

2020 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 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) 宋代《千里江山图》描绘了山清水秀的美丽景色，历经千年色彩依然，其中绿色来自孔雀石颜料（主要成分为 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ ），青色来自蓝铜矿颜料（主要成分为 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ ）。下列说法错误的是（ ）

- A. 保存《千里江山图》需控制温度和湿度
- B. 孔雀石、蓝铜矿颜料不易被空气氧化
- C. 孔雀石、蓝铜矿颜料耐酸耐碱
- D. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 中铜的质量分数高于 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$

【分析】A. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ 均不稳定，受热易分解，纤维素或蛋白质均能水解；

B. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ 中除 O 元素外，C、H、Cu 均为最高价；

C. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ 均能与酸反应，不与碱反应；

D. 通过计算判断比较铜的质量分数大小。

【解答】解：A. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ 均不稳定，受热易分解，纤维素或蛋白质均能水解，长期在潮湿环境中易腐烂变质，则保存《千里江山图》需控制温度和湿度，故 A 正确；

B. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ 中除 O 元素外，C、H、Cu 均为最高价，无还原性，不能被空气中氧气氧化，则孔雀石、蓝铜矿颜料不易被空气氧化，故 B 正确；

C. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ 均能与酸反应，不与碱反应，则孔雀石、蓝铜矿颜料耐碱不耐酸，故 C 错误；

D. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 中铜的质量分数为 $\frac{128}{222} \times 100\%$ ， $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ 中铜的质量

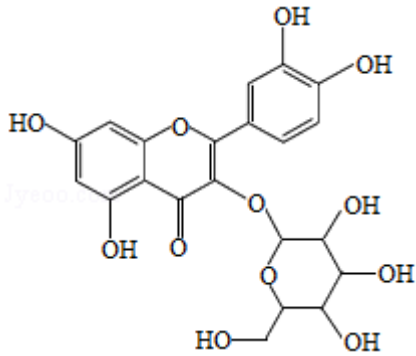
分数为 $\frac{192}{346} \times 100\%$ ，则 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 中铜的质量分数高于 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ ，

故 D 正确；

故选：C。

【点评】 本题以《千里江山图》为载体，考查物质的组成、结构和性质的关系，涉及元素质量分数的计算和盐的通性，基础考查，难度中等。

2. (6分) 金丝桃苷是从中药材中提取的一种具有抗病毒作用的黄酮类化合物，结构式如图。下列关于金丝桃苷的叙述，错误的是 ()



- A. 可与氢气发生加成反应
B. 分子含 21 个碳原子
C. 能与乙酸发生酯化反应
D. 不能与金属钠反应

【分析】 A、分子中含有碳碳双键、碳氧双键和苯环；

B、由图可知金丝桃苷的分子式 $C_{21}H_{20}O_{12}$ ；

C、分子中含有羟基，能发生酯化反应；

D、分子结构可知结构中含有羟基；

【解答】 解：A、分子中含有碳碳双键、碳氧双键和苯环，可以发生加成反应，故 A 正确；

B、由图可知金丝桃苷的分子式 $C_{21}H_{20}O_{12}$ ，则分子含 21 个碳原子，故 B 正确；

C、分子中含有羟基，能发生酯化反应，即能与乙酸发生酯化反应，故 C 正确；

D、分子结构可知结构中含有羟基，能与金属钠反应产生氢气，故 D 错误；

故选：D。

【点评】 本题考查有机物结构和性质，侧重考查酚、烯烃、醇、醚和酮的性质，明确官能团及其性质关系是解本题关键，题目难度不大。

3. (6分) N_A 是阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是 ()

- A. 22.4L (标准状况) 氮气中含有 $7N_A$ 个中子
B. 1mol 重水比 1mol 水多 N_A 个质子
C. 12g 石墨烯和 12g 金刚石均含有 N_A 个碳原子
D. 1L $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 溶液含有 $28N_A$ 个电子

【分析】 A. 一个氮气分子有 14 个中子；

B. 重水和水的质子数相等；

C. 跟据 $n = \frac{m}{M}$ 计算物质的量，再比较微粒数；

D. 溶剂也要考虑。

【解答】解：A. 氮气是双原子分子，一个氮气分子有 14 个中子，22.4L（标准状况）氮气中含有 $14N_A$ 个中子，故 A 错误；

B. 重水（ D_2O ）和水（ H_2O ）的质子数都是 10，1mol 重水比 1mol 水都是 $10N_A$ 个质子，故 B 错误；

C. $12g$ 石墨烯 $n(C_{60}) = \frac{12g}{720g/mol} = \frac{1}{60} mol$ ，含有个碳原子物质的量 $n(C) = \frac{1}{60} mol \times$

$60 = 1mol$ ，含有 N_A 个碳原子， $12g$ 金刚石（C）的物质的量 $n = \frac{m}{M} = \frac{12g}{12g/mol} = 1mol$ ，

含有 N_A 个碳原子，故 C 正确；

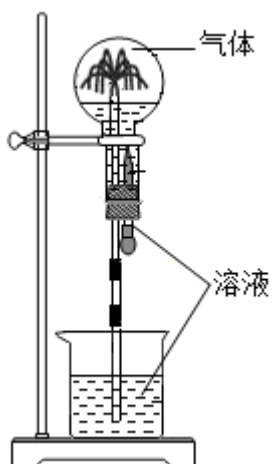
D. $1L 1mol \cdot L^{-1} NaCl$ 溶质含有 $28N_A$ 个电子，溶剂水也要考虑，故 D 错误；

故选：C。

【点评】 本题考查阿伏伽德罗常数的计算，是高频考点，要熟练掌握计算公式，和公式的使用条件，D 选项容易思维定式出现错误。

4. (6 分) 喷泉实验装置如图所示。应用下列各组气体 - 溶液，能出现喷泉现象的是 ()

	气体	溶液
A.	H_2S	稀盐酸
B.	HCl	稀氨水
C.	NO	稀 H_2SO_4
D.	CO_2	饱和 $NaHCO_3$ 溶液



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

【分析】在烧瓶中充满干燥气体，而胶头滴管及烧杯中分别盛有液体，若形成喷泉，则气体极易溶于液体或气体极易与液体反应，以此来解答。

【解答】解：A、 H_2S 在稀盐酸中溶解度小，且与稀盐酸不反应，不能出现喷泉，故 A 错误；

B. HCl 气体极易溶于稀氨水，且氯化氢气体与氨水反应生成氯化铵，产生压强差，形成喷泉，故 B 正确；

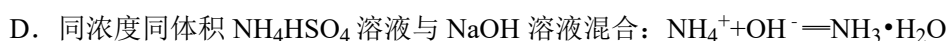
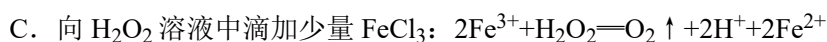
C、一氧化氮不溶于稀 H_2SO_4 ，也不与稀 H_2SO_4 反应，不能出现喷泉，故 C 错误；

