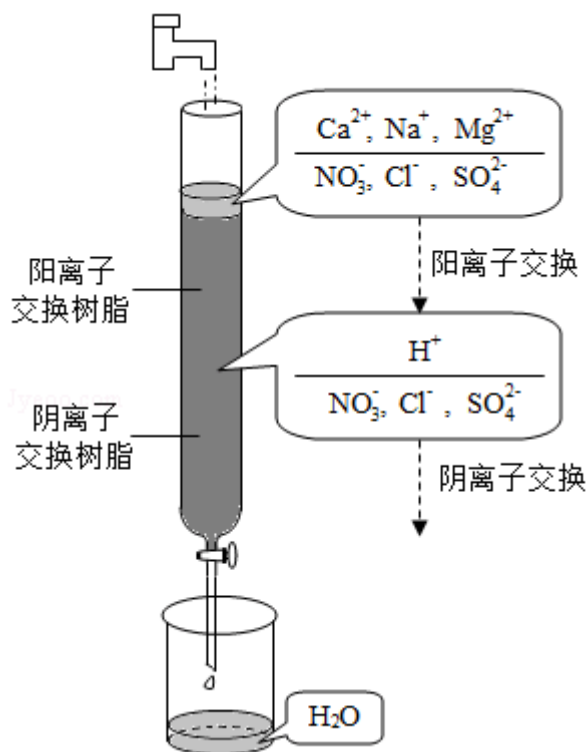
- A. X 的氧化物是碳的氧化物, 为分子晶体; Y 的氧化物为 MgO, 为离子晶体, 熔沸点: 离子晶体 > 分子晶体, 所以熔点: $MgO > CO$ 和 CO_2 , 所以熔点: X 的氧化物低于 Y 的氧化物, 故 A 错误;
B. 元素的非金属性越强, 其氢化物的稳定性越强, 非金属性 $X > Z$, 则热稳定性: X 的氢化物大于 Z 的氢化物, 故 B 正确;
C. X、Z 为非金属元素, 二者通过共用电子对形成共价化合物 SiC, 故 C 错误;

D. Z 的单质为 Si, Si 和浓硝酸不反应, 但是能溶于强碱溶液, 故 D 错误;

故选: B。

【点评】本题考查原子结构和元素周期律关系, 侧重考查分析判断及知识综合运用能力, 正确判断各元素是解本题关键, 注意: 氢化物的稳定性与非金属性强弱有关, 氢化物的熔沸点与分子间作用力和氢键有关, 题目难度不大。

4. (6 分) 离子交换法净化水过程如图所示。下列说法中错误的是 ()



- A. 经过阳离子交换树脂后, 水中阳离子的总数不变
- B. 水中的 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 通过阴离子树脂后被除去
- C. 通过净化处理后, 水的导电性降低
- D. 阴离子树脂填充段存在反应 $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$

【分析】A. 经过阳离子交换树脂后, 溶液中阳离子所带总电荷不变, 但是水中部分阳离子由带 2 个单位正电荷变为带 1 个单位正电荷;

B. 阴离子交换树脂吸收溶液中阴离子;

C. 溶液导电性与离子浓度成正比;

D. 经过阳离子交换膜后得到氢离子, 经过阴离子交换膜后生成水。

【解答】解: A. 经过阳离子交换树脂后, 溶液中阳离子所带总电荷不变, 但是水中部分阳离子由带 2 个单位正电荷变为带 1 个单位正电荷, 导致阳离子总数增加, 故 A 错误

B. 阴离子交换树脂吸收阴离子，所以经过阴离子交换树脂后，溶液中的 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 被树脂吸收而除去，故 B 正确；

C. 溶液导电性与离子浓度成正比，通过净化处理后溶液中阴阳离子被除去导致溶液中离子浓度减小，溶液导电性降低，故 C 正确；

D. 通过阳离子交换膜后得到的溶液中含有氢离子，经过阴离子交换膜后生成水，说明经过阴离子交换膜时发生中和反应，所以阴离子树脂填充段存在反应 $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ ，故 D 正确；

故选：A。

【点评】 本题考查物质分离提纯，侧重考查分析判断及思维缜密性，明确通过交换树脂后离子种类变化是解本题关键，注意：溶液导电性与离子浓度及电荷有关，与溶质溶解性强弱及电解质强弱无关，题目难度不大。

5. (6 分) 设 N_A 为阿伏加德罗常数值。关于常温下 $\text{pH}=2$ 的 H_3PO_4 溶液，下列说法正确的是 ()

A. 每升溶液中的 H^+ 数目为 $0.02N_A$

B. $c(\text{H}^+) = c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + 2c(\text{HPO}_4^{2-}) + 3c(\text{PO}_4^{3-}) + c(\text{OH}^-)$

C. 加水稀释使电离度增大，溶液 pH 减小

D. 加入 NaH_2PO_4 固体，溶液酸性增强

【分析】 A. $\text{pH}=2$ 的溶液中氢离子浓度为 0.01mol/L ，根据 $n=cV$ 、 $N=nN_A$ 计算；

B. 根据磷酸溶液中的电荷守恒分析；

C. 稀释后氢离子浓度减小，溶液的 pH 增大；

D. 磷酸的电离以第一步为主，加入 NaH_2PO_4 固体后，电离平衡逆向进行，氢离子浓度减小。

【解答】 解：A. 常温下 $\text{pH}=2$ 的 H_3PO_4 溶液中 $c(\text{H}^+) = 0.01\text{mol/L}$ ，1L 该溶液中含有的 $n(\text{H}^+) = 0.01\text{mol/L} \times 1\text{L} = 0.01\text{mol}$ ，含有 H^+ 数目为 $0.01N_A$ ，故 A 错误；

B. 根据 H_3PO_4 溶液中的电荷守恒可知 $c(\text{H}^+) = c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + 2c(\text{HPO}_4^{2-}) + 3c(\text{PO}_4^{3-}) + c(\text{OH}^-)$ ，故 B 正确；

C. 加水稀释 H_3PO_4 的浓度减小，其电离度增大，但溶液中氢离子浓度减小，溶液 pH 增大，故 C 错误；

D. 加入 NaH_2PO_4 固体后，抑制了 H_3PO_4 的电离，溶液中氢离子浓度减小，溶液酸性减弱，故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查弱电解质的电离平衡及其影响，题目难度中等，明确电离平衡的影响因素为解答关键，注意掌握电荷守恒的概念，试题侧重考查学生的分析能力及灵活运用能力。

6. (6分) 下列实验不能达到目的是 ()

选项	目的	实验
A.	制取较高浓度的次氯酸溶液	将 Cl_2 通入碳酸钠溶液中
B.	加快氧气的生成速率	在过氧化氢溶液中加入少量 MnO_2
C.	除去乙酸乙酯中的少量乙酸	加入饱和碳酸钠溶液洗涤、分液
D.	制备少量二氧化硫气体	向饱和亚硫酸钠溶液中滴加浓硫酸

