

## 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





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 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ ，所用试剂包括 $\text{BaCl}_2$ 以及

- A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{HCl}$                       B.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{KOH}$   
C.  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{NaOH}$                       D.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{HNO}_3$

【答案】A

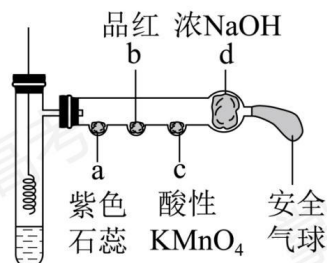
【解析】

【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 $\text{NaCl}$ 。除去 $\text{Ca}^{2+}$ 选用 $\text{CO}_3^{2-}$ 将其转化为沉淀，为了不引入新杂质，所加物质的阳离子为 $\text{Na}^+$ ，即选用 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 除去 $\text{Ca}^{2+}$ ，同理可知，除去 $\text{Mg}^{2+}$ 需选用 $\text{NaOH}$ ，除去 $\text{SO}_4^{2-}$ 需选用 $\text{BaCl}_2$ ，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， $\text{BaCl}_2$ 先于 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 加入，利用 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 除去 $\text{Ca}^{2+}$ 和多余的 $\text{BaCl}_2$ ，因 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 均过量，成为新杂质，需要过滤后向滤液中加入 $\text{HCl}$ ，至溶液中不再有气泡产生，以此除去

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ ，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.  $\text{Cu}$  与浓硫酸反应，只体现  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的酸性  
 B. a 处变红，说明  $\text{SO}_2$  是酸性氧化物  
 C. b 或 c 处褪色，均说明  $\text{SO}_2$  具有漂白性  
 D. 试管底部出现白色固体，说明反应中无  $\text{H}_2\text{O}$  生成

【答案】B

【解析】

【详解】A. 铜和浓硫酸反应过程中，生成  $\text{CuSO}_4$  体现出浓硫酸的酸性，生成  $\text{SO}_2$  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  $\text{SO}_2$  溶于水生成了酸，可说明  $\text{SO}_2$  是酸性氧化物，故 B 正确；

C. b 处品红溶液褪色，其原因是  $\text{SO}_2$  具有漂白性，而 c 处酸性高锰酸钾溶液褪色，其原因是  $\text{SO}_2$  和  $\text{KMnO}_4$  发生氧化还原反应， $\text{SO}_2$  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  $\text{CuSO}_4$ ，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  $\text{H}_2\text{O}$  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	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 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 $\text{H}_2\text{O}$ 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

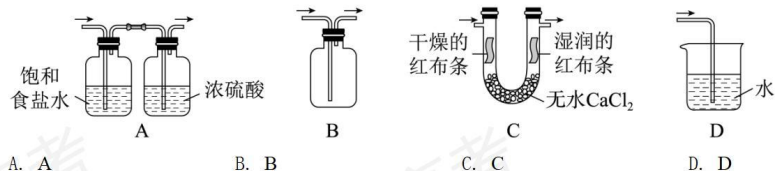
【解析】

【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  $\text{MnO}_2$  和浓盐酸反应生成  $\text{Cl}_2$  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(“ $\rightarrow$ ”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  $\text{HCl}$ , 可用饱和食盐水除去  $\text{HCl}$ ,  $\text{Cl}_2$  可用浓硫酸干燥, A 装置能达到实验目的, 故 A 不符合题意;

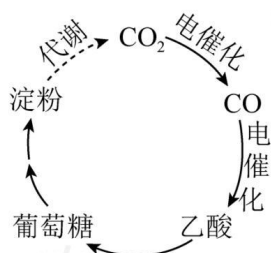
B. 氯气的密度大于空气, 用向上排空气法收集, B 装置能收集氯气, 故 B 不符合题意;

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  $\text{NaOH}$  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.  $1\text{mol CO}$  中含有  $6.02 \times 10^{24}$  个电子

D.  $22.4\text{L CO}_2$  被还原生成  $1\text{mol CO}$

【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  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , 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  $\text{Mg} - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+}$

