

2022 年广东省普通高中学业水平选择性考试

化学

本试卷共 8 页，21 小题，满分 100 分，考试用时 75 分钟。

注意事项：

- 1.答卷前，考生务必用黑色字迹钢笔或签字笔将自己的姓名、考生号、考场号和座位号填写在答题卡上。用 2B 铅笔将试卷类型(A)填涂在答题卡相应位置上。将条形码横贴在答题卡右上角“条形码粘贴处”。
- 2.作答选择题时，选出每小题答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目选项的答案信息点涂黑；如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案，答案不能答在试卷上。
- 3.非选择题必须用黑色字迹钢笔或签字笔作答，答案必须写在答题卡各题目指定区域内相应位置上；如需改动，先划掉原来的答案，然后再写上新的答案；不准使用铅笔和涂改液。不按以上要求作答的答案无效。
- 4.作答选考题时，请先用 2B 铅笔填涂选做题的题号对应的信息点，再作答。漏涂、错涂、多涂的，答案无效。
- 5.考生必须保持答题卡的整洁。考试结束后，将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 Na 23 Mg 24 S 32 Cl 35.5
Fe 56

一、选择题：本题共 16 小题，共 44 分。第 1~10 小题，每小题 2 分；第 11~16 小题，每小题 4 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. 中华文明源远流长，在世界文明中独树一帜，汉字居功至伟。随着时代发展，汉字被不断赋予新的文化内涵，其载体也发生相应变化。下列汉字载体主要由合金材料制成的是

汉字载体				
选	A. 兽骨	B. 青铜器	C. 纸张	D. 液晶显示屏

项				
---	--	--	--	--

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

【答案】B

【解析】

【详解】A. 兽骨，甲骨文的契刻载体之一，主要是牛的肩胛骨，一小部分是羊、猪、鹿的肩胛骨，还有极少部分的牛肋骨，其主要成分是碳酸钙和其它钙盐，故 A 不符合题意；

B. 青铜器是红铜与其他化学元素锡、铅等的合金，属于合金材料，故 B 项符合题意；

C. 纸张的主要成分是纤维素，故 C 不符合题意；

D. 液晶显示器是一种采用液晶为材料的显示器，液晶是一类介于固态和液态间的有机化合物，故 D 不符合题意；

综上所述，答案为 B 项。

2. 北京冬奥会成功举办、神舟十三号顺利往返、“天宫课堂”如期开讲及“华龙一号”核电海外投产等，均展示了我国科技发展的巨大成就。下列相关叙述正确的是

- A. 冬奥会“飞扬”火炬所用的燃料 H_2 为氧化性气体
- B. 飞船返回舱表层材料中的玻璃纤维属于天然有机高分子
- C. 乙酸钠过饱和溶液析出晶体并放热的过程仅涉及化学变化
- D. 核电站反应堆所用轴棒中含有的 $^{235}_{92}U$ 与 $^{238}_{92}U$ 互为同位素

【答案】D

【解析】

【详解】A. H_2 作为燃料在反应中被氧化，体现出还原性，故 A 项说法错误；

B. 玻璃纤维是一种性能优异的无机非金属材料，故 B 项说法错误；

C. 乙酸钠饱和溶液中析出晶体的过程中无新物质生成，因此属于物理变化，故 C 项说法错误；

D. $^{235}_{92}U$ 与 $^{238}_{92}U$ 是质子数均为 92，中子数不同的核素，因此二者互为同位素，故 D 项说法正确；

综上所述，叙述正确的是 D 项。

3. 广东一直是我国对外交流的重要窗口，馆藏文物是其历史见证。下列文物主要由硅酸盐制成的是

文物				
选项	A.南宋鎏金饰品	B.蒜头纹银盒	C.广彩瓷咖啡杯	D.铜镀金钟座

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

【答案】C

【解析】

【详解】A. 鎏金饰品是用金汞合金制成的金泥涂饰器物的表面，经过烘烤，汞蒸发而金固结于器物上的一种传统工艺，其中不含硅酸盐，故 A 项不符合题意；

B. 蒜头纹银盒中主要成分为金属银，其中不含硅酸盐，故 B 项不符合题意；

C. 广彩瓷咖啡杯是由黏土等硅酸盐产品烧制而成，其主要成分为硅酸盐，故 C 项符合题意；

D. 铜镀金钟座是铜和金等制得而成，其中不含硅酸盐，故 D 项不符合题意；

综上所述，答案为 C。

4. 实验室进行粗盐提纯时，需除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} ，所用试剂包括 BaCl_2 以及

A. Na_2CO_3 、 NaOH 、 HCl

B. Na_2CO_3 、 HCl 、 KOH

C. K_2CO_3 、 HNO_3 、 NaOH

D. Na_2CO_3 、 NaOH 、 HNO_3

【答案】A

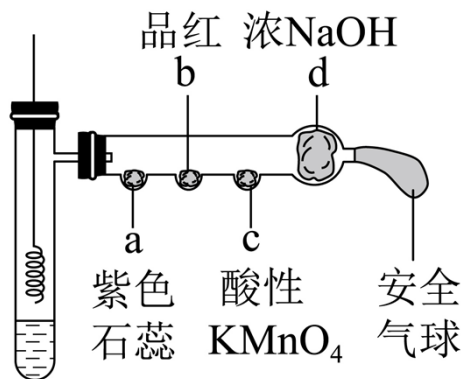
【解析】

【分析】除杂过程中不能引入新杂质，同时为保证除杂完全，所加除杂试剂一般过量，然后选择合适的试剂将所加过量的物质除去。

【详解】粗盐中主要成分为 NaCl 。除去 Ca^{2+} 选用 CO_3^{2-} 将其转化为沉淀，为了不引入新杂质，所加物质的阳离子为 Na^+ ，即选用 Na_2CO_3 除去 Ca^{2+} ，同理可知，除去 Mg^{2+} 需选用 NaOH ，除去 SO_4^{2-} 需选用 BaCl_2 ，

因所加除杂试剂均过量，因此向粗盐样品中加入除杂试剂的顺序中， BaCl_2 先于 Na_2CO_3 加入，利用 Na_2CO_3 除去 Ca^{2+} 和多余的 BaCl_2 ，因 Na_2CO_3 、 NaOH 均过量，成为新杂质，需要过滤后向滤液中加入 HCl ，至溶液中不再有气泡产生，以此除去 Na_2CO_3 、 NaOH ，然后将溶液蒸干得到较为纯净的食盐产品，综上所述，答案为A。

5. 若将铜丝插入热浓硫酸中进行如图(a~d均为浸有相应试液的棉花)所示的探究实验，下列分析正确的是



- A. Cu 与浓硫酸反应，只体现 H_2SO_4 的酸性
- B. a处变红，说明 SO_2 是酸性氧化物
- C. b或c处褪色，均说明 SO_2 具有漂白性
- D. 试管底部出现白色固体，说明反应中无 H_2O 生成

【答案】B

【解析】

【详解】A. 铜和浓硫酸反应过程中，生成 CuSO_4 体现出浓硫酸的酸性，生成 SO_2 体现出浓硫酸的强氧化性，故A错误；

B. a处的紫色石蕊溶液变红，其原因是 SO_2 溶于水生成了酸，可说明 SO_2 是酸性氧化物，故B正确；

C. b处品红溶液褪色，其原因是 SO_2 具有漂白性，而c处酸性高锰酸钾溶液褪色，其原因是 SO_2 和 KMnO_4 发生氧化还原反应， SO_2 体现出还原性，故C错误；

D. 实验过程中试管底部出现白色固体，根据元素守恒可知，其成分为无水 CuSO_4 ，而非蓝色的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，其原因是浓硫酸体现出吸水性，将反应生成的 H_2O 吸收，故D错误；

综上所述，正确的是B项。

6. 劳动开创未来。下列劳动项目与所述的化学知识没有关联的是

选项	劳动项目	化学知识

A	面包师用小苏打作发泡剂烘焙面包	Na_2CO_3 可与酸反应
B	环保工程师用熟石灰处理酸性废水	熟石灰具有碱性
C	工人将模具干燥后再注入熔融钢水	铁与 H_2O 高温下会反应
D	技术人员开发高端耐腐蚀镀铝钢板	铝能形成致密氧化膜

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

【答案】A

【解析】

【详解】A. 小苏打是碳酸氢钠，不是碳酸钠，主要用来做膨松剂，故 A 符合题意；

B. 熟石灰是氢氧化钙，具有碱性，可以用于处理酸性废水，故 B 不符合题意；

C. 熔融的铁与水蒸气在高温下反应会生成四氧化三铁和氢气，因此必须将模具干燥，故 C 不符合题意；

D. 钢板上镀铝，保护钢板，金属铝表面形成致密氧化膜而保护金属铝不被腐蚀，故 D 不符合题意。

综上所述，答案为 A。

7. 甲~戊均为短周期元素，在元素周期表中的相对位置如图所示。戊的最高价氧化物对应的水化物为强酸。下列说法不正确的是

甲		乙
丙	丁	戊

A. 原子半径：丁>戊>乙

B. 非金属性：戊>丁>丙

C. 甲的氢化物遇氯化氢一定有白烟产生

D. 丙的最高价氧化物对应的水化物一定能与强碱反应

【答案】C

【解析】

【分析】甲~戊是短周期元素，戊中的最高价氧化物对应水化物为强酸，则可能是硫酸或高氯酸，若是高氯酸，则戊为 Cl，甲为 N、乙为 F、丙为 P、丁为 S，若是硫酸，则戊为 S，甲为 C、乙为 O、丙为 Si、丁为 P。