A. A

B. B

C. C

D. D

【分析】A. 次氯酸的酸性大于碳酸钠，反应得到的是次氯酸钠；

B. 二氧化锰是过氧化氢分解的催化剂；

C. 乙酸乙酯在饱和碳酸钠溶液中的溶解较小，且碳酸钠能够消耗乙酸；

D. 亚硫酸钠与浓硫酸反应生成二氧化硫、硫酸钠和水。

【解答】解：A. 由于 HClO 的酸性大于碳酸氢根离子，则 Cl_2 与碳酸钠溶液反应生成的是次氯酸钠，无法获得较高浓度的次氯酸溶液，应该用碳酸钙，故 A 错误；

B. 在过氧化氢溶液中加入少量 MnO_2 ，二氧化锰为催化剂，可加快氧气的生成速率，故 B 正确；

C. 饱和碳酸钠溶液中可以降低乙酸乙酯的溶解度，且能够吸收乙酸，可用饱和碳酸钠溶液除去乙酸乙酯中的少量乙酸，故 C 正确；

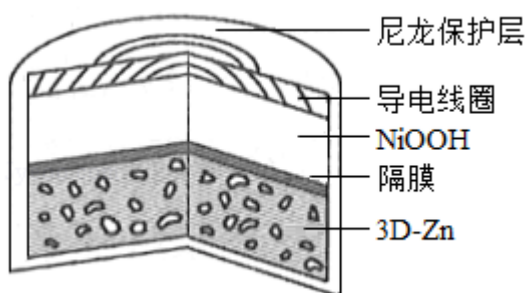
D. 向饱和亚硫酸钠溶液中滴加浓硫酸可生成 SO_2 ，且浓硫酸溶于水放热，降低了 SO_2 的溶解度，能够达到实验目的，故 D 正确；

故选：A。

【点评】本题考查化学实验的评价，题目难度中等，涉及次氯酸、二氧化硫的制备及分离与提纯等知识，明确常见元素化合物性质为解答关键，试题侧重考查学生的分析能力及化学实验能力。

7. (6分) 为提升电池循环效率和稳定性，科学家近期利用三维多孔海绵状 Zn (3D-Zn) 可以高效沉积 ZnO 的特点，设计了采用强碱性电解质的 $3\text{D-Zn} \parallel \text{NiOOH}$ 二次电池，

结构如图所示。电池反应为 $\text{Zn (s)} + 2\text{NiOOH (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{ZnO (s)} + 2\text{Ni (OH)}_2 \text{(s)}$ 。下列说法错误的是 ()



- A. 三维多孔海绵状 Zn 具有较高的表面积，所沉积的 ZnO 分散度高
- B. 充电时阳极反应为 $\text{Ni (OH)}_2 \text{(s)} + \text{OH}^- \text{(aq)} - \text{e}^- = \text{NiOOH (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$
- C. 放电时负极反应为 $\text{Zn (s)} + 2\text{OH}^- \text{(aq)} - 2\text{e}^- = \text{ZnO (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$
- D. 放电过程中 OH^- 通过隔膜从负极区移向正极区

【分析】根据电池反应中元素化合价变化知，Zn 为负极，NiOOH 为正极，电解质溶液呈碱性，负极反应式为 $\text{Zn (s)} + 2\text{OH}^- \text{(aq)} - 2\text{e}^- = \text{ZnO (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$ 、正极反应式为 $\text{NiOOH (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} + \text{e}^- = \text{Ni (OH)}_2 \text{(s)} + \text{OH}^- \text{(aq)}$ ，充电时阳极反应式为 $\text{Ni (OH)}_2 \text{(s)} + \text{OH}^- \text{(aq)} - \text{e}^- = \text{NiOOH (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$ 、阴极反应式为 $\text{ZnO (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} + 2\text{e}^- = \text{Zn (s)} + 2\text{OH}^- \text{(aq)}$ ，放电时电解质中阴离子向负极移动，据此分析解答。

【解答】解：A. 表面积越大，反应物接触面积越大，则沉积的 ZnO 越分散，所以沉积的 ZnO 分散度高，故 A 正确；

B. 充电时阳极上失电子发生氧化反应，电极反应式为 $\text{Ni (OH)}_2 \text{(s)} + \text{OH}^- \text{(aq)} - \text{e}^- = \text{NiOOH (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$ ，故 B 正确；

C. 放电时 Zn 作负极，失电子发生氧化反应，电极反应式为 $\text{Zn (s)} + 2\text{OH}^- \text{(aq)} - 2\text{e}^- = \text{ZnO (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$ ，故 C 正确；

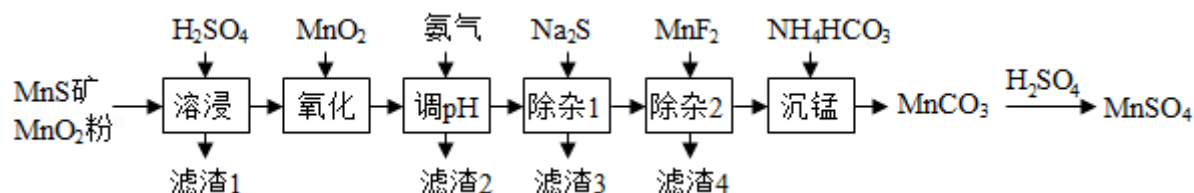
D. 放电时，负极上失电子，电子通过导线到达正极，根据异性相吸原理知，溶液中 OH^- 通过隔膜从正极区移向负极区，故 D 错误；

故选：D。

【点评】本题考查化学电源新型电池，侧重考查原电池和电解池原理，明确各个电极上发生的反应及离子移动方向是解本题关键，难点是各个电极上电极反应式的书写，注意结合电解质特点书写，注意：电子不进入电解质溶液，题目难度不大。

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

8.（14 分）高纯硫酸锰作为合成镍钴锰三元正极材料的原料，工业上可由天然二氧化锰粉与硫化锰矿（还含 Fe、Al、Mg、Zn、Ni、Si 等元素）制备，工艺如图所示。回答下列问题：



相关金属离子 $[c_0(M^{n+})=0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}]$ 形成氢氧化物沉淀的 pH 范围如下：

金属离子	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}
开始沉淀的 pH	8.1	6.3	1.5	3.4	8.9	6.2	6.9
沉淀完全的 pH	10.1	8.3	2.8	4.7	10.9	8.2	8.9

（1）“滤渣 1”含有 S 和 SiO_2 （不溶性硅酸盐）；写出“溶浸”中二氧化锰与硫化锰反应的化学方程式 $\text{MnO}_2 + \text{MnS} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