D、二氧化碳不溶于饱和碳酸氢钠，也不与饱和碳酸氢钠反应，不能出现喷泉，故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查实验装置综合，为高频考点，把握喷泉实验的原理为解答的关键，侧重物质性质及实验能力的考查，注意气体极易溶于液体或气体极易与液体反应可形成喷泉，题目难度不大。

5. (6分) 对于下列实验，能正确描述其反应的离子方程式是 ()



【分析】A. 符合电荷守恒，物料守恒，强制弱规律，

B. 向 CaCl_2 溶液中通入 CO_2 不反应；

C. 不符合客观事实，氧气氧化二价铁离子；

D. 不符合客观事实, 氢氧根优先于氢离子反应。

【解答】解: A. 用 Na_2SO_3 溶液吸收少量 Cl_2 : $3\text{SO}_3^{2-} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HSO}_3^- + 2\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$, 符合电荷守恒, 物料守恒, 强制弱规律, 故 A 正确;

B. 弱酸不能制强酸, 向 CaCl_2 溶液中通入 CO_2 不反应, 故 B 错误;

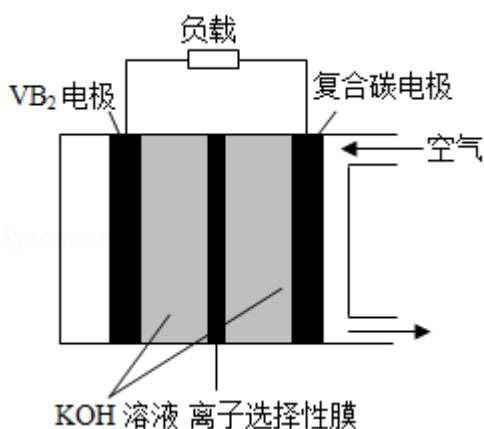
C. 向 H_2O_2 溶液中滴加少量 FeCl_3 , FeCl_3 做催化剂, 促进双氧水的分解, 氧气的氧化性大于三价铁离子, 弱氧化剂不能制强氧化剂, 故 C 错误;

D. 不符合客观事实, 氢氧根优先与酸性更强的氢离子反应, 正确的离子方程式: $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$, 故 D 错误;

故选: A。

【点评】本题考查了化学反应原理, 离子方程式的书写, 离子方程式的正误判断, 重点考查反应发生的可能性, 掌握强制弱的原理, 难度中等。

6. (6分) 一种高性能的碱性硼化钒 (VB_2) - 空气电池如图所示, 其中在 VB_2 电极发生反应: $\text{VB}_2 + 16\text{OH}^- - 11\text{e}^- = \text{VO}_4^{3-} + 2\text{B}(\text{OH})_4^- + 4\text{H}_2\text{O}$ 该电池工作时, 下列说法错误的是 ()



- A. 负载通过 0.04mol 电子时, 有 0.224L (标准状况) O_2 参与反应
B. 正极区溶液的 pH 降低、负极区溶液的 pH 升高
C. 电池总反应为 $4\text{VB}_2 + 11\text{O}_2 + 20\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} = 8\text{B}(\text{OH})_4^- + 4\text{VO}_4^{3-}$
D. 电流由复合碳电极经负载、 VB_2 电极、 KOH 溶液回到复合碳电极

【分析】A、正极氧气得电子生成氢氧根离子;

B、根据负极 $\text{VB}_2 + 16\text{OH}^- - 11\text{e}^- = \text{VO}_4^{3-} + 2\text{B}(\text{OH})_4^- + 4\text{H}_2\text{O}$ 消耗氢氧根离子, 正极 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ 分析解答;

C、负极: $\text{VB}_2 + 16\text{OH}^- - 11\text{e}^- = \text{VO}_4^{3-} + 2\text{B}(\text{OH})_4^- + 4\text{H}_2\text{O}$, 正极: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$

，根据得失电子守恒求总的电极反应式；

D、原电池中电流由正极经过外电路向负极，由此分析解答。

【解答】解：A、正极氧气得电子生成氢氧根离子，电极反应式为： $O_2+4e^-+2H_2O=4OH^-$ ，由电极反应式可知，消耗 1mol 氧气转移 4mol 电子，则负载通过 0.04mol 电子时，有 0.224L（标准状况） O_2 参与反应，故 A 正确；

B、根据负极 $VB_2+16OH^- - 11e^- = VO_4^{3-}+2B(OH)_4^-+4H_2O$ 消耗氢氧根离子，正极 $O_2+4e^-+2H_2O=4OH^-$ ，则正极区溶液的 pH 升高、负极区溶液的 pH 降低，故 B 错误；

C、负极： $VB_2+16OH^- - 11e^- = VO_4^{3-}+2B(OH)_4^-+4H_2O$ ①，正极： $O_2+4e^-+2H_2O=4OH^-$ ②，根据得失电子守恒，即 4 ①+ 11 ②得： $4VB_2+11O_2+20OH^-+6H_2O=8B(OH)_4^-+4VO_4^{3-}$ ，故 C 正确；

D、原电池中电流由正极经过外电路向负极，则电流由复合碳电极经负载、 VB_2 电极、KOH 溶液回到复合碳电极，故 D 正确；

故选：B。

【点评】本题考查原电池及其电解池的工作原理，题目难度中等，本题注意把握电极反应式的书写，利用电子守恒计算。

7. (6分) W、X、Y、Z 为原子序数依次增大的短周期元素，四种元素的核外电子总数满足 $X+Y=W+Z$ ；化合物 XW_3

与 WZ 相遇会产生白烟。下列叙述正确的是 ()

A. 非金属性： $W>X>Y>Z$

B. 原子半径： $Z>Y>X>W$

C. 元素 X 的含氧酸均为强酸

D. Y 的氧化物水化物为强碱

【分析】原子序数依次增大的短周期元素，化合物 XW_3 与 WZ 相遇会产生白烟，先假设是氨气和氯化氢，再结合四种元素的核外电子总数满足 $X+Y=W+Z$ ，推导出 W、X、Y、Z 分别是 H、N、Na、Cl，据此答题。