【详解】A. 根据层多径大，同电子层结构核多径小原则，则原子半径：丁>戊>乙，故 A 正确；

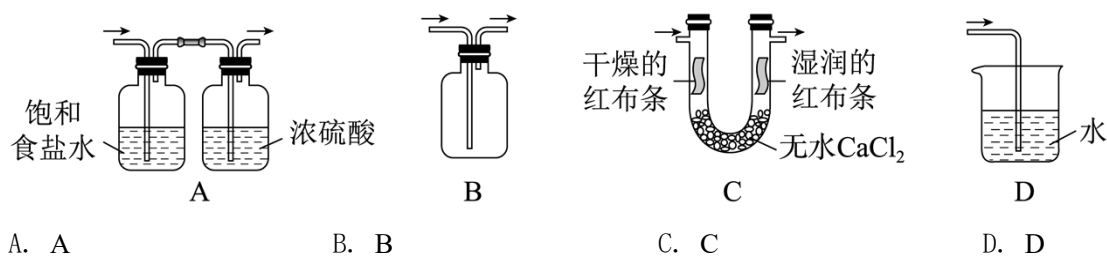
B. 根据同周期从左到右非金属性逐渐增强，则非金属性：戊>丁>丙，故 B 正确；

C. 甲的氢化物可能为氨气，可能为甲烷、乙烷等，若是氨气，则遇氯化氢一定有白烟产生；若是甲烷、乙烷等，则遇氯化氢不反应，没有白烟生成，故 C 错误；

D. 丙的最高价氧化物对应的水化物可能是硅酸、也可能是磷酸，都一定能与强碱反应，故 D 正确。

综上所述，答案为 C。

8. 实验室用 MnO_2 和浓盐酸反应生成 Cl_2 后，按照净化、收集、性质检验及尾气处理的顺序进行实验。下列装置(“→”表示气流方向)不能达到实验目的的是



A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. 浓盐酸易挥发，制备的氯气中含有 HCl，可用饱和食盐水除去 HCl， Cl_2 可用浓硫酸干燥，A 装置能达到实验目的，故 A 不符合题意；

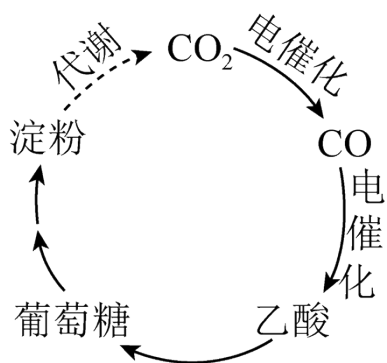
B. 氯气的密度大于空气，用向上排空气法收集，B 装置能收集氯气，故 B 不符合题意；

C. 湿润的红布条褪色，干燥的红色布条不褪色，可验证干燥的氯气不具有漂白性，故 C 不符合题意；

D. 氯气在水中的溶解度较小，应用 NaOH 溶液吸收尾气，D 装置不能达到实验目的，故 D 符合题意；

答案选 D。

9. 我国科学家进行了如图所示的碳循环研究。下列说法正确的是



A. 淀粉是多糖，在一定条件下能水解成葡萄糖

B. 葡萄糖与果糖互为同分异构体，都属于烃类

C. 1mol CO 中含有 6.02×10^{24} 个电子

D. 22.4L CO_2 被还原生成 1mol CO

【答案】A

【解析】

- 【详解】A. 淀粉是由葡萄糖分子聚合而成的多糖，在一定条件下水解可得到葡萄糖，故 A 正确；
B. 葡萄糖与果糖的分子式均为 $C_6H_{12}O_6$ ，结构不同，二者互为同分异构体，但含有 O 元素，不是烃类，属于烃的衍生物，故 B 错误；
C. 一个 CO 分子含有 14 个电子，则 1molCO 中含有 $14 \times 6.02 \times 10^{23} = 8.428 \times 10^{24}$ 个电子，故 C 错误；
D. 未指明气体处于标况下，不能用标况下的气体摩尔体积计算其物质的量，故 D 错误；

答案选 A。

10. 以熔融盐为电解液，以含 Cu、Mg 和 Si 等的铝合金废料为阳极进行电解，实现 Al 的再生。该过程中

- A. 阴极发生的反应为 $Mg - 2e^- = Mg^{2+}$ B. 阴极上 Al 被氧化
C. 在电解槽底部产生含 Cu 的阳极泥 D. 阳极和阴极的质量变化相等

【答案】C

【解析】

【分析】根据电解原理可知，电解池中阳极发生失电子的氧化反应，阴极发生得电子的还原反应，该题中以熔融盐为电解液，含 Cu、Mg 和 Si 等的铝合金废料为阳极进行电解，通过控制一定的条件，从而可使阳极区 Mg 和 Al 发生失电子的氧化反应，分别生成 Mg^{2+} 和 Al^{3+} ，Cu 和 Si 不参与反应，阴极区 Al^{3+} 得电子生成 Al 单质，从而实现 Al 的再生，据此分析解答。

- 【详解】A. 阴极应该发生得电子的还原反应，实际上 Mg 在阳极失电子生成 Mg^{2+} ，A 错误；
B. Al 在阳极上被氧化生成 Al^{3+} ，B 错误；
C. 阳极材料中 Cu 和 Si 不参与氧化反应，在电解槽底部可形成阳极泥，C 正确；
D. 因为阳极除了铝参与电子转移，镁也参与了电子转移，且还会形成阳极泥，而阴极只有铝离子得电子生成铝单质，根据电子转移数守恒及元素守恒可知，阳极与阴极的质量变化不相等，D 错误；
故选 C。

11. 为检验牺牲阳极的阴极保护法对钢铁防腐的效果，将镀层有破损的镀锌铁片放入酸化的 3% NaCl 溶液中。一段时间后，取溶液分别实验，能说明铁片没有被腐蚀的是

- A. 加入 $AgNO_3$ 溶液产生沉淀 B. 加入淀粉碘化钾溶液无蓝色出现
C. 加入 KSCN 溶液无红色出现 D. 加入 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液无蓝色沉淀生成

【答案】D

【解析】

【分析】镀层有破损的镀锌铁片被腐蚀，则将其放入到酸化的 3%NaCl 溶液中，会构成原电池，由于锌比铁活泼，作原电池的负极，而铁片作正极，溶液中破损的位置会变大，铁也会继续和酸化的氯化钠溶液反应产生氢气，溶液中会有亚铁离子生成，据此分析解答。

【详解】A. 氯化钠溶液中始终存在氯离子，所以加入硝酸银溶液后，不管铁片是否被腐蚀，均会出现白色沉淀，故 A 不符合题意；

B. 淀粉碘化钾溶液可检测氧化性物质，但不论铁片是否被腐蚀，均无氧化性物质可碘化钾发生反应，故 B 不符合题意；

C. KSCN 溶液可检测铁离子的存在，上述现象中不会出现铁离子，所以无论铁片是否被腐蚀，加入 KSCN 溶液后，均无红色出现，故 C 不符合题意；

D. $K_3[Fe(CN)_6]$ 是用于检测 Fe^{2+} 的试剂，若铁片没有被腐蚀，则溶液中不会生成亚铁离子，则加入 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液就不会出现蓝色沉淀，故 D 符合题意。

综上所述，答案为 D。

12. 陈述I和II均正确但不具有因果关系的是

选项	陈述I	陈述II
A	用焦炭和石英砂制取粗硅	SiO_2 可制作光导纤维
B	利用海水制取溴和镁单质	Br^- 可被氧化， Mg^{2+} 可被还原
C	石油裂解气能使溴的 CCl_4 溶液褪色	石油裂解可得到乙烯等不饱和烃
D	$FeCl_3$ 水解可生成 $Fe(OH)_3$ 胶体	$FeCl_3$ 可用作净水剂

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A. 焦炭具有还原性，工业上常利用焦炭与石英砂 (SiO_2) 在高温条件下制备粗硅，这与 SiO_2 是否做光导纤维无因果关系，故 A 符合题意；

B. 海水中存在溴离子，可向其中通入氯气等氧化剂将其氧化为溴单质，再经过萃取蒸馏物理操作分离提纯溴单质，另外，通过富集海水中的镁离子，经过沉淀、溶解等操作得到无水氯化镁，随后电解熔融氯化镁可制备得到镁单质，陈述 I 和陈述 II 均正确，且具有因果关系，B 不符合题意；