（2）“氧化”中添加适量的 MnO_2 的作用是 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 。

（3）“调 pH”除铁和铝，溶液的 pH 范围应调节为 4.7 ~ 6 之间。

（4）“除杂 1”的目的是除去 Zn^{2+} 和 Ni^{2+} ，“滤渣 3”的主要成分是 NiS 和 ZnS 。

（5）“除杂 2”的目的是生成 MgF_2 沉淀除去 Mg^{2+} 。若溶液酸度过高， Mg^{2+} 沉淀不完全，原因是 F^- 与 H^+ 结合形成弱电解质 HF ， $\text{MgF}_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{F}^-$ 平衡向右移动。

（6）写出“沉锰”的离子方程式 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

（7）层状镍钴锰三元材料可作为锂离子电池正极材料，其化学式为 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$ ，其中 Ni、Co、Mn 的化合价分别为 +2、+3、+4。当 $x=y=\frac{1}{3}$ 时， $z=\underline{\underline{\frac{1}{3}}}$ 。

【分析】硫化锰矿（还含 Fe、Al、Mg、Zn、Ni、Si 等元素）， MnS 矿和 MnO_2 粉加入稀硫酸， MnO_2 具有氧化性，二者发生氧化还原反应生成 MnSO_4 、S，同时溶液中还有难溶性的 SiO_2 及难溶性的硅酸盐，所以得到的滤渣 1 为 SiO_2 和 S 和难溶性的硅酸盐；然后向滤液中加入 MnO_2 ， MnO_2 氧化还原性离子 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+} ，再向溶液中通入氨气调节溶液的 pH 除铁和铝，所以滤渣 2 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，“除杂 1”的目的是除去 Zn^{2+} 和 Ni^{2+} ，加入的 Na_2S 和 Zn^{2+} 、 Ni^{2+} 反应生成硫化物沉淀，所以滤渣 3 为 NiS 和 ZnS ，“除

杂 2”的目的是生成 MgF_2 沉淀除去 Mg^{2+} ，所以滤渣 4 为 MgF_2 ，最后向滤液中加入碳酸氢铵得到 MnCO_3 沉淀，用稀硫酸溶解沉淀得到硫酸锰 MnCO_3 ，

(1) “滤渣 1”含有 S 和难溶性的二氧化硅或硅酸盐；“溶浸”中二氧化锰与硫化锰发生氧化还原反应生成锰离子、S 和水；

(2) MnO_2 具有氧化性，能氧化还原性离子；

(3) “调 pH”除铁和铝，溶液的 pH 应该大于这两种离子完全沉淀所需 pH 且小于其它离子生成沉淀的 pH 值；

(4) “除杂 1”的目的是除去 Zn^{2+} 和 Ni^{2+} ，这两种离子和硫离子生成硫化物沉淀；

(5) 溶液中存在 MgF_2 的溶解平衡，如果溶液酸性较强，生成弱电解质 HF 而促进氟化镁溶解；

(6) “沉锰”时锰离子和碳酸氢根离子反应生成碳酸锰沉淀，同时还生成水、二氧化碳；

(7) 层状镍钴锰三元材料可作为锂离子电池正极材料，其化学式为 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$ ，其中 Ni、Ni、Co、Mn 的化合价分别为 +2、+3、+4。当 $x=y=\frac{1}{3}$ 时，该化合物中各元素的化合价代数和为 0，从而确定 z。

【解答】解：硫化锰矿（还含 Fe、Al、Mg、Zn、Ni、Si 等元素）， MnS 矿和 MnO_2 粉加入稀硫酸， MnO_2 具有氧化性，二者发生氧化还原反应生成 MnSO_4 、S，同时溶液中还有难溶性的 SiO_2 及难溶性的硅酸盐，所以得到的滤渣 1 为 SiO_2 和 S 和难溶性的硅酸盐；然后向滤液中加入 MnO_2 ， MnO_2 氧化还原性离子 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+} ，再向溶液中通入氨气调节溶液的 pH 除铁和铝，所以滤渣 2 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，“除杂 1”的目的是除去 Zn^{2+} 和 Ni^{2+} ，加入的 Na_2S 和 Zn^{2+} 、 Ni^{2+} 反应生成硫化物沉淀，所以滤渣 3 为 NiS 和 ZnS ，“除杂 2”的目的是生成 MgF_2 沉淀除去 Mg^{2+} ，所以滤渣 4 为 MgF_2 ，最后向滤液中加入碳酸氢铵得到 MnCO_3 沉淀，用稀硫酸溶解沉淀得到硫酸锰 MnCO_3 ，

(1) “滤渣 1”含有 S 和难溶性的二氧化硅或硅酸盐；“溶浸”中二氧化锰与硫化锰发生氧化还原反应生成锰离子、S 和水，离子方程式为 $\text{MnO}_2 + \text{MnS} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： SiO_2 （不溶性硅酸盐）； $\text{MnO}_2 + \text{MnS} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(2) MnO_2 具有氧化性，能氧化还原性离子 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+} ，从而在调节 pH 时除去这两种离子，

故答案为：将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ；

(3) “调 pH” 除铁和铝，溶液的 pH 应该大于这两种离子完全沉淀所需 pH 且小于其它离子生成沉淀的 pH 值，在 pH=4.7 时 Fe^{3+} 和 Al^{3+} 沉淀完全，在 pH=6.2 时 Zn^{2+} 开始产生沉淀，为了只得到氢氧化铝和氢氧化镁沉淀，需要溶液的 pH 范围为 4.7~6 之间，故答案为：4.7；

(4) “除杂 1” 的目的是除去 Zn^{2+} 和 Ni^{2+} ，这两种离子和硫离子生成硫化物沉淀，所以滤渣 3 为 NiS 和 ZnS，故答案为：NiS 和 ZnS；

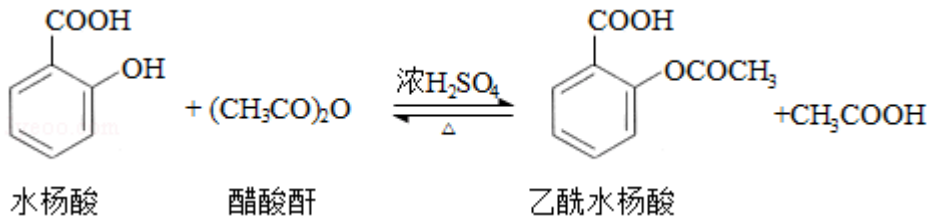
(5) 溶液中存在 MgF_2 的溶解平衡，如果溶液酸性较强，生成弱电解质 HF 而促进氟化镁溶解，即 F^- 与 H^+ 结合形成弱电解质 HF， $\text{MgF}_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{F}^-$ 平衡向右移动，所以镁离子沉淀不完全，故答案为： F^- 与 H^+ 结合形成弱电解质 HF， $\text{MgF}_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{F}^-$ 平衡向右移动；