【解答】解：A. 根据最高价氧化物对应水化物的酸性强弱，非金属性 $Cl>N>H>Na$ ，故 A 错误；

B. 同周期元素从左向右原子半径依次减小，同主族元素自上而下原子半径依次增大，原子半径： $Na>Cl>N>H$ ，故 B 错误；

C. 元素 X 的含氧酸有硝酸和亚硝酸，亚硝酸是弱酸，故 C 错误；

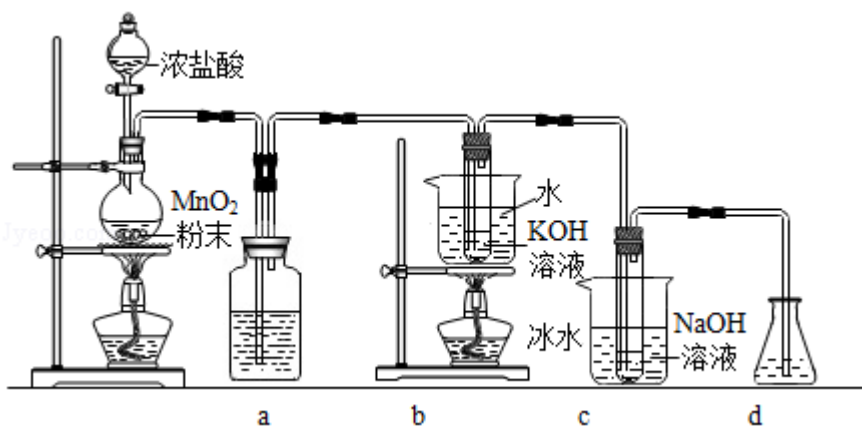
D. Y 的氧化物水化物为氢氧化钠，氢氧化钠是强碱，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题以推断的形式考查了元素周期律、元素周期表，是高频考点，要熟练掌握周期表的结构，要熟悉常见元素化合物的性质，正确推断出元素后才能做题。

二、非选择题：共 58 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：共 43 分。

8. (14 分) 氯可形成多种含氧酸盐，广泛应用于杀菌、消毒及化工领域。实验室中利用如图装置（部分装置省略）制备 KClO_3 和 NaClO ，探究其氧化还原性质。



回答下列问题：

(1) 盛放 MnO_2 粉末的仪器名称是 圆底烧瓶，a 中的试剂为 饱和食盐水。

(2) b 中采用的加热方式是 水浴加热。c 中化学反应的离子方程式是 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{冰水}} \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ ，采用冰水浴冷却的目的是 避免生成 NaClO_3 。

(3) d 的作用是 吸收多余的氯气，防止污染大气，可选用试剂 AC（填标号）。

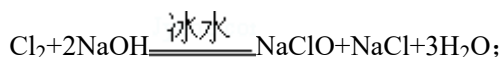
A. Na_2S B. NaCl C. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ D. H_2SO_4

(4) 反应结束后，取出 b 中试管，经冷却结晶，过滤，少量的冷水洗涤，干燥，得到 KClO_3 晶体。

(5) 取少量 KClO_3 和 NaClO 溶液分别置于 1 号和 2 号试管中，滴加中性 KI 溶液。1 号试管溶液颜色不变。2 号试管溶液变为棕色，加入 CCl_4 振荡，静置后 CCl_4 层显 紫 色。可知该条件下 KClO_3 的氧化能力 小于 NaClO （填“大于”或“小于”）。

【分析】实验目的制备 KClO_3 和 NaClO ，并探究其氧化还原性质；

实 验 原 理：
$$3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{\Delta} \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$$
，



实验装置: 最左侧为制取氯气装置, a 为除杂装置, 杂质为挥发的氯化氢和水, 后面还要通入溶液, 没有必要除水, 所以 a 中用饱和食盐水除氯化氢,

装置 b 用来制取 KClO_3 , 装置 c 用来制取 NaClO , 装置 d 用来吸收多余的氯气, 防止污染大气,

(1) 根据形状和用途判断, 盛放 MnO_2 粉末的仪器名称是圆底烧瓶, a 为除杂装置, 杂质为挥发的氯化氢和水, 所以 a 中用饱和食盐水除氯化氢;

(2) 根据装置图看出 b 中采用的加热方式是水浴加热; c 中化学反应: $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{冰水}} \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ 改离子方程式, 氢氧化钠与氯气反应有多种情况, 温度高时生成 NaClO_3 采用冰水浴冷却的目的是提高产品的纯度;

(3) d 为尾气处理装置, 作用是装置 d 用来吸收多余的氯气, 防止污染大气, 可选用试剂可以和氯气反应的物质 Na_2S 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

(4) b 试管中的溶质主要是 KClO_3 , KCl , KClO_3 的溶解度受温度影响大, 冷却结晶, 析出 KClO_3 晶体, 经过过滤得到 KClO_3 晶体, 表面还有 KCl 杂质, 通过冷水洗涤减少 KClO_3 的损失;

(5) 取少量 KClO_3 和 NaClO 溶液分别置于 1 号和 2 号试管中, 滴加中性 KI 溶液, 1 号试管溶液颜色不变, 说明 KClO_3 没有和 KI 溶液反应, 2 号试管溶液变为棕色, 说明 NaClO 和 KI 溶液反应生成了碘单质, 加入 CCl_4 振荡, 碘单质易溶解于 CCl_4 中, 静置后 CCl_4 层显紫色。可知该条件下 KClO_3 的氧化能力比 NaClO 差。

【解答】解: (1) 根据形状和用途判断, 盛放 MnO_2 粉末的仪器名称是圆底烧瓶, a 为除杂装置, 杂质为挥发的氯化氢和水, 后面还要通入溶液, 没有必要除水, 所以 a 中用饱和食盐水除氯化氢, a 中的试剂为饱和食盐水;

故答案为: 圆底烧瓶; 饱和食盐水;

(2) 根据装置图看出 b 中采用的加热方式是水浴加热; c 中化学反应: $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{冰水}} \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$, 改离子方程式: $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{冰水}} \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$, 氢氧化钠与氯气反应有多种情况, 温度高时生成 NaClO_3 . 采用冰水浴冷却的目的是提高产品的纯度;

故答案为: 水浴加热; $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{冰水}} \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$; 避免生成 NaClO_3 ;