C. 石油在催化剂加热条件下进行裂解可得到乙烯等不饱和烃，从而使溴的 CCl_4 溶液褪色，陈述 I 和陈述

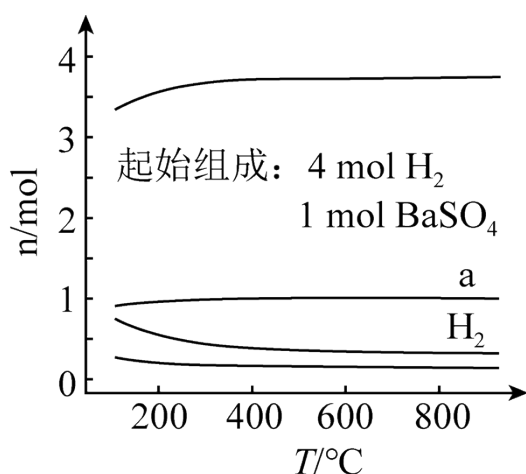
II 均正确，且具有因果关系，C 不符合题意；

D. FeCl_3 溶液中铁离子可发生水解，生成具有吸附性的氢氧化铁胶体，从而可用作净水机，陈述 I 和陈述

II 均正确，且具有因果关系，D 不符合题意；

综上所述，答案为 A。

13. 恒容密闭容器中， $\text{BaSO}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{BaS}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 在不同温度下达平衡时，各组分的物质的量(n)如图所示。下列说法正确的是



- A. 该反应的 $\Delta H < 0$
- B. a 为 $n(\text{H}_2\text{O})$ 随温度的变化曲线
- C. 向平衡体系中充入惰性气体，平衡不移动
- D. 向平衡体系中加入 BaSO_4 ， H_2 的平衡转化率增大

【答案】C

【解析】

【详解】A. 从图示可以看出，平衡时升高温度，氢气的物质的量减少，则平衡正向移动，说明该反应的正反应是吸热反应，即 $\Delta H > 0$ ，故 A 错误；

B. 从图示可以看出，在恒容密闭容器中，随着温度升高氢气的平衡时的物质的量减少，则平衡随着温度升高正向移动，水蒸气的物质的量增加，而 a 曲线表示的是物质的量不随温度变化而变化，故 B 错误；

C. 容器体积固定，向容器中充入惰性气体，没有改变各物质的浓度，平衡不移动，故 C 正确；

D. BaSO_4 是固体，向平衡体系中加入 BaSO_4 ，不能改变其浓度，因此平衡不移动，氢气的转化率不变，故 D 错误；

故选 C。

14. 下列关于 Na 的化合物之间转化反应的离子方程式书写正确的是

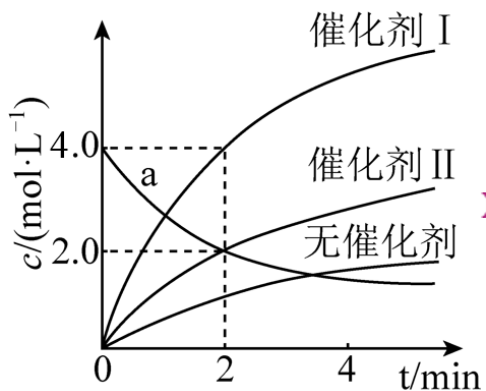
- A. 碱转化为酸式盐: $\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{HCO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. 碱转化为两种盐: $2\text{OH}^- + \text{Cl}_2 = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- C. 过氧化物转化为碱: $2\text{O}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^- + \text{O}_2 \uparrow$
- D. 盐转化为另一种盐: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 2\text{Na}^+$

【答案】B

【解析】

- 【详解】A. 向氢氧化钠溶液中通入足量的二氧化碳, 碱可以转化成酸式盐, 离子方程式为: $\text{CO}_2 + \text{OH}^- = \text{HCO}_3^-$, 故 A 错误;
- B. 氯气通入 NaOH 溶液中可以生成氯化钠和次氯酸钠两种盐, 其离子方程式为: $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$, 故 B 正确;
- C. 钠的过氧化物为 Na_2O_2 , 可以和水反应生成氢氧化钠, 但在离子方程式里 Na_2O_2 不能拆成离子, 故 C 错误;
- D. 硅酸钠溶于水, 在离子方程式里要写成离子, 故 D 错误;
- 故选 B。

15. 在相同条件下研究催化剂 I、II 对反应 $\text{X} \rightarrow 2\text{Y}$ 的影响, 各物质浓度 c 随反应时间 t 的部分变化曲线如图, 则



- A. 无催化剂时, 反应不能进行
- B. 与催化剂 I 相比, II 使反应活化能更低
- C. a 曲线表示使用催化剂 II 时 X 的浓度随 t 的变化
- D. 使用催化剂 II 时, $0 \sim 2 \text{ min}$ 内, $v(\text{X}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由图可知，无催化剂时，随反应进行，生成物浓度也在增加，说明反应也在进行，故 A 错误；

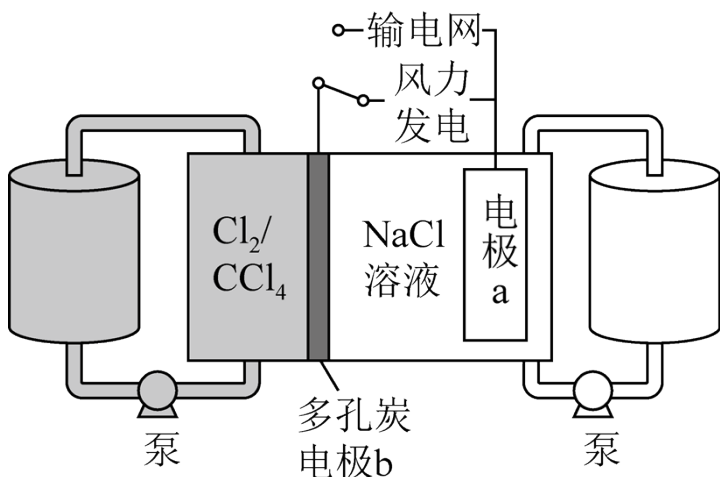
B. 由图可知，催化剂 I 比催化剂 II 催化效果好，说明催化剂 I 使反应活化能更低，反应更快，故 B 错误；

C. 由图可知，使用催化剂 II 时，在 0~2min 内 Y 的浓度变化了 2.0mol/L，而 a 曲线表示的 X 的浓度变化了 2.0mol/L，二者变化量之比不等于化学计量数之比，所以 a 曲线不表示使用催化剂 II 时 X 浓度随时间 t 的变化，故 C 错误；

D. 使用催化剂 I 时，在 0~2min 内，Y 的浓度变化了 4.0mol/L，则 $v(Y) = \frac{\Delta c(Y)}{\Delta t} = \frac{4.0\text{mol/L}}{2\text{min}} = 2.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ， $v(X) = \frac{1}{2}v(Y) = \frac{1}{2} \times 2.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} = 1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，故 D 正确；

答案选 D。

16. 科学家基于 Cl_2 易溶于 CCl_4 的性质，发展了一种无需离子交换膜的新型氯流电池，可作储能设备(如图)。充电时电极 a 的反应为： $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- = \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ 。下列说法正确的是



- A. 充电时电极 b 是阴极
- B. 放电时 NaCl 溶液的 pH 减小
- C. 放电时 NaCl 溶液的浓度增大
- D. 每生成 1mol Cl_2 ，电极 a 质量理论上增加 23g

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由充电时电极 a 的反应可知，充电时电极 a 发生还原反应，所以电极 a 是阴极，则电极 b 是阳极，故 A 错误；

B. 放电时电极反应和充电时相反，则由放电时电极 a 的反应为

$Na_3Ti_2(PO_4)_3 - 2e^- = NaTi_2(PO_4)_3 + 2Na^+$ 可知，NaCl 溶液的 pH 不变，故 B 错误；

C. 放电时负极反应为 $Na_3Ti_2(PO_4)_3 - 2e^- = NaTi_2(PO_4)_3 + 2Na^+$ ，正极反应为 $Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$ ，反应后 Na^+ 和 Cl^- 浓度都增大，则放电时 NaCl 溶液的浓度增大，故 C 正确；

D. 充电时阳极反应为 $2Cl^- - 2e^- = Cl_2 \uparrow$ ，阴极反应为 $NaTi_2(PO_4)_3 + 2Na^+ + 2e^- = Na_3Ti_2(PO_4)_3$ ，由得失电子守恒可知，每生成 1mol Cl_2 ，电极 a 质量理论上增加 $23g/mol \times 2mol = 46g$ ，故 D 错误；