(6) “沉锰” 时锰离子和碳酸氢根离子反应生成碳酸锰沉淀，同时还生成水、二氧化碳，离子方程式为 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，故答案为： $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

(7) 层状镍钴锰三元材料可作为锂离子电池正极材料，其化学式为 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$ ，其中 Ni、Ni、Co、Mn 的化合价分别为 +2、+3、+4。当 $x=y=\frac{1}{3}$ 时，该化合物中各元素的化合价代数和为 0， $+1 + (+2) \times \frac{1}{3} + (+3) \times \frac{1}{3} + (+4) \times z + (-2) \times 2 = 0$ ， $z = \frac{1}{3}$ ，故答案为： $\frac{1}{3}$ 。

【点评】 本题考查物质制备，涉及物质分离提纯、难溶物的溶解判断、pH 判断、氧化还原反应等知识点，综合性较强，明确流程图中发生的反应、各物质成分及其性质、化学反应原理是解本题关键，注意结合问题分析解答，题目难度中等。

9. (14 分) 乙酰水杨酸（阿司匹林）是目前常用药物之一。实验室通过水杨酸进行乙酰化制备阿司匹林的一种方法如图：



	水杨酸	醋酸酐	乙酰水杨酸
--	-----	-----	-------

熔点/ $^{\circ}\text{C}$	157~159	- 72~ - 74	135~138
相对密度/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	1.44	1.10	1.35
相对分子质量	138	102	180

实验过程：在 100mL 锥形瓶中加入水杨酸 6.9g 及醋酸酐 10mL，充分摇动使固体完全溶解。缓慢滴加 0.5mL 浓硫酸后加热，维持瓶内温度在 70°C 左右，充分反应。稍冷后进行如下操作。

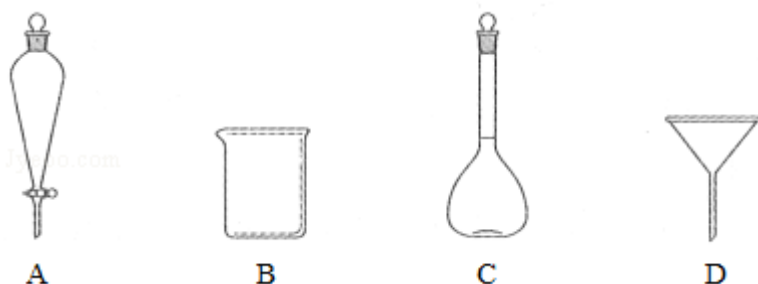
- ①在不断搅拌下将反应后的混合物倒入 100mL 冷水中，析出固体，过滤。
- ②所得结晶粗品加入 50mL 饱和碳酸氢钠溶液，溶解、过滤。
- ③滤液用浓盐酸酸化后冷却、过滤得固体。
- ④固体经纯化得白色的乙酰水杨酸晶体 5.4g。

回答下列问题：

(1) 该合成反应中应采用 A 加热。(填标号)

A. 热水浴 B. 酒精灯 C. 煤气灯 D. 电炉

(2) 下列玻璃仪器中，①中需使用的有 BD (填标号)，不需使用的有 分液漏斗、容量瓶 (填名称)。



- (3) ①中需使用冷水，目的是 充分析出乙酰水杨酸固体(结晶)。
- (4) ②中饱和碳酸氢钠的作用是 生成可溶的乙酰水杨酸钠，以便过滤除去难溶杂质。
- (5) ④采用的纯化方法为 重结晶。
- (6) 本实验的产率是 60 %。

【分析】(1) 低于 100°C 的加热需要水浴加热；

(2) ①中操作为过滤，需要的玻璃仪器有玻璃棒、普通漏斗、烧杯；

(3) 乙酰水杨酸在常温下是固体，且在冷水中溶解度较小；

(4) 碳酸氢钠能和难溶性的乙酰水杨酸反应生成可溶性的乙酰水杨酸钠，从而分离难溶性杂质；

(5) 固体经纯化方法为重结晶；

(6) 醋酸酐质量 = $10\text{mL} \times 1.10\text{g/mL} = 11\text{g}$, 6.9g 水杨酸完全反应消耗醋酸酐质量 = $\frac{6.9\text{g}}{138} \times 102 = 5.1\text{g} < 11\text{g}$, 所以乙酸酐有剩余, 则理论上生成乙酰水杨酸质量 = $\frac{6.9\text{g}}{138} \times 180 = 9\text{g}$, 产率 = $\frac{\text{实际质量}}{\text{理论质量}} \times 100\%$ 。

【解答】解：(1) 低于 100°C 的加热需要水浴加热, 该合成温度为 70°C 左右, 所以该合成反应中应采用热水浴, BCD 加热温度都高于 100°C ,

故答案为：A；

(2) ①中操作为过滤, 需要的玻璃仪器有玻璃棒、普通漏斗、烧杯, 所以选取 BD 仪器不需要的仪器是分液漏斗和容量瓶,

故答案为：BD；分液漏斗、容量瓶；

(3) 乙酰水杨酸在常温下是固体, 且在冷水中溶解度较小, 为了降低其溶解度并充分析出乙酰水杨酸固体 (结晶), 所以①中需使用冷水,

故答案为：充分析出乙酰水杨酸固体 (结晶)；

(4) 碳酸氢钠能和难溶性的乙酰水杨酸反应生成可溶性的乙酰水杨酸钠, 从而分离难溶性杂质, 达到分离提纯目的,

故答案为：生成可溶的乙酰水杨酸钠；

(5) 固体经纯化方法为重结晶, 所以④采用的纯化方法为重结晶,

故答案为：重结晶；

(6) 醋酸酐质量 = $10\text{mL} \times 1.10\text{g/mL} = 11\text{g}$, 6.9g 水杨酸完全反应消耗醋酸酐质量 = $\frac{6.9\text{g}}{138} \times 102 = 5.1\text{g} < 11\text{g}$, 所以乙酸酐有剩余, 则理论上生成乙酰水杨酸质量 = $\frac{6.9\text{g}}{138} \times 180 = 9\text{g}$, 产率 = $\frac{\text{实际质量}}{\text{理论质量}} \times 100\% = \frac{5.4\text{g}}{9\text{g}} \times 100\% = 60\%$,

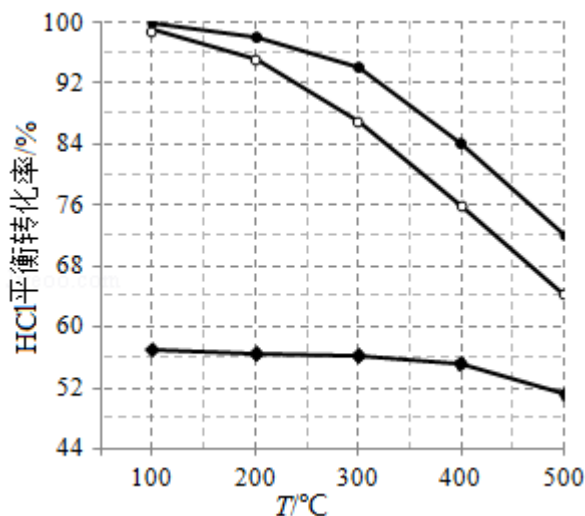
故答案为：60。

【点评】本题考查物质制备, 涉及物质分离提纯、方程式的计算、仪器和反应条件选取等知识点, 明确实验原理、元素化合物性质、各个物理量之间关系式是解本题关键, 知道其产率计算方法, 注意要进行过量计算, 题目难度不大。