(3) d 为尾气处理装置，作用是装置 d 用来吸收多余的氯气，防止污染大气，可选用试剂为可以和氯气反应的物质 Na_2S 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ；

故答案为：吸收多余的氯气，防止污染大气；AC；

(4) b 试管中的溶质主要是 KClO_3 ， KCl ， KClO_3 的溶解度受温度影响大，冷却结晶，析出 KClO_3 晶体，经过过滤得到 KClO_3 晶体，表面还有 KCl 杂质，通过冷水洗涤减少 KClO_3 的损失；

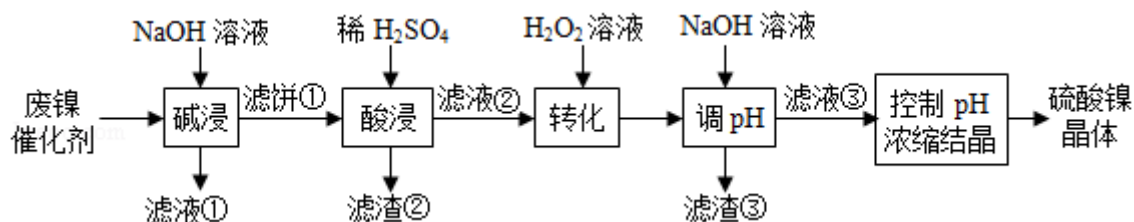
故答案为：过滤；少量的冷水洗涤；

(5) 取少量 KClO_3 和 NaClO 溶液分别置于 1 号和 2 号试管中，滴加中性 KI 溶液，1 号试管溶液颜色不变，说明 KClO_3 没有和 KI 溶液反应，2 号试管溶液变为棕色，说明 NaClO 和 KI 溶液反应生成了碘单质，加入 CCl_4 振荡，碘单质易溶解于 CCl_4 中，静置后 CCl_4 层显紫色。可知该条件下 KClO_3 的氧化能力比 NaClO 差；

故答案为：紫；小于。

【点评】 本题是制备实验，以制备 KClO_3 和 NaClO ，探究其氧化还原性质，考查学生实验素养和分析问题的能力，难度中等，要有扎实的实验功底和化学学科素养。

9. (15 分) 某油脂厂废弃的油脂加氢镍催化剂主要含金属 Ni、Al、Fe 及其氧化物，还有少量其他不溶性物质。采用如图工艺流程回收其中的镍制备硫酸镍晶体 ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)：



溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH 如下表所示：

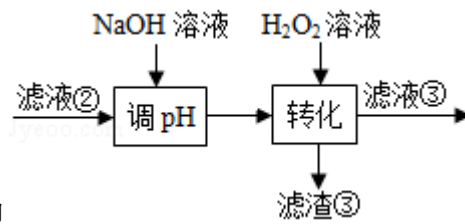
金属离子	Ni^{2+}	Al^{3+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}
开始沉淀时 ($c=0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 的 pH	7.2	3.7	2.2	7.5
沉淀完全时 ($c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 的 pH	8.7	4.7	3.2	9.0

回答下列问题：

- (1) “碱浸”中 NaOH 的两个作用分别是 除去油脂、溶解铝及其氧化物。为回收金属，用稀硫酸将“滤液①”调为中性，生成沉淀。写出该反应的离子方程式 $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 或 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) “滤液②”中含有的金属离子是 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 。

(3) “转化”中可替代 H_2O_2 的物质是 O_2 或空气。若工艺流程改为先“调 pH”后



“转化”，即 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} ， “滤液③”中可能含有的杂质离子为 Fe^{3+} 。

(4) 利用上述表格数据，计算 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} = c(\text{Ni}^{2+})c^2(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \times 10^{-5.3} \text{mol/L} \times 1 \times 10^{-5.3} \text{mol/L} = 1 \times 10^{-15.6} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^3$ (列出计算式)。如果“转化”后的溶液中 Ni^{2+} 浓度为 $1.0 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则“调 pH”应控制的 pH 范围是 $3.2 \sim 6.2$ 。

(5) 硫酸镍在强碱溶液中用 NaClO 氧化，可沉淀出能用作镍镉电池正极材料的 NiOOH 。写出该反应的离子方程式 $2\text{Ni}^{2+} + \text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{NiOOH} \downarrow + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

(6) 将分离出硫酸镍晶体后的母液收集、循环使用，其意义是 提高镍的回收率。

【分析】由工艺流程分析可得，向废镍催化剂中加入 NaOH 溶液进行碱浸，可除去油脂，并发生反应 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 将 Al 及其氧化物溶解，得到的滤液①含有 NaAlO_2 ，滤饼①为 Ni 、 Fe 及其氧化物和少量其他不溶性杂质，加稀 H_2SO_4 酸浸后得到含有 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的滤液②， Fe^{2+} 经 H_2O_2 氧化为 Fe^{3+} 后，加入 NaOH 调节 pH 使 Fe^{3+} 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀除去，再控制 pH 浓缩结晶得到硫酸镍的晶体，据此分析解答问题。

【解答】解：(1) 根据分析可知，向废镍催化剂中加入 NaOH 溶液进行碱浸，可除去油脂，并将 Al 及其氧化物溶解，滤液①中含有 NaAlO_2 (或 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$)，加入稀硫酸可发生反应 $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 或 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ；故答案为：除去油脂、溶解铝及其氧化物； $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 或 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

(2) 加入稀硫酸酸浸， Ni 、 Fe 及其氧化物溶解，所以“滤液②”中含有的金属离子是 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ，

故答案为： Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ；

(3) “转化”中 H_2O_2 的作用是将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，不能引入杂质，可用 O_2 或空气替代若将工艺流程改为先“调 pH”后“转化”，会使调 pH 过滤后的溶液中含有 Fe^{2+} 、则滤

液③中可能含有转化生成的 Fe^{3+} ;

故答案为: O_2 或空气; Fe^{3+} ;

(4) 由上述表格可知, Ni^{2+} 完全沉淀时的 $\text{pH}=8.7$, 此时 $c(\text{Ni}^{2+})=1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{H}^+)=1.0 \times 10^{-8.7} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{OH}^-)=\frac{K_{\text{W}}}{c(\text{H}^+)}=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-8.7}}=1 \times 10^{-5.3} \text{mol/L}$, 则 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}}=c(\text{Ni}^{2+})c^2(\text{OH}^-)=1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \times 10^{-5.3} \text{mol/L} \times 1 \times 10^{-5.3} \text{mol/L}=1 \times 10^{-15.6} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^3$. 如果“转化”后的溶液中 Ni^{2+} 浓度为 $1.0 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 为避免镍离子沉淀, $K_{\text{sp}}=c(\text{Ni}^{2+})c^2(\text{OH}^-)$, $c^2(\text{OH}^-)=\frac{K_{\text{sp}}}{c(\text{Ni}^{2+})}=1 \times 10^{-15.6} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^3$, 此时 $c(\text{OH}^-)=1 \times 10^{-7.8} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{H}^+)=1.0 \times 10^{-6.2} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 即 $\text{pH}=6.2$; Fe^{3+} 完全沉淀的 pH 为 3.2, 因此“调节 pH ”应控制的 pH 范围是 3.2~6.2;