答案选 C。

二、非选择题：共 56 分。第 17~19 题为必考题，考生都必须作答。第 20~21 题为选考题，考生根据要求作答。

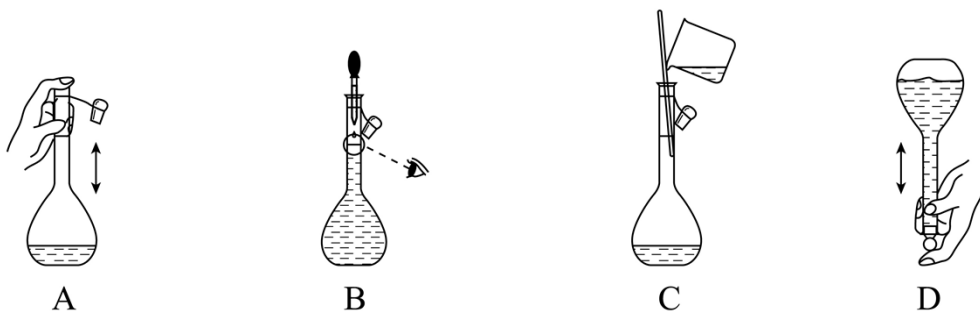
(一)必考题：共 42 分。

17. 食醋是烹饪美食的调味品，有效成分主要为醋酸(用 HAc 表示)。HAc 的应用与其电离平衡密切相关。

25°C 时，HAc 的 $K_a = 1.75 \times 10^{-5} = 10^{-4.76}$ 。

(1) 配制 250mL $0.1mol \cdot L^{-1}$ 的 HAc 溶液，需 $5mol \cdot L^{-1}$ HAc 溶液的体积为 _____ mL。

(2) 下列关于 250mL 容量瓶的操作，正确的是 _____。



(3) 某小组研究 25°C 下 HAc 电离平衡的影响因素。

提出假设。稀释 HAc 溶液或改变 Ac^- 浓度，HAc 电离平衡会发生移动。设计方案并完成实验用浓度均为 $0.1mol \cdot L^{-1}$ 的 HAc 和 NaAc 溶液，按下表配制总体积相同的系列溶液；测定 pH，记录数据。

序号	v(HAc)/mL	v(NaAc)/mL	V(H ₂ O)/mL	n(NaAc):n(HAc)	pH
I	40.00	/	/	0	2.86
II	4.00	/	36.00	0	3.36

...					
VII	4.00	a	b	3: 4	4.53
VIII	4.00	4.00	32.00	1: 1	4.65

①根据表中信息，补充数据：a = _____，b = _____。

②由实验I和II可知，稀释 HAc 溶液，电离平衡_____ (填“正”或“逆”) 向移动；结合表中数据，给出判断理由：_____。

③由实验II~VIII 可知，增大 Ac^- 浓度，HAc 电离平衡逆向移动。

实验结论假设成立。

(4) 小组分析上表数据发现：随着 $\frac{n(\text{NaAc})}{n(\text{HAc})}$ 的增加， $c(\text{H}^+)$ 的值逐渐接近 HAc 的 K_a 。

查阅资料获悉：一定条件下，按 $\frac{n(\text{NaAc})}{n(\text{HAc})} = 1$ 配制的溶液中， $c(\text{H}^+)$ 的值等于 HAc 的 K_a 。

对比数据发现，实验 VIII 中 $\text{pH} = 4.65$ 与资料数据 $K_a = 10^{-4.76}$ 存在一定差异；推测可能由物质浓度准确程度不够引起，故先准确测定 HAc 溶液的浓度再验证。

①移取 20.00mL HAc 溶液，加入 2 滴酚酞溶液，用 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液滴定至终点，消耗体积为 22.08mL，则该 HAc 溶液的浓度为_____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。在答题卡虚线框中，画出上述过程的滴定曲线示意图并标注滴定终点_____。

②用上述 HAc 溶液和 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液，配制等物质的量的 HAc 与 NaAc 混合溶液，测定 pH，结果与资料数据相符。

(5) 小组进一步提出：如果只有浓度均约为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HAc 和 NaOH 溶液，如何准确测定 HAc 的 K_a ？小组同学设计方案并进行实验。请完成下表中II的内容。

I	移取 20.00mL HAc 溶液，用 NaOH 溶液滴定至终点，消耗 NaOH 溶液 $V_1\text{mL}$
II	_____，测得溶液的 pH 为 4.76

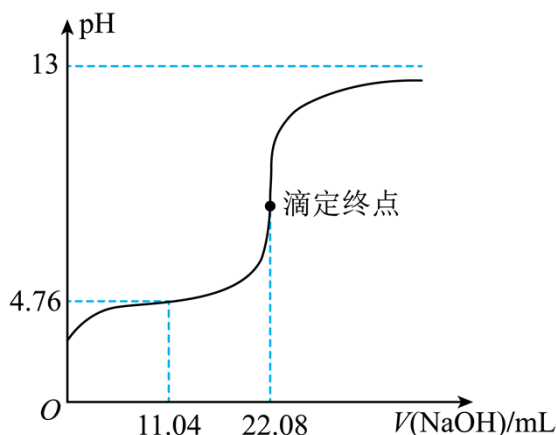
实验总结 得到的结果与资料数据相符，方案可行。

(6) 根据 K_a 可以判断弱酸的酸性强弱。写出一种无机弱酸及其用途_____。

【答案】(1) 5.0 (2) C

(3) ①. 3.00 ②. 33.00 ③. 正 ④. 实验 II 相较于实验 I, 醋酸溶液稀释了 10 倍, 而实验 II 的 pH 增大值小于 1

(4) ①. 0.1104 ②.



(5) 向滴定后的混合液中加入 20mL HAc 溶液

(6) HClO: 漂白剂和消毒液(或 H₂SO₃: 还原剂、防腐剂或 H₃PO₄: 食品添加剂、制药、生产肥料)

【解析】

【小问 1 详解】

溶液稀释过程中, 溶质的物质的量不变, 因此 $250\text{mL} \times 0.1\text{mol/L} = V \times 5\text{mol/L}$, 解得 $V=5.0\text{mL}$, 故答案为: 5.0。

【小问 2 详解】

A. 容量瓶使用过程中, 不能用手等触碰瓶口, 以免污染试剂, 故 A 错误;

B. 定容时, 视线应与溶液凹液面和刻度线“三线相切”, 不能仰视或俯视, 故 B 错误;

C. 向容量瓶中转移液体, 需用玻璃棒引流, 玻璃棒下端位于刻度线以下, 同时玻璃棒不能接触容量瓶口, 故 C 正确;

D. 定容完成后, 盖上瓶塞, 将容量瓶来回颠倒, 将溶液摇匀, 颠倒过程中, 左手食指抵住瓶塞, 防止瓶塞脱落, 右手扶住容量瓶底部, 防止容量瓶从左手掉落, 故 D 错误;

综上所述, 正确的是 C 项。

【小问 3 详解】

①实验 VII 的溶液中 $n(\text{NaAc}): n(\text{HAc})=3: 4$, $V(\text{HAc})=4.00\text{mL}$, 因此 $V(\text{NaAc})=3.00\text{mL}$, 即 $a=3.00$, 由实验 I 可知, 溶液最终的体积为 40.00mL , 因此 $V(\text{H}_2\text{O})=40.00\text{mL}-4.00\text{mL}-3.00\text{mL}=33.00\text{mL}$, 即 $b=33.00$, 故答案为: 3.00; 33.00。

②实验 I 所得溶液的 $\text{pH}=2.86$, 实验 II 的溶液中 $c(\text{HAc})$ 为实验 I 的 $\frac{1}{10}$, 稀释过程中, 若不考虑电离平衡移动, 则实验 II 所得溶液的 $\text{pH}=2.86+1=3.86$, 但实际溶液的 $\text{pH}=3.36 < 3.86$, 说明稀释过程中, 溶液中 $n(\text{H}^+)$ 增大, 即电离平衡正向移动, 故答案为: 正; 实验 II 相较于实验 I, 醋酸溶液稀释了 10 倍, 而实验 II 的

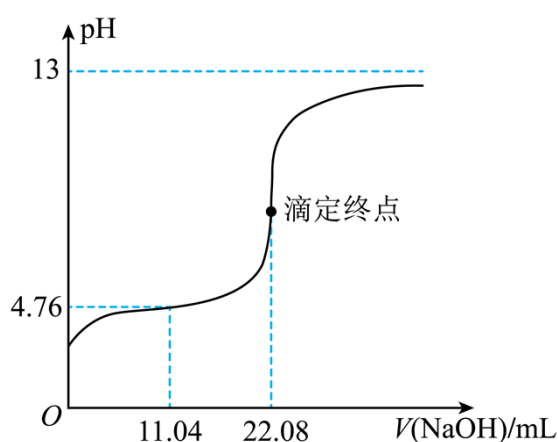
pH 增大值小于 1。

【小问 4 详解】

(i) 滴定过程中发生反应： $\text{HAc} + \text{NaOH} = \text{NaAc} + \text{H}_2\text{O}$ ，由反应方程式可知，滴定至终点时，