10. (15 分) 近年来, 随着聚酯工业的快速发展, 氯气的需求量和氯化氢的产出量也随之迅速增长。因此, 将氯化氢转化为氯气的技术成为科学研究的热点。回答下列问题:

(1) Deacon 发明的直接氧化法为: $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。如图

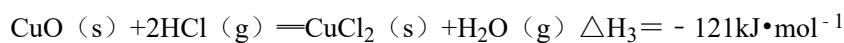
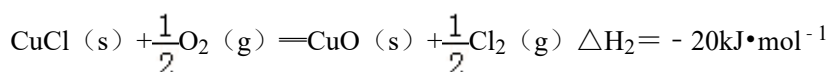
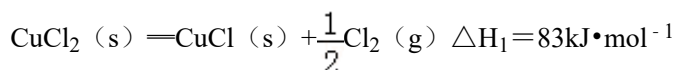
为刚性容器中，进料浓度比 $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)$ 分别等于 1:1、4:1、7:1 时 HCl 平衡转化率随温度变化的关系：



可知反应平衡常数 $K(300^\circ\text{C})$ 大于 $K(400^\circ\text{C})$ (填“大于”或“小于”)。设 HCl 初始浓度为 c_0 ，根据进料浓度比 $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)=1:1$ 的数据计算 $K(400^\circ\text{C}) = \frac{(0.42)^2 \times (0.42)^2}{(1-0.84)^4 \times (1-0.21)c_0}$ (列出计算式)。

按化学计量比进料可以保持反应物高转化率，同时降低产物分离的能耗。进料浓度比 $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)$ 过低、过高的不利影响分别是 Cl_2 和 O_2 分离能耗较高、HCl 转化率较低。

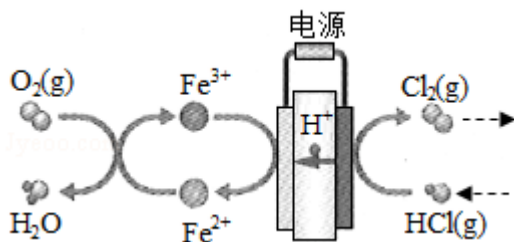
(2) Deacon 直接氧化法可按下列催化过程进行：



则 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta H = \underline{-116} \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

(3) 在一定温度的条件下，进一步提高 HCl 的转化率的方法是 增加反应体系的压强、及时分离出产物。(写出 2 种)

(4) 在传统的电解氯化氢回收氯气技术的基础上，科学家最近采用碳基电极材料设计了一种新的工艺方案，主要包括电化学过程和化学过程，如图所示：

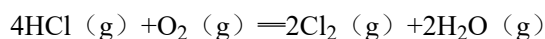


负极区发生的反应有 $\underline{\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} = \text{Fe}^{2+}、4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^{+} = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}}$ (写反应方程式)。

电路中转移 1mol 电子, 需消耗氧气 5.6 L (标准状况)。

【分析】(1) 结合图象可知, 进料浓度比相同时, 温度越高 HCl 平衡转化率越低, 说明该反应为放热反应, 升高温度平衡向着逆向移动, 温度越高平衡常数越小;

进料浓度比 $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)$ 的比值越大, HCl 的平衡转化率越低, 根据图象可知, 相同温度时 HCl 转化率最高的为进料浓度比 $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)=1:1$, 该曲线中 400°C HCl 的平衡转化率为 84%,



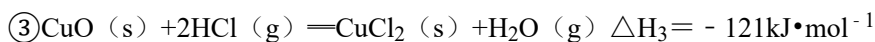
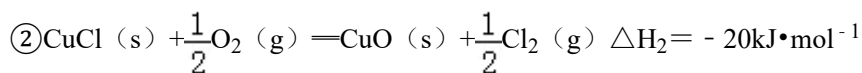
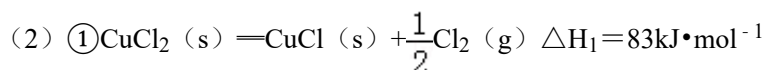
初始 c_0 c_0 0 0

平衡 $0.84c_0$ $0.21c_0$ $0.42c_0$ $0.42c_0$

转化 $c_0 - 0.84c_0$ $c_0 - 0.21c_0$ $0.42c_0$ $0.42c_0$

带入 $K = \frac{c^2(\text{H}_2\text{O}) \cdot c^2(\text{Cl}_2)}{c^4(\text{HCl}) \cdot c(\text{O}_2)}$ 计算即可;

进料浓度比 $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)$ 过低时, O_2 浓度较大, Cl_2 和 O_2 分离能耗较高; 进料浓度比 $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)$ 过高时, O_2 浓度过低, HCl 的转化率减小;



根据盖斯定律, $(\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3}) \times 2$ 可得 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 据此计算该反应的 ΔH ;

(3) $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为气体体积缩小的放热反应, 若要提高 HCl 的转化率, 需要使平衡向着正向移动, 结合平衡移动原理分析;

(4) 根据图示, 电解池左侧发生反应 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} = \text{Fe}^{2+}$, 该反应为还原反应, 属于电解池的阴极, 阴极通入氧气后 Fe^{2+} 被 O_2 氧化而再生成 Fe^{3+} , 该反应为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^{+} = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$; HCl 气体在阳极放电的电极反应式为 $2\text{HCl} - 2\text{e}^{-} = \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}^{+}$, 据此结合电

子守恒解答。

【解答】解：（1）根据图象可知，进料浓度比相同时，温度越高 HCl 平衡转化率越低，说明该反应为放热反应，升高温度平衡向着逆向移动，则温度越高平衡常数越小，所以反应平衡常数 K（300℃）大于 K（400℃）；