故答案为: $c(\text{Ni}^{2+})c^2(\text{OH}^-)=1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \times 10^{-5.3} \text{mol/L} \times 1 \times 10^{-5.3} \text{mol/L}=1 \times 10^{-15.6}$; 3.2~6.2;

(5) 由题干信息, 硫酸镍在强碱中被 NaClO 氧化得到 NiOOH 沉淀, 即反应中 Ni^{2+} 被氧化为 NiOOH 沉淀, ClO^- 被还原为 Cl^- , 则根据氧化还原得失电子守恒可得离子方程式为 $2\text{Ni}^{2+}+\text{ClO}^-+4\text{OH}^-=2\text{NiOOH} \downarrow +\text{Cl}^-+\text{H}_2\text{O}$;

故答案为: $2\text{Ni}^{2+}+\text{ClO}^-+4\text{OH}^-=2\text{NiOOH} \downarrow +\text{Cl}^-+\text{H}_2\text{O}$;

(6) 分离出硫酸镍晶体后的母液中还含有 Ni^{2+} , 可将其收集、循环使用, 从而提高镍的回收率;

故答案为: 提高镍的回收率。

【点评】 本题以化学工艺流程为背景, 考查物质的分离提纯, 离子反应、氧化还原反应、沉淀平衡常数的计算等知识点, 是近年高考的热点题型, 属于学科内综合题, 考查分析问题能力、提取利用题目信息能力, 计算能力、表达能力等, 难度中等, 注意(4)中 Ni^{2+} 开始沉淀的 pH 不能直接利用表中数据, 要通过计算获得。

10. (14分) 二氧化碳催化加氢合成乙烯是综合利用 CO_2 的热点研究领域。回答下列问题:

(1) CO_2 催化加氢生成乙烯和水的反应中, 产物的物质的量之比 $n(\text{C}_2\text{H}_4):n(\text{H}_2\text{O})=1:4$ 。当反应达到平衡时, 若增大压强, 则 $n(\text{C}_2\text{H}_4)$ 变大 (填“变大”“变小”或“不变”)。

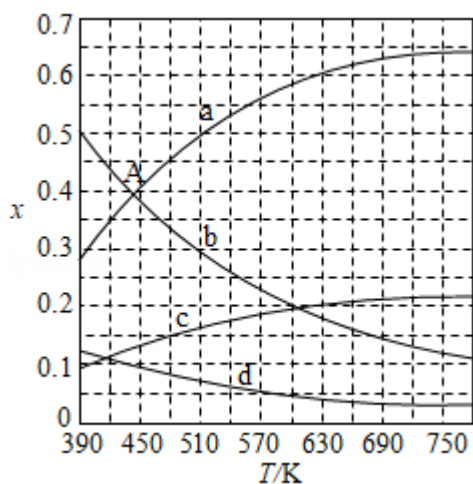
(2) 理论计算表明。原料初始组成 $n(\text{CO}_2):n(\text{H}_2)=1:3$, 在体系压强为 0.1MPa ,

反应达到平衡时，四种组分的物质的量分数 x 随温度 T 的变化如图所示。图中，表示 C_2H_4 、 CO_2 变化的曲线分别是 d、c。 CO_2 催化加氢合成 C_2H_4 反应的 ΔH 小 于 0（填“大于”或“小于”）。

(3) 根据图中点 A (440K, 0.39)，计算该温度时反应的平衡常数 $K_p = \frac{9}{4} \times \frac{1}{(0.039)^3}$

(MPa)⁻³ (列出计算式。以分压表示，分压 = 总压 × 物质的量分数)。

(4) 二氧化碳催化加氢合成乙烯反应往往伴随副反应，生成 C_3H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_8 等低碳烃。一定温度和压强条件下，为了提高反应速率和乙烯选择性，应当 选择合适的催化剂。



【分析】 (1) 根据质量守恒定律配平化学方程式，可以确定产物的物质的量之比。根据可逆反应的特点分析增大压强对化学平衡的影响；

(2) 原料初始组成 $n(CO_2) : n(H_2) = 1 : 3$ ，根据方程式，生成物乙烯与水物质的量之比为 1 : 4，从图中找到关键数据确定代表各组分的曲线；

根据图中代表各组分的曲线随温度变化的趋势，确定该反应是放热反应还是吸热反应；

(3) 原料初始组成 $n(CO_2) : n(H_2) = 1 : 3$ ，在体系压强为 0.1Mpa 建立平衡，由 A 点坐标可知，该温度下，氢气和水的物质的量分数均为 0.39，生成物乙烯与水物质的量之比为 1 : 4，求出乙烯、二氧化碳的物质的量分数，结合化学平衡常数公式计算；

(4) 根据催化剂对化反应速率的影响和对主反应的选择性，工业上通常要选择合适的催化剂以提高化学反应速率、减少副反应的发生。

【解答】 解：(1) CO_2 催化加氢生成乙烯和水，该反应的化学方程式可表示为 $2CO_2 + 6H_2 \rightleftharpoons CH_2=CH_2 + 4H_2O$ ，

则该反应中产物的物质的量之比 $n(C_2H_4) : n(H_2O) = 1 : 4$ ；

由于该反应是气体分子数减少的反应，当反应达到平衡状态时，若增大压强，则化学平衡向正反应方向移动， $n(\text{C}_2\text{H}_4)$ 变大，

故答案为：1: 4; 变大;

(2) 由题中信息可知，两反应物初始投料之比等于化学计量数之比；由图中曲线的起点坐标可知，c 和 a 所表示的物质的物质的量分数之比为 1: 3、d 和 b 表示的物质的物质的量分数之比为 1: 4，则结合化学计量数之比可以判断，表示乙烯变化的曲线是 d，表示二氧化碳变化曲线的是 c；