$n(\text{HAc}) = n(\text{NaOH})$ ，因此 $22.08\text{mL} \times 0.1\text{mol/L} = 20.00\text{mL} \times c(\text{HAc})$ ，解得 $c(\text{HAc}) = 0.1104\text{mol/L}$ ，故答案为：
0.1104。

(ii) 滴定过程中，当 $V(\text{NaOH}) = 0$ 时， $c(\text{H}^+) = \sqrt{K_a \cdot c(\text{HAc})} \approx \sqrt{10^{-4.76} \times 0.1} \text{mol/L} = 10^{-2.88}\text{mol/L}$ ，溶液的 $\text{pH} = 2.88$ ，当 $V(\text{NaOH}) = 11.04\text{mL}$ 时， $n(\text{NaAc}) = n(\text{HAc})$ ，溶液的 $\text{pH} = 4.76$ ，当 $V(\text{NaOH}) = 22.08\text{mL}$ 时，达到滴定终点，溶液中溶质为 NaAc 溶液， Ac^- 发生水解，溶液呈弱碱性，当 NaOH 溶液过量较多时， $c(\text{NaOH})$ 无限接近 0.1mol/L ，溶液 pH 接近 13，因此滴定曲线如图：



【小问 5 详解】

向 20.00mL 的 HAc 溶液中加入 $V_1\text{mL}$ NaOH 溶液达到滴定终点，滴定终点的溶液中溶质为 NaAc，当

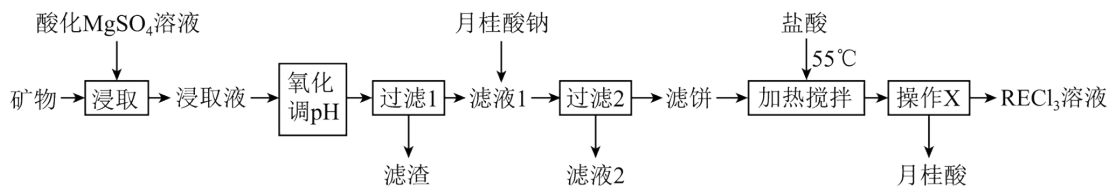
$\frac{n(\text{NaAc})}{n(\text{HAc})} = 1$ 时，溶液中 $c(\text{H}^+)$ 的值等于 HAc 的 K_a ，因此可再向溶液中加入 20.00mL HAc 溶液，使溶液

中 $n(\text{NaAc}) = n(\text{HAc})$ ，故答案为：向滴定后的混合液中加入 20mL HAc 溶液。

【小问 6 详解】

不同的无机弱酸在生活中应用广泛，如 HClO 具有强氧化性，在生活中可用于漂白和消毒， H_2SO_3 具有还原性，可用作还原剂，在葡萄酒中添加适量 H_2SO_3 可用作防腐剂， H_3PO_4 具有中强酸性，可用作食品添加剂，同时在制药、生产肥料等行业有广泛用途，故答案为： HClO ：漂白剂和消毒液(或 H_2SO_3 ：还原剂、防腐剂或 H_3PO_4 ：食品添加剂、制药、生产肥料)。

18. 稀土(RE)包括镧、钇等元素，是高科技发展的关键支撑。我国南方特有的稀土矿可用离子交换法处理，一种从该类矿(含铁、铝等元素)中提取稀土的工艺如下：



已知：月桂酸($C_{11}H_{23}COOH$)熔点为 $44^{\circ}C$ ；月桂酸和 $(C_{11}H_{23}COO)_3RE$ 均难溶于水。该工艺条件下，稀土离子保持+3价不变： $(C_{11}H_{23}COO)_2Mg$ 的 $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-8}$ ， $Al(OH)_3$ 开始溶解时的pH为8.8；有关金属离子沉淀的相关pH见下表。

离子	Mg^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	RE^{3+}
开始沉淀时的pH	8.8	1.5	3.6	6.2~7.4
沉淀完全时的pH	/	3.2	4.7	/

- “氧化调pH”中，化合价有变化的金属离子是_____。
- “过滤1”前，用NaOH溶液调pH至_____的范围内，该过程中 Al^{3+} 发生反应的离子方程式为_____。
- “过滤2”后，滤饼中检测不到Mg元素，滤液2中 Mg^{2+} 浓度为 $2.7g \cdot L^{-1}$ 。为尽可能多地提取 RE^{3+} ，可提高月桂酸钠的加入量，但应确保“过滤2”前的溶液中 $c(C_{11}H_{23}COO^-)$ 低于_____ $mol \cdot L^{-1}$ (保留两位有效数字)。
- ①“加热搅拌”有利于加快 RE^{3+} 溶出、提高产率，其原因是_____。
- ②“操作X”的过程为：先_____，再固液分离。
- 该工艺中，可再生循环利用的物质有_____ (写化学式)。
- 稀土元素钇(Y)可用于制备高活性的合金类催化剂 Pt_3Y 。

①还原 YCl_3 和 $PtCl_4$ 熔融盐制备 Pt_3Y 时，生成 $1mol Pt_3Y$ 转移_____ mol电子。

② Pt_3Y/C 用作氢氧燃料电池电极材料时，能在碱性溶液中高效催化 O_2 的还原，发生的电极反应为_____。

【答案】(1) Fe^{2+}

(2) ①. $4.7 \leq pH < 6.2$ ②. $Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3 \downarrow$

(3) 4.0×10^{-4}

(4) ①. 加热搅拌可加快反应速率 ②. 冷却结晶

(5) MgSO_4 (6) ①. 15 ②. $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$

【解析】

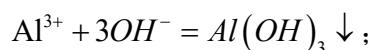
【分析】由流程可知，该类矿(含铁、铝等元素)加入酸化 MgSO_4 溶液浸取，得到浸取液中含有 RE^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} 等离子，经氧化调 pH 使 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 形成沉淀，经过滤除去，滤液 1 中含有 RE^{3+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子，加入月桂酸钠，使 RE^{3+} 形成 $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_3\text{RE}$ 沉淀，滤液 2 主要含有 MgSO_4 溶液，可循环利用，滤饼加盐酸，经加热搅拌溶解后，再冷却结晶，析出月桂酸，再固液分离得到 RECl_3 溶液。

【小问 1 详解】

由分析可知，“氧化调 pH”目的是除去含铁、铝等元素的离子，需要将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，以便后续除杂，所以化合价有变化的金属离子是 Fe^{2+} ，故答案为： Fe^{2+} ；

【小问 2 详解】

由表中数据可知， Al^{3+} 沉淀完全的 pH 为 4.7，而 RE^{3+} 开始沉淀的 pH 为 6.2~7.4，所以为保证 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 沉淀完全，且 RE^{3+} 不沉淀，要用 NaOH 溶液调 pH 至 $4.7 \leq \text{pH} < 6.2$ 的范围内，该过程中 Al^{3+} 发生反应的离子方程式为 $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ ，故答案为： $4.7 \leq \text{pH} < 6.2$ ；



【小问 3 详解】

滤液 2 中 Mg^{2+} 浓度为 $2.7\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ，即 0.1125mol/L ，根据

$K_{\text{sp}}[(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}] = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO}^-)$ ，若要加入月桂酸钠后只生成

$(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_3\text{RE}$ ，而不产生 $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}$ ，则 $c(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO}^-) < \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}]}{c(\text{Mg}^{2+})}} =$

$$\sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-8}}{0.1125}} = 4 \times 10^{-4} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$
，故答案为： 4×10^{-4} ；

【小问 4 详解】

①“加热搅拌”有利于加快 RE^{3+} 溶出、提高产率，其原因是加热搅拌可加快反应速率，故答案为：加热搅拌可加快反应速率；

②“操作 X”的结果是分离出月桂酸，由信息可知，月桂酸($\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$)熔点为 44°C ，故“操作 X”的过

程为：先冷却结晶，再固液分离，故答案为：冷却结晶；

【小问 5 详解】

由分析可知，该工艺中，可再生循环利用的物质有 MgSO_4 ，故答案为： MgSO_4 ；

【小问 6 详解】

① YCl_3 中 Y 为 +3 价， PtCl_4 中 Pt 为 +4 价，而 Pt_3Y 中金属均为 0 价，所以还原 YCl_3 和 PtCl_4 熔融盐制备 Pt_3Y 时，生成 1 mol Pt_3Y 转移 15 mol 电子，故答案为：15；

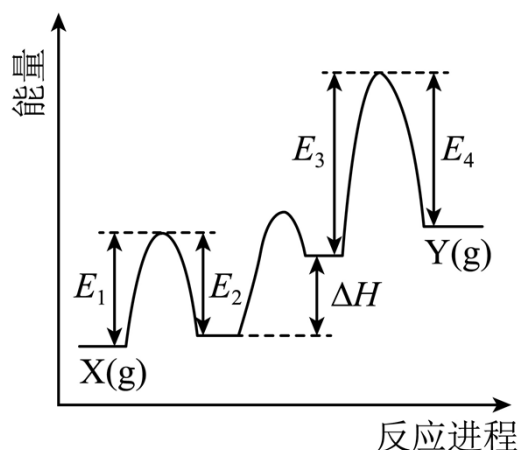
② 碱性溶液中，氢氧燃料电池正极发生还原反应，发生的电极反应为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ ，故答案为： $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ 。