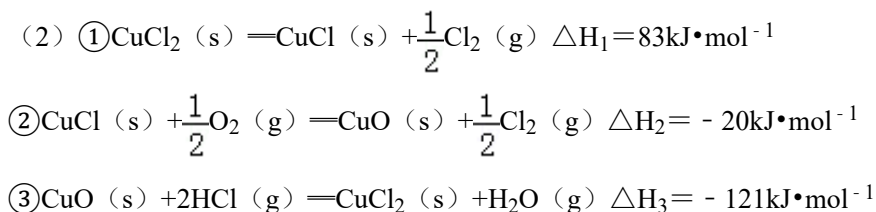
进料浓度比 c（HCl）：c（O₂）的比值越大，HCl 的平衡转化率越低，根据图象可知，相同温度时 HCl 转化率最高的为进料浓度比 c（HCl）：c（O₂）=1：1，该曲线中 400℃HCl 的平衡转化率为 84%，

$$\begin{array}{cccc} & 4\text{HCl (g)} & +\text{O}_2 \text{ (g)} & \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2 \text{ (g)} + 2\text{H}_2\text{O (g)} \\ \text{初始} & c_0 & c_0 & 0 \quad 0 \\ \text{平衡} & 0.84c_0 & 0.21c_0 & 0.42c_0 \quad 0.42c_0 \\ \text{转化} & c_0 - 0.84c_0 & c_0 - 0.21c_0 & 0.42c_0 \quad 0.42c_0 \end{array}$$
$$K(400^\circ\text{C}) = \frac{c^2(\text{H}_2\text{O}) \cdot c^2(\text{Cl}_2)}{c^4(\text{HCl}) \cdot c(\text{O}_2)} = \frac{(0.42c_0)^2 \times (0.42c_0)^2}{(c_0 - 0.84c_0)^4 \times (c_0 - 0.21c_0)} = \frac{(0.42)^2 \times (0.42)^2}{(1 - 0.84)^4 \times (1 - 0.21)c_0}$$

进料浓度比 c（HCl）：c（O₂）过低时，O₂ 浓度较大，HCl 的转化率较高，但 Cl₂ 和 O₂ 分离能耗较高，生成成本提高；进料浓度比 c（HCl）：c（O₂）过高时，O₂ 浓度较低，导致 HCl 的转化率减小，

故答案为：大于； $\frac{(0.42)^2 \times (0.42)^2}{(1 - 0.84)^4 \times (1 - 0.21)c_0}$ ；Cl₂ 和 O₂ 分离能耗较高、HCl 转化率

较低；



根据盖斯定律，（①+②+③）×2 可得：4HCl（g）+O₂（g）=2Cl₂（g）+2H₂O（g） $\Delta H = [(83\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (-20\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (-121\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] \times 2 = -116\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，

故答案为：-116；

（3）4HCl（g）+O₂（g）=2Cl₂（g）+2H₂O（g）为气体体积缩小的放热反应，若要提高 HCl 的转化率，需要使平衡向着正向移动，可增加反应体系的压强或及时分离出产物，

均可提高 HCl 的转化率，

故答案为：增加反应体系的压强、及时分离出产物；

(4) 根据图示，电解池左侧发生反应 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，该反应为还原反应，属于电解池的阴极，负极通入氧气后 Fe^{2+} 被 O_2 氧化而再生成 Fe^{3+} ，该反应为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

根据电子守恒及 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 可知，电路中转移 1mol 电子，消耗氧气的物质的量为： $1\text{mol} \times \frac{1}{4} = 0.25\text{mol}$ ，标况下 0.25mol 氧气的体积为： $22.4\text{L/mol} \times 0.25\text{mol} = 5.6\text{L}$ ，

故答案为： $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ 、 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ；5.6。

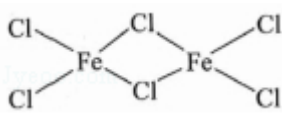
【点评】 本题考查化学平衡计算、盖斯定律应用及电解原理等知识，题目难度较大，明确化学平衡及其影响为解答关键，注意掌握盖斯定律内容及三段式在化学平衡计算中的应用，试题侧重考查学生的分析、理解能力及综合应用能力。

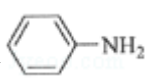
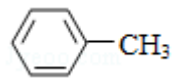
(二) 选考题：共 15 分。请考生从 2 道化学题中任选一题作答。如果多做，则按所做的第一题计分。[化学--选修 3：物质结构与性质]

11. (15 分) 磷酸亚铁锂 (LiFePO_4) 可用作锂离子电池正极材料，具有热稳定性好、循环性能优良、安全性高等特点，文献报道可采用 FeCl_3 、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、 LiCl 和苯胺等作为原料制备。回答下列问题：

(1) 在周期表中，与 Li 的化学性质最相似的邻族元素是 Mg，该元素基态原子核外 M 层电子的自旋状态 相反 (填“相同”或“相反”)。

(2) FeCl_3 中的化学键具有明显的共价性，蒸汽状态下以双聚分子存在的 FeCl_3 的结构

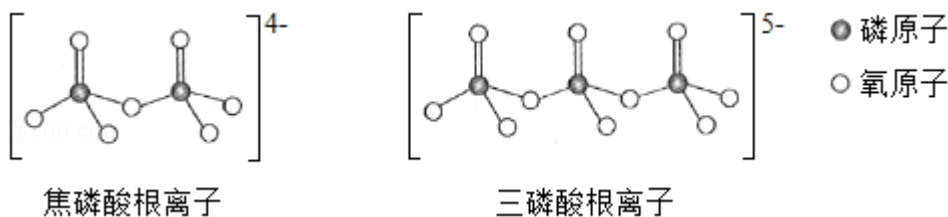
式为 ，其中 Fe 的配位数为 4。

(3) 苯胺 () 的晶体类型是 分子晶体。苯胺与甲苯 () 的相对分子质量相近，但苯胺的熔点 (-5.9°C)、沸点 (184.4°C) 分别高于甲苯的熔点 (-95.0°C)、沸点 (110.6°C)，原因是 苯胺分子之间存在氢键。

(4) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 中，电负性最高的元素是 O；P 的 sp^3 杂化轨道与 O 的 2p 轨道形成 σ 键。

(5) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 和 LiFePO_4 属于简单磷酸盐，而直链的多磷酸盐则是一种复杂磷酸盐，

如：焦磷酸钠、三磷酸钠等。焦磷酸根离子、三磷酸根离子如图所示：



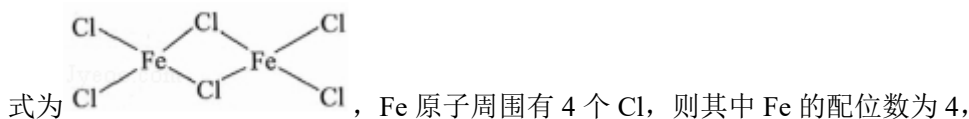
这类磷酸根离子的化学式可用通式表示为 $(P_nO_{3n+1})^{(n+2)-}$ (用 n 代表 P 原子数)。

- 【分析】(1) 由对角线规格可知， Li 与 Mg 性质相似， Mg 的原子核外 M 层电子有 2 个；
- (2) 蒸汽状态下以双聚分子存在的 $FeCl_3$ ，存在 $Fe - Cl$ 键；
- (3) 苯胺由分子构成，含氢键的沸点高；
- (4) 非金属性越强，电负性越大； P 为 sp^3 杂化，与 O 的 $2p$ 电子成键；
- (5) 由图可知，2 个 P 原子时存在 7 个 O ，3 个 P 原子时存在 10 个 O ，存在 n 个 P 时存在 $(3n+1)$ 个 O 。

【解答】解：(1) 在周期表中，与 Li 的化学性质最相似的邻族元素是 Mg ，该元素基态原子核外 M 层电子 2 个电子的自旋状态相反，

故答案为： Mg ；相反；

(2) $FeCl_3$ 中的化学键具有明显的共价性，蒸汽状态下以双聚分子存在的 $FeCl_3$ 的结构



故答案为：；4；

(3) 苯胺 () 的晶体类型是分子晶体，构成微粒为分子，苯胺与甲苯

() 的相对分子质量相近，但苯胺的熔点 ($-5.9^{\circ}C$)、沸点 ($184.4^{\circ}C$) 分别高于甲苯的熔点 ($-95.0^{\circ}C$)、沸点 ($110.6^{\circ}C$)，原因是苯胺分子之间存在氢键，

故答案为：分子晶体；苯胺分子之间存在氢键；

(4) $NH_4H_2PO_4$ 中，电负性最高的元素是 O ；磷酸根离子中 P 形成 4 个 σ 键，则 P 的 sp^3 杂化轨道与 O 的 $2p$ 轨道形成 σ 键，

故答案为： O ； sp^3 ； σ ；

(5) 由图可知，2 个 P 原子时存在 7 个 O ，3 个 P 原子时存在 10 个 O ，存在 n 个 P 时存

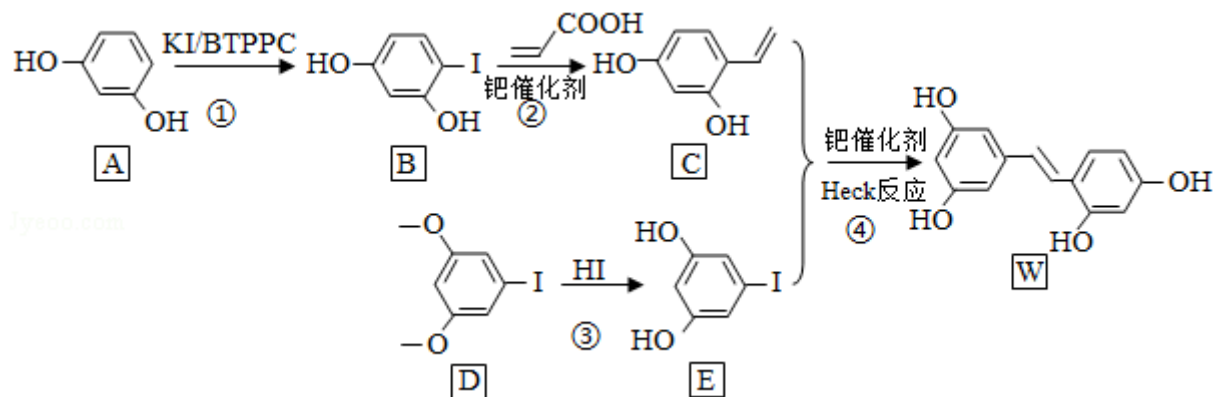
在 $(3n+1)$ 个 O，则这类磷酸根离子的化学式可用通式表示为 $(P_nO_{3n+1})^{(n+2)-}$ ，

故答案为： $(P_nO_{3n+1})^{(n+2)-}$ 。

【点评】本题考查配合物的形成及性质，为高频考点，把握配位键的形成、分子性质为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意物质结构与性质的应用，题目难度不大。

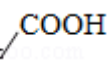
[化学--选修 5：有机化学基础]

12. 氧化白藜芦醇 W 具有抗病毒等作用。下面是利用 Heck 反应合成 W 的一种方法：



回答下列问题：

(1) A 的化学名称为 间苯二酚或 1,3-苯二酚。

(2)  中的官能团名称是 碳碳双键、羧基。

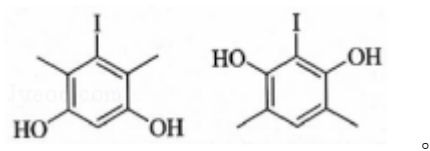
(3) 反应③的类型为 取代反应，W 的分子式为 $C_{14}H_{12}O_4$ 。

(4) 不同条件对反应④产率的影响如下表：

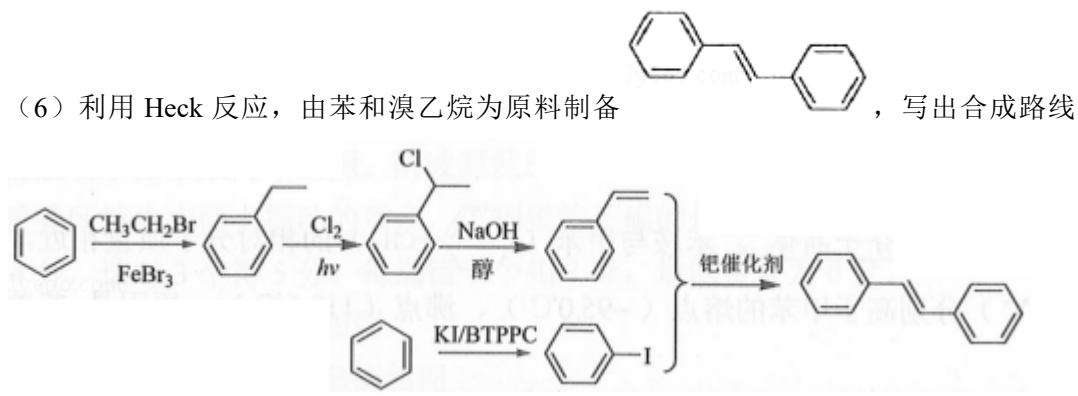
实验	碱	溶剂	催化剂	产率/%
1	KOH	DMF	$Pd(OAc)_2$	22.3
2	K_2CO_3	DMF	$Pd(OAc)_2$	10.5
3	Et_3N	DMF	$Pd(OAc)_2$	12.4
4	六氢吡啶	DMF	$Pd(OAc)_2$	31.2
5	六氢吡啶	DMA	$Pd(OAc)_2$	38.6
6	六氢吡啶	NMP	$Pd(OAc)_2$	24.5

上述实验探究了 不同碱 和 不同溶剂 对反应产率的影响。此外，还可以进一步探究 不同催化剂（或温度等） 等对反应产率的影响。

(5) X 为 D 的同分异构体，写出满足如下条件的 X 的结构简式

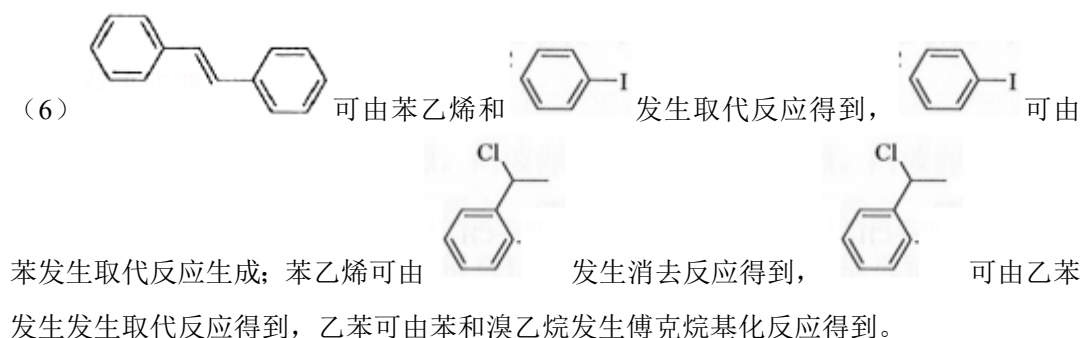


①含有苯环；②有三种不同化学环境的氢，个数比为 6：2：1；③1mol 的 X 与足量金属 Na 反应可生成 2gH₂。



。(无机试剂任选)

【分析】A 发生取代反应生成 B，B 发生取代反应生成 C，D 发生取代反应生成 E，CE 发生取代反应生成 W；



【解答】解：(1) A 的化学名称为间苯二酚或 1,3-苯二酚，

故答案为：间苯二酚或 1,3-苯二酚；

(2) 中的官能团名称是碳碳双键、羧基，
故答案为：碳碳双键、羧基；

(3) 反应③中甲基被 H 原子取代，所以该反应的类型为 取代反应，W 的分子式为 C₁₄H₁₂O₄，

故答案为：取代反应；C₁₄H₁₂O₄；

(4) 表中影响因素有碱、溶剂、催化剂，当溶剂、催化剂相同时，可以探究不同碱对反应影响；

当催化剂、碱相同时，探究溶剂对反应影响；所以上述实验探究了不同碱、不同溶剂对化学产率的影响，

如果其他因素都相同只有温度不同时还可以探究温度对反应产率的影响；

如果其他因素都相同只有催化剂不同时，可以探究催化剂对产率影响，

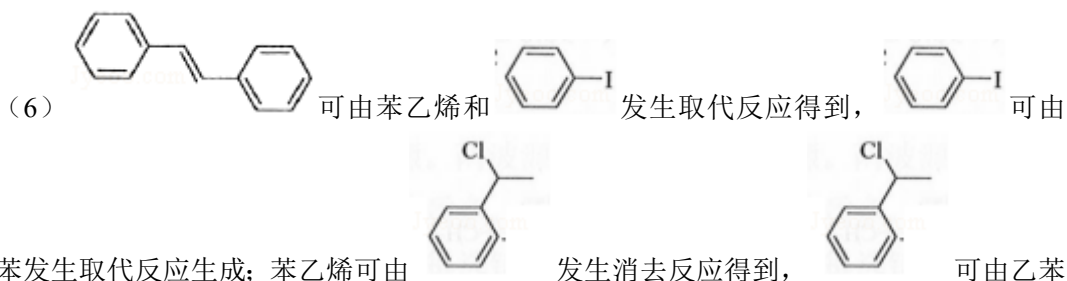
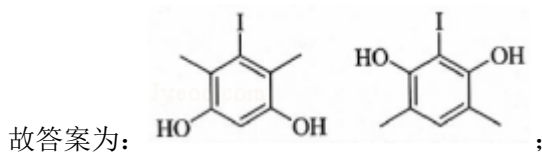
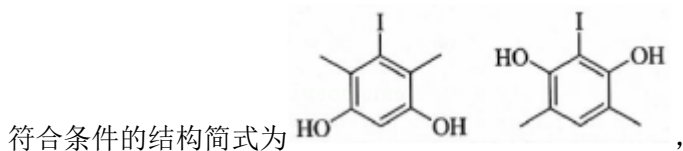
故答案为：不同碱；不同溶剂；不同催化剂（或温度等）；

（5）X 为 D 的同分异构体，

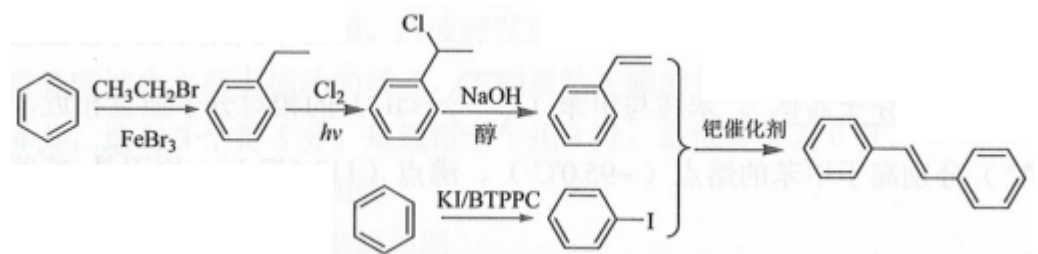
①X 中含有苯环；

②有三种不同化学环境的氢，个数比为 6: 2: 1，该分子中一共 9 个 H 原子，则应该有 2 个甲基；

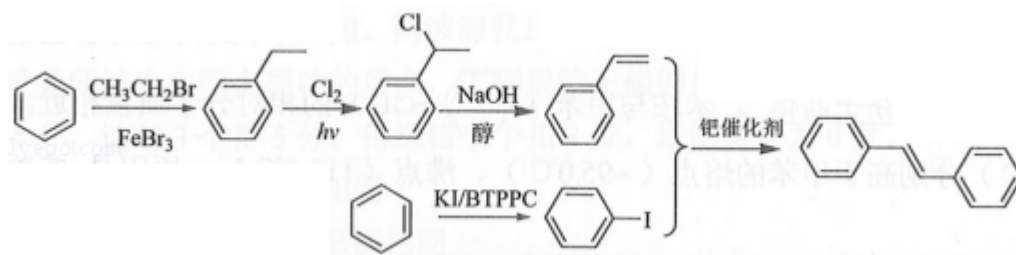
③1mol 的 X 与足量金属 Na 反应可生成 2gH₂，生成的氢气物质的量为 1mol，说明含有 2 个 -OH，因为含有 2 个甲基，所以只能有 2 个酚羟基，



发生取代反应得到，乙苯可由苯和溴乙烷发生傅克烷基化反应得到，其合成路线为



故 答 案 为 :



【点评】本题考查有机合成和推断，侧重考查分析推断及知识综合运用能力，正确分析反应前后物质结构变化是解本题关键，采用知识迁移方法进行合成路线设计，注意：傅克烷基化反应在人教版高中化学不涉及，属于大学有机化学内容，题目难度中等。