由图中曲线的变化趋势可知，升高温度，乙烯的物质的量分数减小，则化学平衡向逆反应方向移动，则该反应为放热反应， ΔH 小于 0，

故答案为：d; c; 小于;

(3) 原料初始组成 $n(\text{CO}_2): n(\text{H}_2) = 1: 3$ ，在体系压强为 0.1MPa 建立平衡，由 A 点坐标可知，该温度下，氢气和水的物质的量分数均为 0.39，则乙烯的物质的量分数为水的四分之一，即乙烯的物质的量分数为 $\frac{0.39}{4}$ ，二氧化碳的物质的量分数为氢气的三分之一，即二氧化碳的物质的量分数为 $\frac{0.39}{3}$ ，

$$K_p = \frac{p(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot p^4(\text{H}_2\text{O})}{p^2(\text{CO}_2) \cdot p^6(\text{H}_2)} = \frac{\left(\frac{0.39}{4} \times 0.1\text{MPa}\right) \cdot (0.39 \times 0.1\text{MPa})^4}{\left(\frac{0.39}{3} \times 0.1\text{MPa}\right)^2 \cdot (0.39 \times 0.1\text{MPa})^6} = \frac{9}{4} \times \frac{1}{(0.039)^3} (\text{MPa})^{-3},$$

故答案为： $\frac{9}{4} \times \frac{1}{(0.039)^3}$;

(4) 工业上通常通过选择合适催化剂，以加快化学反应速率，同时还可以提高目标产品的选择性，减少副反应的发生。因此，一定温度和压强下，为了提高反应速率和乙烯的选择性，应当选择合适的催化剂，

故答案为：选择合适的催化剂。

【点评】 本题考查化学平衡相关知识，侧重考查学生分析能力、识图能力和计算能力，确定图中曲线所代表的化学物质是难点，其关键在于明确物质的量的分数之比等于各组分的物质的量之比，也等于化学计量数之比（在初始投料之比等于化学计量数之比的前提下，否则不成立），此题难度较大。

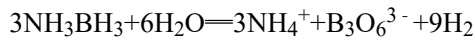
(二) 选考题：共 15 分。请考生从 2 道化学题中任选一题作答。如果多做，则按所做的第一题计分。[化学--选修 3: 物质结构与性质] (15 分)

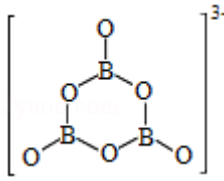
11. (15分) 氨硼烷 (NH_3BH_3) 含氢量高、热稳定性好, 是一种具有潜力的固体储氢材料。

回答下列问题:

(1) H、B、N 中, 原子半径最大的是 B。根据对角线规则, B 的一些化学性质与元素 Si 的相似。

(2) NH_3BH_3 分子中, N - B 化学键称为 配位 键, 其电子对由 N 提供。氨硼烷在催化剂作用下水解释放氢气:

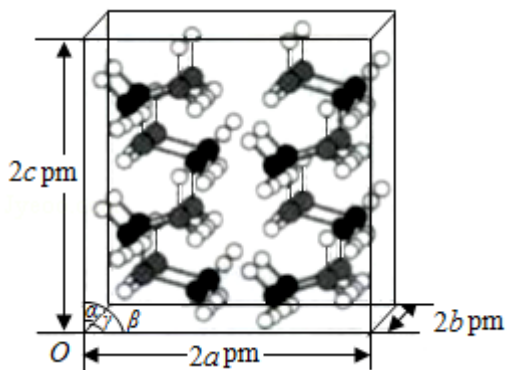


$\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$ 的结构为 。在该反应中, B 原子的杂化轨道类型由 sp^3 变为 sp^2 。

(3) NH_3BH_3 分子中, 与 N 原子相连的 H 呈正电性 ($\text{H}^{\delta+}$), 与 B 原子相连的 H 呈负电性 ($\text{H}^{\delta-}$), 电负性大小顺序是 $\text{N} > \text{H} > \text{B}$ 。与 NH_3BH_3 原子总数相等的等电子体是 CH_3CH_3 (写分子式), 其熔点比 NH_3BH_3 低 (填“高”或“低”), 原因是在 NH_3BH_3 分子之间, 存在 $\text{H}^{\delta+}$ 与 $\text{H}^{\delta-}$ 的静电引力 作用, 也称“双氢键”。

(4) 研究发现, 氨硼烷在低温高压条件下为正交晶系结构, 晶胞参数分别为 $a\text{pm}$ 、 $b\text{pm}$ 、 $c\text{pm}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ 。氨硼烷的 $2 \times 2 \times 2$ 超晶胞结构如图所示。氨硼烷晶体的密度 $\rho =$

$\frac{62}{N_A abc} \times 10^{-30} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (列出计算式, 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值)。



【分析】 根据元素在周期表中的位置比较和判断元素的相关性质; 根据中心原子的价层电子对数确定其杂化轨道的类型; 运用等量代换的方法寻找等电子体; 根据电负性对化合价的影响比较不同元素的电负性; 根据晶胞的质量和体积求晶体的密度。

【解答】 解: (1) 在所有元素中, H 原子的半径是最小的, 同一周期从左到右, 原子半

径依次减小，所以，H、B、N中原子半径最大是B。B与Si在元素周期表中处于对角线的位置，根据对角线规则，B的一些化学性质与Si元素相似。

故答案为：B；Si。

(2) B原子最外层有3个电子，其与3个H原子形成共价键后，其价层电子对只有3对，还有一个空轨道；在NH₃中，N原子有一对孤对电子，故在NH₃BH₃分子中，N-B键为配位键，其电子对由N原子提供。NH₃BH₃分子中，B原子的价层电子对数为4，故其杂化方式为sp³。NH₃BH₃在催化剂的作用下水解生成氢气和B₃O₆³⁻，由图中信息可知，B₃O₆³⁻中每个B原子只形成3个σ键，其中的B原子的杂化方式为sp²，因此，B原子的杂化轨道类型由sp³变为sp²。

故答案为：配位、N、sp³、sp²。

(3) NH₃BH₃分子中，与N原子相连的H呈正电性，说明N的电负性大于H；与B原子相连的H呈负电性，说明H的电负性大于B，因此3种元素电负性由大到小的顺序为N>H>B。NH₃BH₃分子中有8个原子，其价电子总数为14，N和B的价电子数的平均值为4，依据等量代换的原则，可以找到其等电子体为CH₃CH₃。由于NH₃BH₃分子属于极性分子，而CH₃CH₃属于非极性分子，两者相对分子质量接近，但是极性分子的分子间作用力较大，故CH₃CH₃熔点比NH₃BH₃低。NH₃BH₃分子间存在“双氢键”，类比氢键的形成原理，说明其分子间存在H^{δ+}与H^{δ-}的静电引力。