19. 铬及其化合物在催化、金属防腐等方面具有重要应用。

(1) 催化剂 Cr_2O_3 可由 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 加热分解制备，反应同时生成无污染气体。

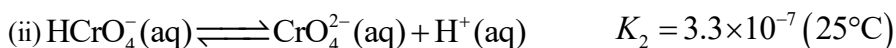
① 完成化学方程式： $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\Delta} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$ 。

② Cr_2O_3 催化丙烷脱氢过程中，部分反应历程如图， $\text{X}(\text{g}) \rightarrow \text{Y}(\text{g})$ 过程的焓变为 $\underline{\hspace{2cm}}$ (列式表示)。



③ Cr_2O_3 可用于 NH_3 的催化氧化。设计从 NH_3 出发经过 3 步反应制备 HNO_3 的路线 $\underline{\hspace{2cm}}$ (用“ \rightarrow ”表示含氮物质间的转化)；其中一个有颜色变化的反应的化学方程式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中存在多个平衡。本题条件下仅需考虑如下平衡：



① 下列有关 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液的说法正确的有 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

A. 加入少量硫酸，溶液的 pH 不变

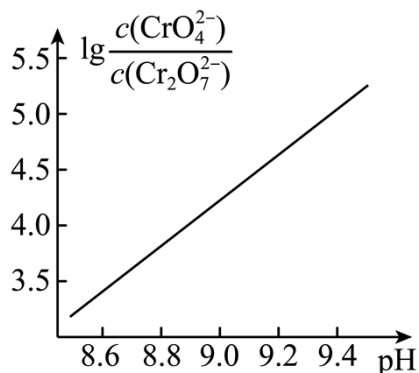
B. 加入少量水稀释，溶液中离子总数增加

C.加入少量 NaOH 溶液，反应(i)的平衡逆向移动

D.加入少量 $K_2Cr_2O_7$ 固体，平衡时 $c^2(HCrO_4^-)$ 与 $c(Cr_2O_7^{2-})$ 的比值保持不变

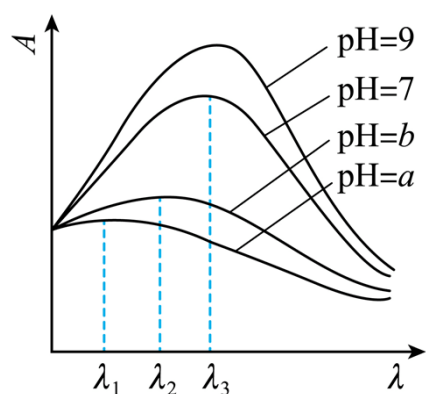
②25°C时， $0.10mol \cdot L^{-1}K_2Cr_2O_7$ 溶液中 $\lg \frac{c(CrO_4^{2-})}{c(Cr_2O_7^{2-})}$ 随 pH 的变化关系如图。当 pH=9.00 时，设

$Cr_2O_7^{2-}$ 、 $HCrO_4^-$ 与 CrO_4^{2-} 的平衡浓度分别为 x、y、z mol·L⁻¹，则 x、y、z 之间的关系式为 _____
= 0.10；计算溶液中 $HCrO_4^-$ 的平衡浓度 _____ (写出计算过程，结果保留两位有效数字)。

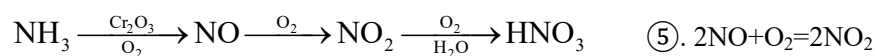


③在稀溶液中，一种物质对光的吸收程度(A)与其所吸收光的波长(λ)有关；在一定波长范围内，最大 A 对应的波长(λ_{max})取决于物质的结构特征；浓度越高，A 越大。混合溶液在某一波长的 A 是各组分吸收程度之和。为研究对反应(i)和(ii)平衡的影响，配制浓度相同、pH 不同的 $K_2Cr_2O_7$ 稀溶液，测得其 A 随 λ 的变化曲线如图，波长 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 中，与 CrO_4^{2-} 的 λ_{max} 最接近的是 _____；溶液 pH 从 a 变到 b 的过程中，

$\frac{c(H^+) \cdot c^2(CrO_4^{2-})}{c(Cr_2O_7^{2-})}$ 的值 _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。



【答案】 (1) ①. $N_2 \uparrow$ ②. $4H_2O$ ③. $(E_1-E_2)+\Delta H+(E_3-E_4)$ ④.



(2) ①. BD ②. $x + \frac{1}{2}y + \frac{1}{2}z$ ③. 当溶液 pH=9 时， $\frac{c(CrO_4^{2-})}{c(Cr_2O_7^{2-})} > 10^4$ ，因此可忽略溶液中



$$\text{即 } c(\text{HCrO}_4^-) + c(\text{CrO}_4^{2-}) = 0.20$$

$$\text{反应(ii)的平衡常数 } K_2 = \frac{c(\text{H}^+) \times c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{HCrO}_4^-)} = \frac{10^{-9} \times c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{HCrO}_4^-)} = 3.3 \times 10^{-7}$$

$$\text{联立两个方程可得 } c(\text{HCrO}_4^-) = 6.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \quad \textcircled{4}. \lambda_3 \quad \textcircled{5}. \text{增大}$$

【解析】

【小问 1 详解】

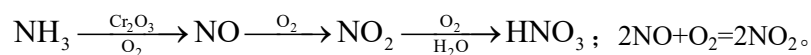
① $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 分解过程中, 生成 Cr_2O_3 和无污染气体, 根据元素守恒可知, 其余生成物为 N_2 、 H_2O ,

根据原子守恒可知反应方程式为 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\Delta} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 故答案为: $\text{N}_2 \uparrow$; $4\text{H}_2\text{O}$ 。

② 设反应过程中第一步的产物为 M, 第二步的产物为 N, 则 $\text{X} \rightarrow \text{M} \quad \Delta H_1 = (E_1 - E_2)$, $\text{M} \rightarrow \text{N} \quad \Delta H_2 = \Delta H$,

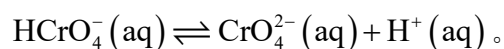
$\text{N} \rightarrow \text{Y} \quad \Delta H_3 = (E_3 - E_4)$, 根据盖斯定律可知, $\text{X}(\text{g}) \rightarrow \text{Y}(\text{g})$ 的焓变为 $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = (E_1 - E_2) + \Delta H + (E_3 - E_4)$, 故答案为: $(E_1 - E_2) + \Delta H + (E_3 - E_4)$ 。

③ NH_3 在 Cr_2O_3 作催化剂条件下, 能与 O_2 反应生成 NO , NO 与 O_2 反应生成红棕色气体 NO_2 , NO_2 与 H_2O 反应生成 HNO_3 和 NO , 若同时通入 O_2 , 可将氮元素全部氧化为 HNO_3 , 因此从 NH_3 出发经过 3 步反应制备 HNO_3 的路线为 $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{O}_2]{\text{Cr}_2\text{O}_3} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2 \xrightarrow[\text{H}_2\text{O}]{\text{O}_2} \text{HNO}_3$; 其中 NO 反应生成 NO_2 过程中, 气体颜色发生变化, 其反应方程式为 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$, 故答案为:



【小问 2 详解】

① $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中存在平衡: (i) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{HCrO}_4^-(\text{aq})$ 、(ii)



A. 向溶液中加入少量硫酸, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 增大, (ii) 平衡逆向移动, 根据勒夏特列原理可知, 平衡移动只是减弱改变量, 平衡后, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 依然增大, 因此溶液的 pH 将减小, 故 A 错误;

B. 加水稀释过程中, 根据“越稀越水解”、“越稀越电离”可知, (i) 和 (ii) 的平衡都正向移动, 两个平衡正向都是离子数增大的反应, 因此稀释后, 溶液中离子总数将增大, 故 B 正确;

C. 加入少量 NaOH 溶液, (ii) 正向移动, 溶液中 $c(\text{HCrO}_4^-)$ 将减小, (i) 将正向移动, 故 C 错误;

D. 平衡(i)的平衡常数 $K_1 = \frac{c^2(\text{HCrO}_4^-)}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$, 平衡常数只与温度和反应本身有关, 因此加入少量 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶

液, $\frac{c^2(\text{HCrO}_4^-)}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$ 不变, 故 D 正确;

综上所述, 答案为: BD。

②0.10mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中, Cr 原子的总浓度为 0.20mol/L, 当溶液 pH=9.00 时, 溶液中 Cr 原子总浓度为 $2c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) + c(\text{HCrO}_4^-) + c(\text{CrO}_4^{2-}) = 0.20\text{mol/L}$, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、 HCrO_4^- 与 CrO_4^{2-} 的平衡浓度分别为 x、y、z

mol/L, 因此 $x + \frac{1}{2}y + \frac{1}{2}z = 0.10$; 由图 8 可知, 当溶液 pH=9 时, $\frac{c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})} > 10^4$, 因此可忽略溶液中