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  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Al}^{3+}$ ，Cu 和 Si 不参与反应，阴极区  $\text{Al}^{3+}$  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  $\text{Mg}^{2+}$ ，A 错误；

B. Al 在阳极上被氧化生成  $\text{Al}^{3+}$ ，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  $\text{AgNO}_3$  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  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  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；

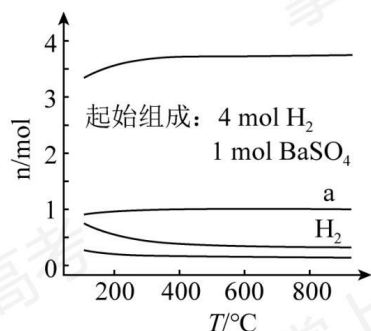
C. 石油在催化剂加热条件下进行裂解可得到乙烯等不饱和烃，从而使溴的  $CCl_4$  溶液褪色，陈述 I 和陈述 II 均正确，且具有因果关系，C 不符合题意；

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， $BaSO_4(s) + 4H_2(g) \rightleftharpoons BaS(s) + 4H_2O(g)$  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  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{H}_2$  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.  $\text{BaSO}_4$  是固体, 向平衡体系中加入  $\text{BaSO}_4$ , 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：

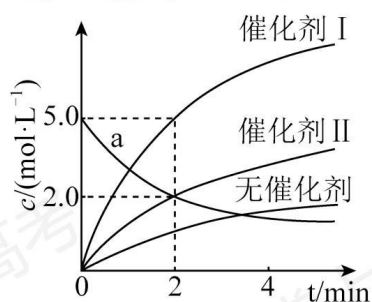
$\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$ ，故 B 正确；

C. 钠的过氧化物为  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ，可以和水反应生成氢氧化钠，但在离子方程式里  $\text{Na}_2\text{O}_2$  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 I 时，0~2 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 0~2 min 内 Y 的浓度变化了  $2.0 \text{ mol/L}$ ，而 a 曲线表示的 X 的浓度变化了  $2.0 \text{ mol/L}$ ，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 0~2 min 内，Y 的浓度变化了  $4.0 \text{ mol/L}$ ，则  $v(\text{Y})$

$$= \frac{c(Y)}{t} = \frac{4.0 \text{ mol/L}}{2 \text{ min}} = 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \quad v(X) = \frac{1}{2} v(Y)$$

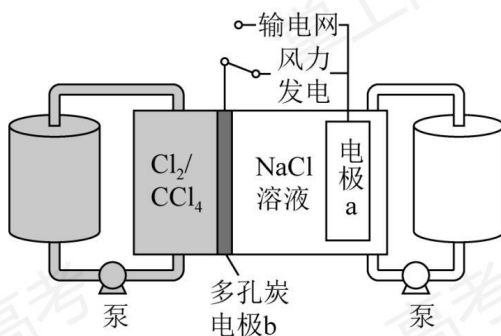
$$= \frac{1}{2} \times 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \quad \text{故 D 正确;}$$

答案选 D。

16. 科学家基于  $\text{Cl}_2$  易溶于  $\text{CCl}_4$  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  $\text{NaCl}$  溶液的 pH 减小
- C. 放电时  $\text{NaCl}$  溶液的浓度增大
- D. 每生成  $1 \text{ mol Cl}_2$ , 电极 a 质量理论上增加  $23 \text{ g}$

【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

$\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3 - 2\text{e}^- = \text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{Na}^+$  可知,  $\text{NaCl}$  溶液的 pH 不变, 故 B 错误;

C. 放电时负极反应为  $\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3 - 2\text{e}^- = \text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{Na}^+$ , 正极反应为

$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{Cl}^-$ , 反应后  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  浓度都增大, 则放电时  $\text{NaCl}$  溶液的浓度增大, 故 C 正确;

D. 充电时阳极反应为  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ , 阴极反应为

$\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- = \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ , 由得失电子守恒可知, 每生成  $1 \text{ mol Cl}_2$ , 电