故答案为：N>H>B、CH₃CH₃、低、H^{δ+}与H^{δ-}的静电引力。

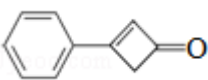
(4) 在氨硼烷的2×2×2的超晶胞结构中，共有16个氨硼烷分子，晶胞的长、宽、高分别为2apm、2bpm、2cpm，若将其平均分为8份可以得到8个小长方体，则平均每个小长方体中占有2个氨硼烷分子，小长方体的长、宽、高分别为apm、bpm、cpm，则小长方体的质量为 $\frac{31 \times 2g}{N_A}$ ，小长方体的体积为 $abc \times 10^{-30} \text{cm}^3$ ，因此，氨硼烷晶体的密

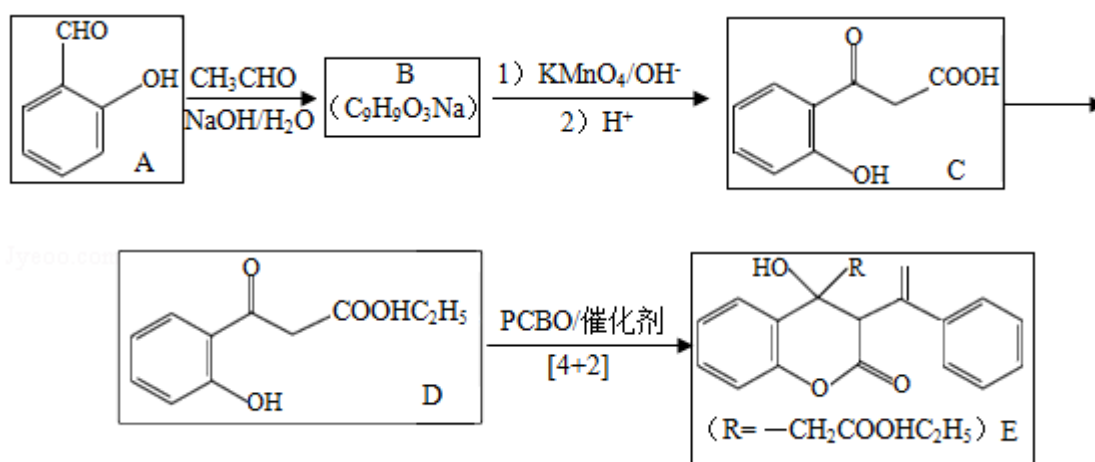
$$\text{度为} \frac{\frac{31 \times 2g}{N_A}}{abc \times 10^{-30}} = \frac{62}{N_A abc \times 10^{-30}} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}。$$

故答案为： $\frac{62}{N_A abc \times 10^{-30}}$ 。

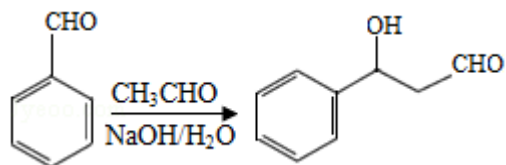
【点评】 本题最后有关晶体密度的计算是难点，要求考生能读懂题意，通过观察晶胞结构，确定超晶胞结构中的分子数，并能合理分成8份，从而简化计算。

[化学--选修 5: 有机化学基础] (15 分)

12. 苯基环丁烯酮 ( PCBO) 是一种十分活泼的反应物, 可利用它的开环反应合成一系列多官能团化合物。近期我国科学家报道用 PCBO 与醛或酮发生[4+2]环加成反应, 合成了具有生物活性的多官能团化合物 (E), 部分合成路线如图:

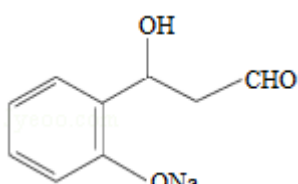


已知如下信息:

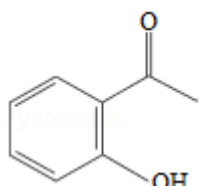


回答下列问题:

(1) A 的化学名称是 2-羟基苯甲醛。

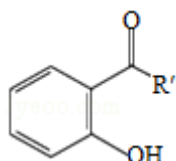
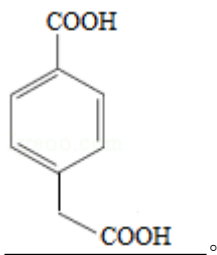
(2) B 的结构简式为 。

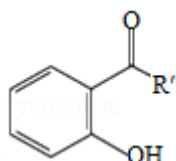
(3) 由 C 生成 D 所用的试剂和反应条件为 乙醇、浓硫酸/加热; 该步反应中, 若反应温度过高, C 易发生脱羧反应, 生成分子式为 $C_8H_8O_2$ 的副产物, 该副产物的结构简式

为 。

(4) 写出化合物 E 中含氧官能团的名称 羟基、酯基; E 中手性碳 (注: 连有四个不同的原子或基团的碳) 的个数为 2。

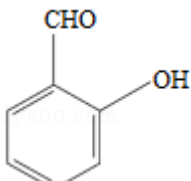
(5) M 为 C 的一种同分异构体。已知：1mol M 与饱和碳酸氢钠溶液充分反应能放出 2mol 二氧化碳；M 与酸性高锰酸钾溶液反应生成对苯二甲酸。M 的结构简式为

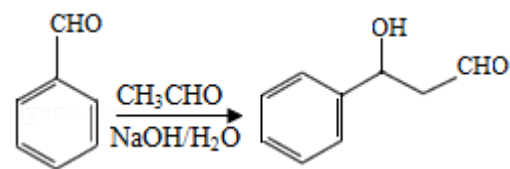


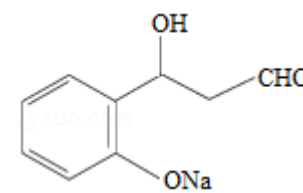
(6) 对于 ，选用不同的取代基 R'，在催化剂作用下与 PCBO 发生的[4+2]反应进行深入研究，R'对产率的影响见下表：

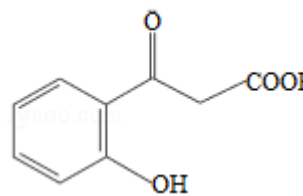
R'	- CH ₃	- C ₂ H ₅	- CH ₂ CH ₂ C ₆ H ₅
产率/%	91	80	63

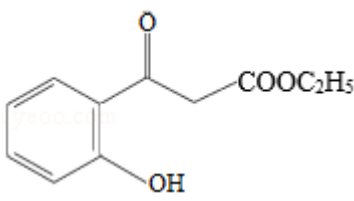
请找出规律，并解释原因 随着 R' 体积增大，产率降低；原因是 R' 体积增大，位阻增大。

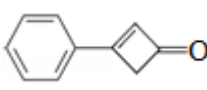
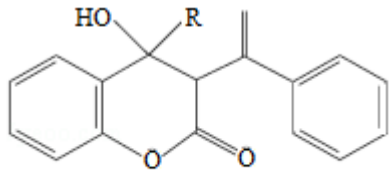
【分析】根据合成路线分析可知，A () 与 CH₃CHO 在 NaOH 的水溶液

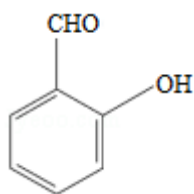
中发生题给的已知反应 ，生成 B

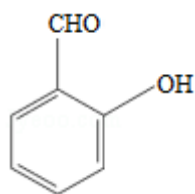
()，B 与 KMnO₄ 反应，被氧化后再酸化得到 C

()，C 再与 CH₃CH₂OH 在浓 H₂SO₄ 加热条件下，发生酯化反

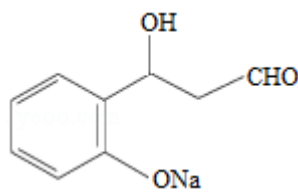
应得 D (), D 再与苯基环丁烯酮

( PCBO) 反应得到 E (), 据此分析。

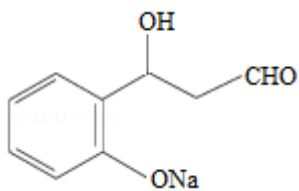


【解答】解：(1) A 的结构简式为：  ，醛基所连的碳为“1”号碳，羟基相连的碳为“2”号碳，所以名称为 2-羟基苯甲醛（或水杨醛），

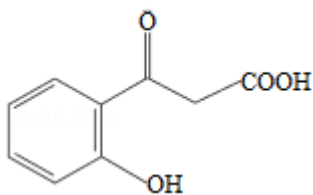
故答案为：2-羟基苯甲醛（或水杨醛）；

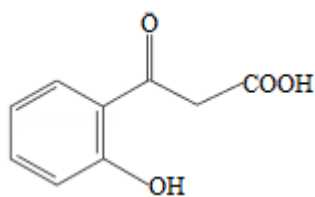


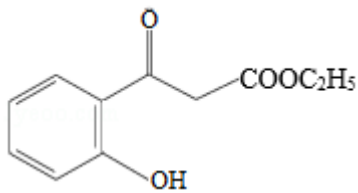
(2) 根据上述分析可知，B 的结构简式为：

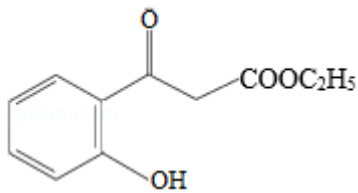


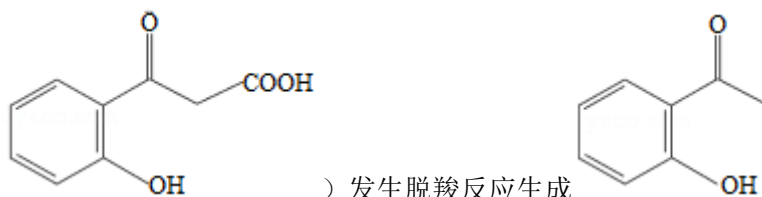
故答案为：



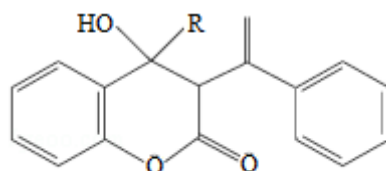
(3) C () 与 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 在浓 H_2SO_4 加热的条件下，发生酸



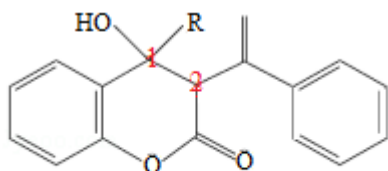
脱羟基醇脱氢的酯化反应得到 D (), 即所用试剂为乙醇、浓硫酸，反应条件为加热；在该步反应中，若反应温度过高，根据副产物的分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$



可知，C () 发生脱羧反应生成 ，
故答案为：乙醇、浓硫酸/加热；

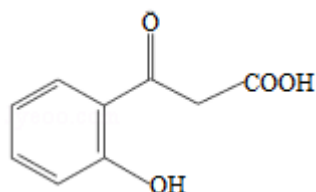


(4) 化合物 E 的结构简式为 (R = -CH₂COOC₂H₅) ，分子中的含氧官能团为羟基和酯基，E 中手性碳原子共有位置为的 2 个手性碳，如图所示：

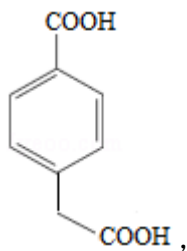


(R = -CH₂COOC₂H₅) ，

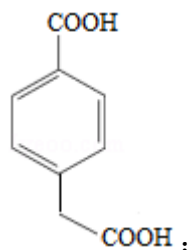
故答案为：羟基、酯基；2；



(5) M 为 C () 的一种同分异构体，1molM 与饱和 NaHCO₃ 溶液反应能放出 2molCO₂，则 M 中含有两个羧基 (-COOH)，M 又与酸性高锰酸钾溶液生成对二苯甲酸，所以 M 分子苯环上只有两个取代基且处于对位，则 M 的结构简式



为：



故答案为：

(6) 由表格数据分析可得到规律，随着取代基 R' 体积的增大，产物的产率降低，出现

此规律的原因可能是因为 R' 体积增大，从而位阻增大，导致产率降低，

故答案为：随着 R' 体积增大，产率降低；原因是 R' 体积增大，位阻增大。

【点评】 本题考查学生对有机化学基础的理解和掌握，题目难度中等，掌握有机的命名、反应条件、官能团名称、手性碳、同分异构等，明确由手性碳及同分异构的书写是解题关键。同时考查了阅读题目获取新信息的能力，需要学生具备扎实的基础与综合运用知识、信息分析解决问题能力。