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, 即 $c(\text{HCrO}_4^-) + c(\text{CrO}_4^{2-}) = 0.20$, 反应(ii)的平衡常数 $K_2 = \frac{c(\text{H}^+) \times c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{HCrO}_4^-)} = \frac{10^{-9} \times c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{HCrO}_4^-)}$

$= 3.3 \times 10^{-7}$, 联立两个方程可得 $c(\text{HCrO}_4^-) = 6.0 \times 10^{-4}\text{mol/L}$ 。

③根据反应(i)、(ii)是离子浓度增大的平衡可知, 溶液 pH 越大, 溶液中

$c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) + c(\text{HCrO}_4^-) + c(\text{CrO}_4^{2-})$ 越大, 混合溶液在某一波长的 A 越大, 溶液的 pH 越大, 溶液中

$c(\text{CrO}_4^{2-})$ 越大, 因此与 CrO_4^{2-} 的 λ_{max} 最接近的是 λ_3 ; 反应(i)的平衡常数 $K_1 = \frac{c^2(\text{HCrO}_4^-)}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$, 反应(ii)的平

衡常数 $K_2 = \frac{c(\text{H}^+) \times c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{HCrO}_4^-)}$, $(K_2)^2 \times K_1 = \frac{c^2(\text{H}^+) \times c^2(\text{CrO}_4^{2-})}{c^2(\text{HCrO}_4^-)} \times \frac{c^2(\text{HCrO}_4^-)}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})} =$

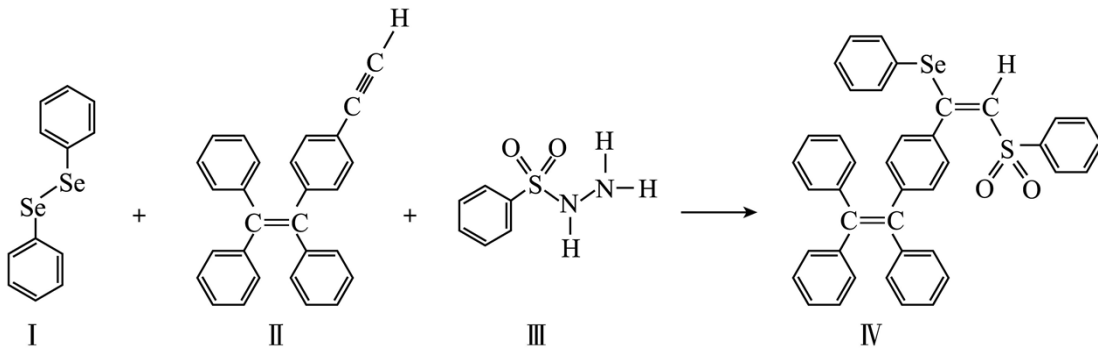
$\frac{c^2(\text{H}^+) \times c^2(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$, 因此 $\frac{c(\text{H}^+) \times c^2(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})} = \frac{(K_2)^2 \times K_1}{c(\text{H}^+)}$, 由上述分析逆推可知, $b > a$, 即溶液 pH

从 a 变到 b 的过程中, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 减小, 所以 $\frac{c(\text{H}^+) \times c^2(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$ 的值将增大, 故答案为: λ_3 ; 增大。

(二)选考题: 共 14 分。请考生从 2 道题中任选一题作答。如果多做, 则按所做的第一题计分。

[选修 3: 物质结构与性质]

20. 硒(Se)是人体必需微量元素之一, 含硒化合物在材料和药物领域具有重要应用。自我国科学家发现聚集诱导发光(AIE)效应以来, AIE 在发光材料、生物医学等领域引起广泛关注。一种含 Se 的新型 AIE 分子 IV 的合成路线如下:



(1) Se与S同族，基态硒原子价电子排布式为_____。

(2) H_2Se 的沸点低于 H_2O ，其原因是_____。

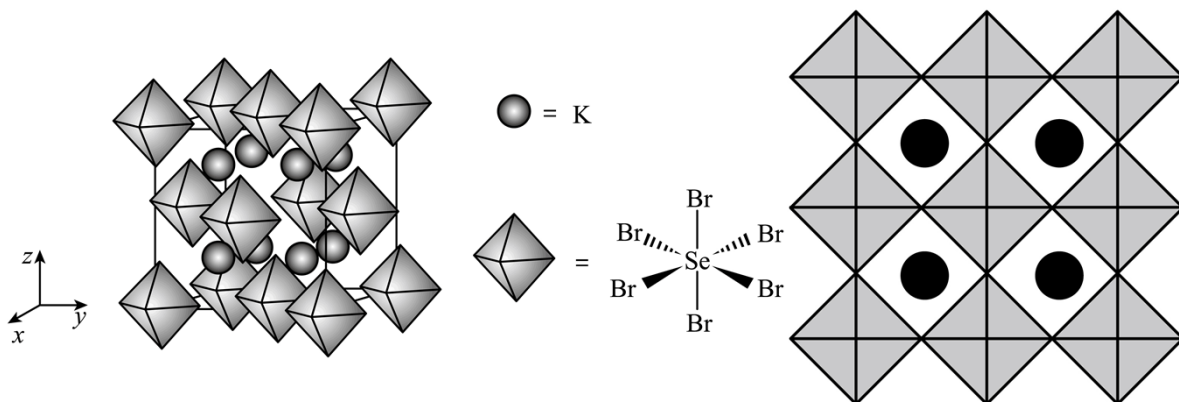
(3) 关于I~III三种反应物，下列说法正确的有_____。

- A. I中仅有 σ 键
- B. I中的Se-Se键为非极性共价键
- C. II易溶于水
- D. II中原子的杂化轨道类型只有 sp 与 sp^2
- E. I~III含有的元素中，O电负性最大

(4) IV中具有孤对电子的原子有_____。

(5) 硒的两种含氧酸的酸性强弱为 H_2SeO_4 _____ H_2SeO_3 (填“>”或“<”)。研究发现，给小鼠喂食适量硒酸钠(Na_2SeO_4)可减轻重金属铊引起的中毒。 SeO_4^{2-} 的立体构型为_____。

(6) 我国科学家发展了一种理论计算方法，可利用材料的晶体结构数据预测其热电性能，该方法有助于加速新型热电材料的研发进程。化合物X是通过该方法筛选出的潜在热电材料之一，其晶胞结构如图1，沿x、y、z轴方向的投影均为图2。



①X的化学式为_____。

②设 X 的最简式的式量为 M_r ，晶体密度为 $\rho \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，则 X 中相邻 K 之间的最短距离为 _____ nm (列出计算式， N_A 为阿伏加德罗常数的值)。

【答案】(1) $4s^24p^4$

(2) 两者都是分子晶体，由于水存在分子间氢键，沸点高

(3) BDE (4) O、Se

(5) ①. > ②. 正四面体形

(6) ①. K_2SeBr_6 ②. $\frac{1}{2} \times \sqrt[3]{\frac{4M_r}{N_A \rho}} \times 10^7$

【解析】

【小问 1 详解】

基态硫原子价电子排布式为 $3s^23p^4$ ，Se 与 S 同族，Se 为第四周期元素，因此基态硒原子价电子排布式为 $4s^24p^4$ ；故答案为： $4s^24p^4$ 。

【小问 2 详解】

H_2Se 的沸点低于 H_2O ，其原因是两者都是分子晶体，由于水存在分子间氢键，沸点高；故答案为：两者都是分子晶体，由于水存在分子间氢键，沸点高。

【小问 3 详解】

A. I 中有 σ 键，还有大 π 键，故 A 错误；B. Se-Se 是同种元素，因此 I 中的 Se-Se 键为非极性共价键，故 B 正确；C. 烃都是难溶于水，因此 II 难溶于水，故 B 错误；D. II 中苯环上的碳原子和碳碳双键上的碳原子杂化类型为 sp^2 ，碳碳三键上的碳原子杂化类型为 sp ，故 D 正确；E. 根据同周期从左到右电负性逐渐增大，同主族从上到下电负性逐渐减小，因此 I-III 含有的元素中，O 电负性最大，故 E 正确；综上所述，答案为：BDE。

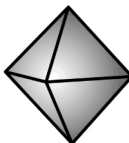
【小问 4 详解】

根据题中信息 IV 中 O、Se 都有孤对电子，碳、氢、硫都没有孤对电子；故答案为：O、Se。

【小问 5 详解】

根据非羟基氧越多，酸性越强，因此硒的两种含氧酸的酸性强弱为 $\text{H}_2\text{SeO}_4 > \text{H}_2\text{SeO}_3$ 。 SeO_4^{2-} 中 Se 价层电子对数为 $4 + \frac{1}{2}(6 + 2 - 2 \times 4) = 4$ ，其立体构型为正四面体形；故答案为：>；正四面体形。