极 a 质量理论上增加  $23\text{g/mol} \times 2\text{mol} = 46\text{g}$ ，故 D 错误；

答案选 C。

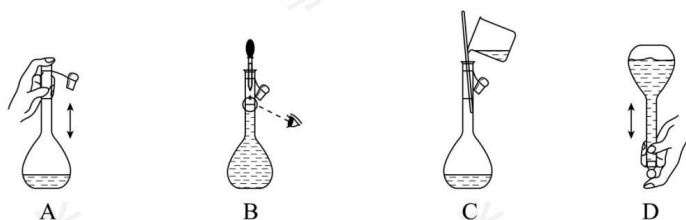
二、非选择题：共 56 分。第 17~19 题为必考题，考生都必须作答。第 20~21 题为选考题，考生根据要求作答。

(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  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 HAc 溶液，需  $5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  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  $\text{Ac}^-$  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  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  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	$v(\text{HAc})/\text{mL}$	$v(\text{NaAc})/\text{mL}$	$V(\text{H}_2\text{O})/\text{mL}$	$n(\text{NaAc}):n(\text{HAc})$	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  $\text{Ac}^-$  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。

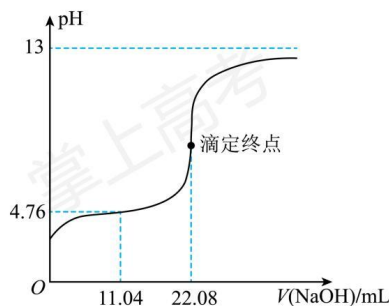
I	移取 20.00mL HAc 溶液，用 NaOH 溶液滴定至终点，消耗 NaOH 溶液 $V_1\text{mL}$
II	_____，测得溶液的 pH 为 4.76

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  $\text{H}_2\text{SO}_3$ : 还原剂、防腐剂或  $\text{H}_3\text{PO}_4$ : 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  $40.00\text{mL}$ , 因此

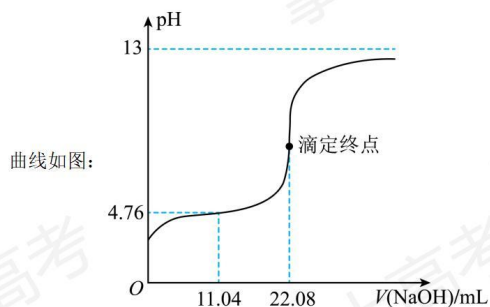
$V(\text{H}_2\text{O}) = 40.00\text{mL} - 4.00\text{mL} - 3.00\text{mL} = 33.00\text{mL}$ , 即  $b = 33.00$ , 故答案为: 3.00; 33.00。

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  $\text{pH}$  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,  $c(\text{H}^+) = \sqrt{\frac{K_a}{c(\text{HAc})}} \approx \sqrt{\frac{10^{-4.76}}{0.1}} \text{mol/L} = 10^{-2.88} \text{mol/L}$ , 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,  $\text{Ac}^-$  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  $0.1\text{mol/L}$ , 溶液  $\text{pH}$  接近 13, 因此滴定



【小问 5 详解】

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

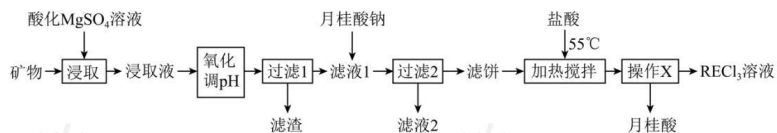
NaAc, 当  $\frac{n(\text{NaAc})}{n(\text{HAc})} = 1$  时, 溶液中  $c(\text{H}^+)$  的值等于 HAc 的  $K_a$ , 因此可再向溶液中加入 20.00mL

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,  $\text{H}_2\text{SO}_3$  具有还原性, 可用作还原剂, 在葡萄酒中添加适量  $\text{H}_2\text{SO}_3$  可用作防腐剂,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  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: 漂白剂和消毒剂(或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ : 还原剂、防腐剂或  $\text{H}_3\text{PO}_4$ : 食品添加剂、制药、生产肥料)。

18. 稀土(RE)包括镧、铈等元素, 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( $\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$ )熔点为  $44^\circ\text{C}$ ; 月桂酸和  $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_3\text{RE}$  均难溶于水。该工艺条件下, 稀土离子保持 +3 价不变;  $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}$  的  $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-8}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  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	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{RE}^{3+}$
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	/

- (1) “氧化调 pH”中，化合价有变化的金属离子是\_\_\_\_\_。
- (2) “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\_\_\_\_\_。
- (3) “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)。
- (4) 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。
- (5) 该工艺中，可再生循环利用的物质有\_\_\_\_\_ (写化学式)。
- (6) 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)  $4.0 \times 10^{-4}$

(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  $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$

【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  $(C_{11}H_{23}COO)_3 RE$  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  $4.7 \leq pH < 6.2$  的范围内，



该过程中  $Al^{3+}$  发生反应的离子方程式为  $Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3 \downarrow$ ，故答案为：

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

【小问 3 详解】

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

$K_{sp}[(C_{11}H_{23}COO)_2Mg] = c(Mg^{2+}) \cdot c^2(C_{11}H_{23}COO^-)$ ，若要加入月桂酸钠后只生成

$(C_{11}H_{23}COO)_3RE$ ，而不产生  $(C_{11}H_{23}COO)_2Mg$ ，则

$$c(C_{11}H_{23}COO^-) < \sqrt{\frac{K_{sp}[(C_{11}H_{23}COO)_2Mg]}{c(Mg^{2+})}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-8}}{0.1125}} = 4 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1}$$

$4 \times 10^{-4}$ ；

【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 ( $C_{11}H_{23}COOH$ ) 熔点为  $44^\circ C$ ，

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  $1mol Pt_3Y$  转移  $15mol$  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  $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ ，

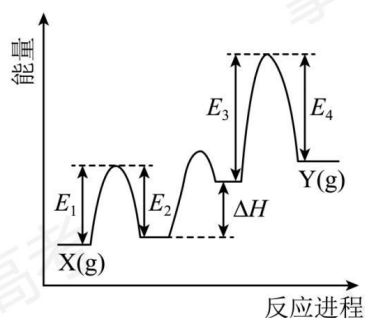
故答案为： $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ 。

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  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  加热分解制备，反应同时生成无污染气体。

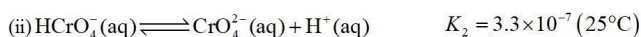
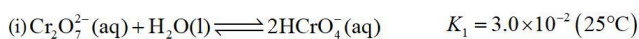
①完成化学方程式： $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_3 + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$ 。

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



③  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  可用于  $\text{NH}_3$  的催化氧化。设计从  $\text{NH}_3$  出发经过 3 步反应制备  $\text{HNO}_3$  的路线 \_\_\_\_\_ (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 \_\_\_\_\_。

(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：

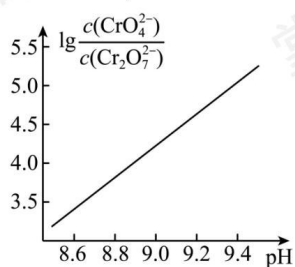


① 下列有关  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液的说法正确的有 \_\_\_\_\_。

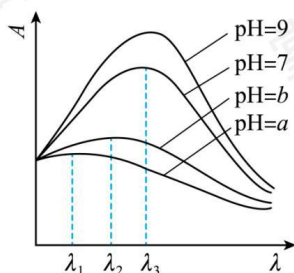
- A. 加入少量硫酸，溶液的 pH 不变
- B. 加入少量水稀释，溶液中离子总数增加
- C. 加入少量 NaOH 溶液，反应(i)的平衡逆向移动
- D. 加入少量  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  固体，平衡时  $c^2(\text{HCrO}_4^-)$  与  $c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$  的比值保持不变

② 25°C 时， $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液中  $\lg \frac{c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$  随 pH 的变化关系如图。当  $\text{pH} = 9.00$

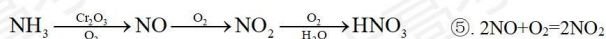
时，设  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、 $\text{HCrO}_4^-$  与  $\text{CrO}_4^{2-}$  的平衡浓度分别为  $x$ 、 $y$ 、 $z \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则  $x$ 、 $y$ 、 $z$  之间的关系式为 \_\_\_\_\_ = 0.10；计算溶液中  $\text{HCrO}_4^-$  的平衡浓度 \_\_\_\_\_ (写出计算过程，结果保留两位有效数字)。



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( $\lambda$ )有关；在一定波长范围内，最大A对应的波长( $\lambda_{\max}$ )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 $\lambda$ 的变化曲线如图，波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 和 $\lambda_3$ 中，与 $CrO_4^{2-}$ 的 $\lambda_{\max}$ 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  $Cr_2O_7^{2-}$

$$\text{即 } c(HCrO_4^-) + c(CrO_4^{2-}) = 0.20$$

$$\text{反应(ii)的平衡常数 } K_2 = \frac{c(H^+) \times c(CrO_4^{2-})}{c(HCrO_4^-)} = \frac{10^{-9} \times c(CrO_4^{2-})}{c(HCrO_4^-)} = 3.3 \times 10^{-7}$$

联立两个方程可得  $c(HCrO_4^-) = 6.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  ④.  $\lambda_3$  ⑤. 增大

【解析】

【小问1详解】

①  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  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  $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_3 + N_2 \uparrow + 4H_2O$ ，故

答案为： $N_2 \uparrow$ ； $4H_2O$ 。

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

$\Delta H_2 = \Delta H$ ,  $N \rightarrow Y$   $\Delta H_3 = (E_3 - E_4)_1$ , 根据盖斯定律可知,  $X(g) \rightarrow Y(g)$  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  $NH_3 \xrightarrow[O_2]{Cr_2O_3} NO \xrightarrow{O_2} NO_2 \xrightarrow[H_2O]{O_2} HNO_3$ ; 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  $2NO + O_2 = 2NO_2$ , 故答案为:  $NH_3 \xrightarrow[O_2]{Cr_2O_3} NO \xrightarrow{O_2} NO_2 \xrightarrow[H_2O]{O_2} HNO_3$ ;  $2NO + O_2 = 2NO_2$ 。

【小问 2 详解】

①  $K_2Cr_2O_7$  溶液中存在平衡: (i)  $Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons 2HCrO_4^-(aq)$ 、

(ii)  $HCrO_4^-(aq) \rightleftharpoons CrO_4^{2-}(aq) + H^+(aq)$ 。

A. 向溶液中加入少量硫酸, 溶液中  $c(H^+)$  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  $c(H^+)$  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  $c(HCrO_4^-)$  将减小, (i) 将正向移动, 故 C 错误;

D. 平衡 (i) 的平衡常数  $K_1 = \frac{c^2(HCrO_4^-)}{c(Cr_2O_7^{2-})}$ , 平衡常数只与温度和反应本身有关, 因此加入少

量  $K_2Cr_2O_7$  溶液,  $\frac{c^2(HCrO_4^-)}{c(Cr_2O_7^{2-})}$  不变, 故 D 正确;

综上所述, 答案为: BD。

②  $0.10 \text{ mol/L } K_2Cr_2O_7$  溶液中,  $Cr$  原子的总浓度为  $0.20 \text{ mol/L}$ , 当溶液  $pH=9.00$  时, 溶液中  $Cr$  原子总浓度为  $2c(Cr_2O_7^{2-}) + c(HCrO_4^-) + c(CrO_4^{2-}) = 0.20 \text{ mol/L}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$ 、 $HCrO_4^-$  与

$CrO_4^{2-}$  的平衡浓度分别为  $x$ 、 $y$ 、 $z \text{ mol/L}$ , 因此  $x + \frac{1}{2}y + \frac{1}{2}z = 0.10$ ; 由图 8 可知, 当溶液  $pH=9$

时,  $\frac{c(CrO_4^{2-})}{c(Cr_2O_7^{2-})} > 10^4$ , 因此可忽略溶液中  $Cr_2O_7^{2-}$ , 即  $c(HCrO_4^-) + c(CrO_4^{2-}) = 0.20$ , 反应

(ii) 的平衡常数  $K_2 = \frac{c(H^+) \times c(CrO_4^{2-})}{c(HCrO_4^-)} = \frac{10^{-9} \times c(CrO_4^{2-})}{c(HCrO_4^-)} = 3.3 \times 10^{-7}$ , 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  $\text{CrO}_4^{2-}$  的  $\lambda_{\text{max}}$  最接近的是  $\lambda_3$ ; 反应(i)的平衡常数  $K_1 =$

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

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

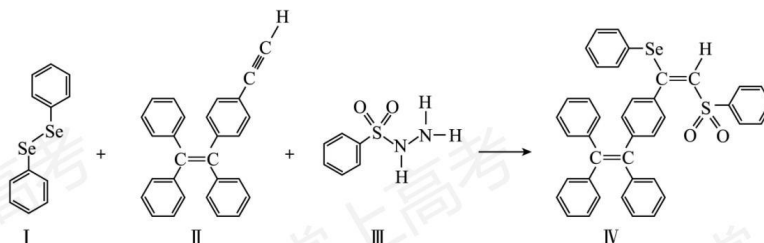
$$\frac{(K_2)^2 \times K_1}{c(\text{H}^+)}, \text{ 由上述分析逆推可知, } b > a, \text{ 即溶液 pH 从 } a \text{ 变到 } b \text{ 的过程中, 溶液中 } c(\text{H}^+)$$

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:  $\lambda_3$ ; 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)  $\text{H}_2\text{Se}$  的沸点低于  $\text{H}_2\text{O}$ , 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  $\sigma$  键

B. I 中的 Se-Se 键为非极性共价键

C. II 易溶于水

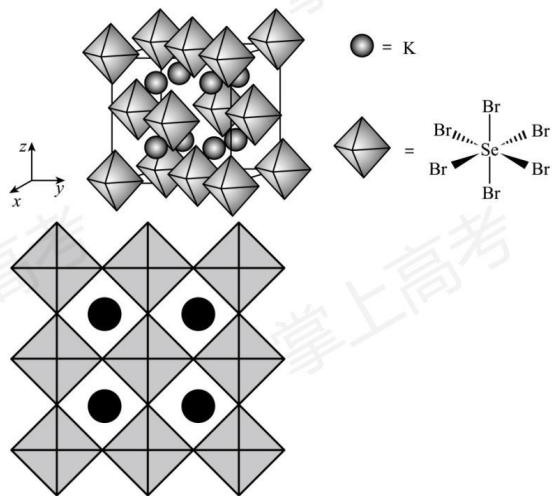
D. II 中原子的杂化轨道类型只有  $sp$  与  $sp^2$

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  $\rho g \cdot cm^{-3}$ , 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)  $4s^2 4p^4$

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

**【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  $\sigma$  键，还有大  $\pi$  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  $H_2SeO_4 > H_2SeO_3$ 。

$SeO_4^{2-}$  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， $\frac{1}{2} \times 3 \sqrt{\frac{4M}{N_A \rho}} \times 10^7$  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： $K_2SeBr_6$ 。

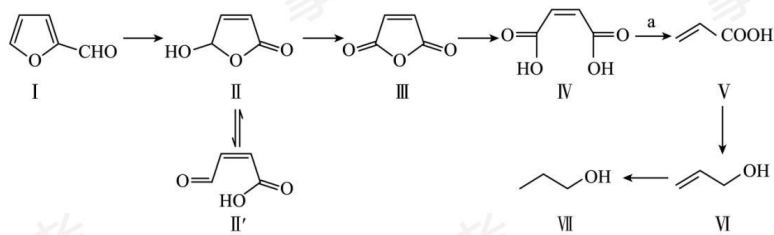
②设 X 的最简式的式量为  $M_r$ ，晶体密度为  $\rho g \cdot cm^{-3}$ ，设晶胞参数为  $anm$ ，得到

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

离为晶胞参数的一半即  $\frac{1}{2} \times 3 \sqrt{\frac{4M_r}{N_A \rho}} \times 10^7 nm$ ；故答案为： $\frac{1}{2} \times 3 \sqrt{\frac{4M_r}{N_A \rho}} \times 10^7$ 。

**【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。

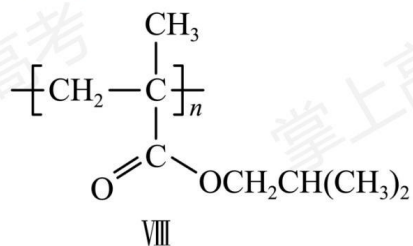
序号	结构特征	可反应的试剂	反应形成的新结构	反应类型
①	-CH=CH-	H <sub>2</sub>	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	加成反应
②	_____	_____	_____	氧化反应
③	_____	_____	_____	_____

(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  $\text{>C=O}$  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. C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> ②. 醛基

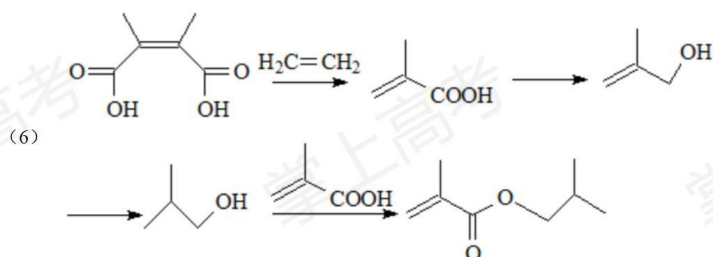
(2) ①. -CHO ②. O<sub>2</sub> ③. -COOH ④. -COOH ⑤. CH<sub>3</sub>OH ⑥. -



COOCH<sub>3</sub> 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.  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$



【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 C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>; 其环上的取代基为醛基, 故答案为:

C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>; 醛基;

【小问 2 详解】

②化合物II中含有的-CHO 可以被氧化为-COOH, 故答案为: -CHO; O<sub>2</sub>; -COOH;

③化合物II中含有-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:

-COOH; CH<sub>3</sub>OH; -COOCH<sub>3</sub>; 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 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, 为乙烯, 故答案为: 乙烯;

【小问 5 详解】

化合物VI的分子式为 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O, 其同分异构体中含有  $\text{>C=O}$ , 则符合条件的同分异构体有

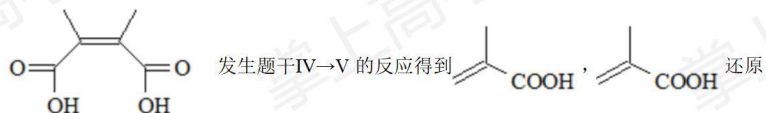
$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$  和  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ , 共 2 种, 其中核磁共振氢谱中只有一组峰

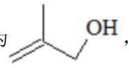
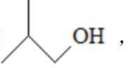
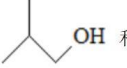
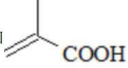
的结构简式为  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ , 故答案为:  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$  ;

【小问 6 详解】

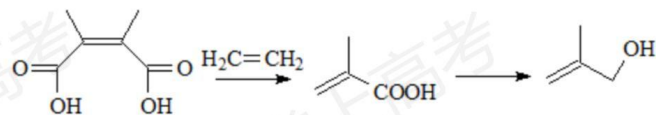
根据化合物VIII的结构简式可知，其单体为 ，其原料中的含氧有机

物只有一种含二个羧基的化合物，原料可以是 ，



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：