【小问 6 详解】

①根据晶胞结构得到 K 有 8 个， 有 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，则 X 的化学式为 K_2SeBr_6 ；故答案为：

K_2SeBr_6 。

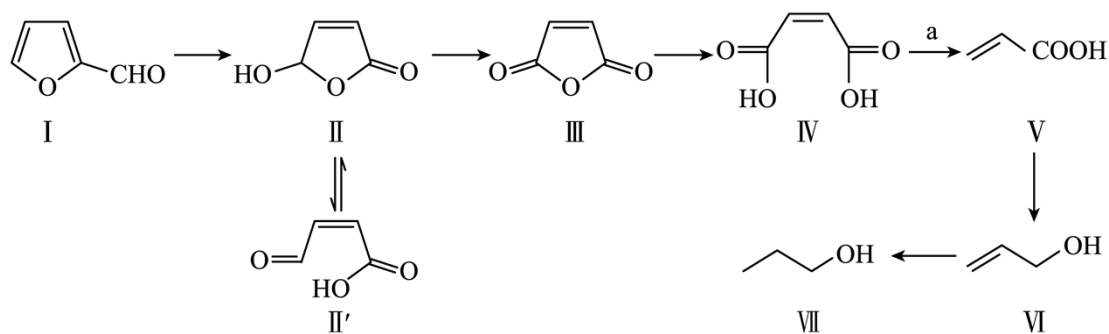
②设 X 的最简式的式量为 M_r ，晶体密度为 $\rho g \cdot cm^{-3}$ ，设晶胞参数为 $a nm$ ，得到

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{M_r g \cdot mol^{-1}}{N_A mol^{-1}} \times 4}{(a \times 10^{-7})^3} = \rho g \cdot cm^{-3}, \text{ 解得 } a = \sqrt[3]{\frac{4M_r}{N_A \rho}} \times 10^7 nm, \text{ X 中相邻 K 之间的最短距离为晶胞参数}$$

的一半即 $\frac{1}{2} \times \sqrt[3]{\frac{4M_r}{N_A \rho}} \times 10^7 nm$ ；故答案为： $\frac{1}{2} \times \sqrt[3]{\frac{4M_r}{N_A \rho}} \times 10^7$ 。

【选修 5：有机化学基础】

21. 基于生物质资源开发常见的化工原料，是绿色化学的重要研究方向。以化合物 I 为原料，可合成丙烯酸 V、丙醇 VII 等化工产品，进而可制备聚丙烯酸丙酯类高分子材料。



(1) 化合物 I 的分子式为_____，其环上的取代基是_____ (写名称)。

(2) 已知化合物 II 也能以 II' 的形式存在。根据 II' 的结构特征，分析预测其可能的化学性质，参考①的示例，完成下表。

序号	结构特征	可反应的试剂	反应形成的新结构	反应类型
①	$-CH = CH -$	H_2	$-CH_2 - CH_2 -$	加成反应
②	_____	_____	_____	氧化反应
③	_____	_____	_____	_____

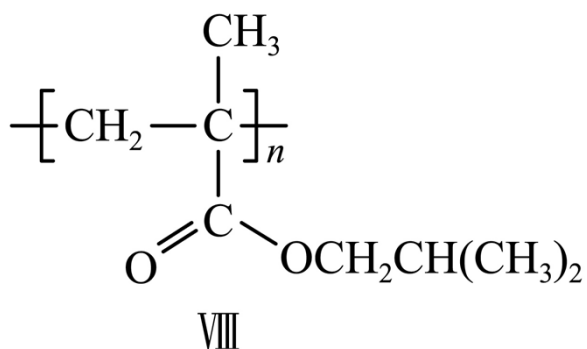
(3) 化合物 IV 能溶于水，其原因是_____。

(4) 化合物 IV 到化合物 V 的反应是原子利用率 100% 的反应，且 1mol IV 与 1mol 化合物 a 反应得到

2mol V，则化合物 a 为_____。

(5) 化合物 VI 有多种同分异构体，其中含 $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$ 结构的有_____种，核磁共振氢谱图上只有一组峰的结构简式为_____。

(6) 选用含二个羧基的化合物作为唯一的含氧有机原料，参考上述信息，制备高分子化合物 VIII 的单体。



写出 VIII 的单体的合成路线_____ (不用注明反应条件)。

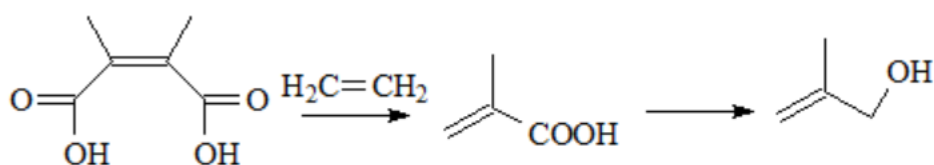
【答案】(1) ①. $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ ②. 醛基

(2) ①. $-\text{CHO}$ ②. O_2 ③. $-\text{COOH}$ ④. $-\text{COOH}$ ⑤. CH_3OH ⑥. $-\text{COOCH}_3$ ⑦.

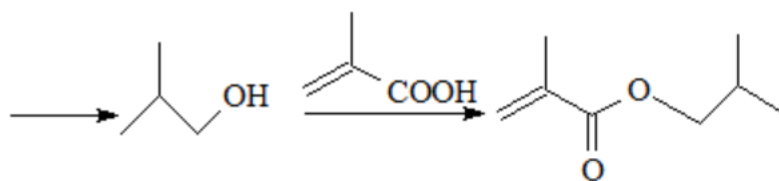
酯化反应(取代反应)

(3) IV 中羟基能与水分子形成分子间氢键

(4) 乙烯 (5) ①. 2 ②. $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$



(6)



【解析】

【小问 1 详解】

根据化合物 I 的结构简式可知，其分子式为 $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ ；其环上的取代基为醛基，故答案为： $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ ；醛基；

【小问 2 详解】

② 化合物 II' 中含有的 $-\text{CHO}$ 可以被氧化为 $-\text{COOH}$ ，故答案为： $-\text{CHO}$ ； O_2 ； $-\text{COOH}$ ；

③ 化合物 II' 中含有 $-\text{COOH}$ ，可与含有羟基的物质(如甲醇)发生酯化反应生成酯，故答案为： $-\text{COOH}$ ；

CH₃OH; -COOCH₃; 酯化反应(取代反应);

【小问 3 详解】

化合物IV中含有羟基, 能与水分子形成分子间氢键, 使其能溶于水, 故答案为: IV中羟基能与水分子形成分子间氢键;

【小问 4 详解】

化合物IV到化合物V的反应是原子利用率 100%的反应, 且 1 molIV与 1 mola 反应得到 2molV, 则 a 的分子式为 C₂H₄, 为乙烯, 故答案为: 乙烯;

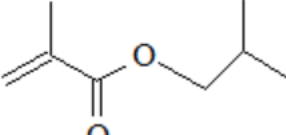
【小问 5 详解】

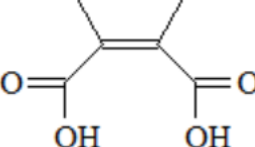
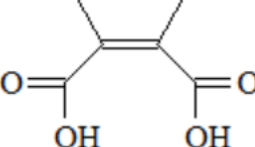
化合物VI的分子式为 C₃H₆O, 其同分异构体中含有 $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C=O} \\ \diagdown \end{array}$, 则符合条件的同分异构体有

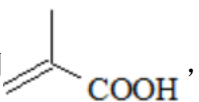
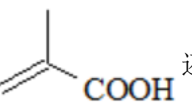
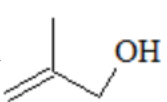
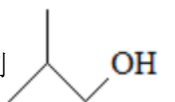
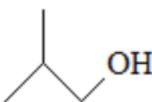
$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ 和 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$, 共 2 种, 其中核磁共振氢谱中只有一组峰的结构简式为

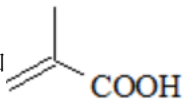
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$, 故答案为: $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$;

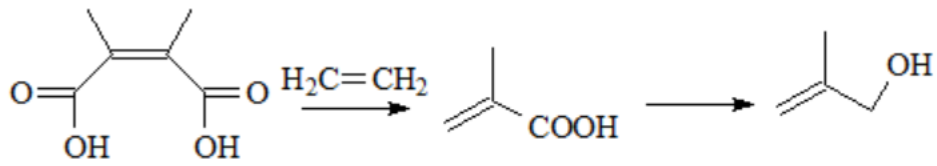
【小问 6 详解】

根据化合物VIII的结构简式可知, 其单体为 , 其原料中的含氧有机物只有一种含

二个羧基的化合物, 原料可以是 ,  发生题干IV→V 的

反应得到 ,  还原为 , 再加成得到 , 

和  发生酯化反应得到目标产物, 则合成路线为



, 故答案为:

