

# 2014 年全国统一高考化学试卷（新课标II）

参考答案与试题解析

一、选择题：本题共 7 小题，每小题 6 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）下列过程没有发生化学反应的是（ ）
- A. 用活性炭去除冰箱中的异味
  - B. 用热碱水清除炊具上残留的油污
  - C. 用浸泡过高锰酸钾溶液的硅藻土保鲜水果
  - D. 用含硅胶、铁粉的透气小袋与食品一起密封包装

**【考点】**18：物理变化与化学变化的区别与联系。

**【分析】**化学变化是指有新物质生成的变化，物理变化是指没有新物质生成的变化，化学变化和物理变化的本质区别是否有新物质生成。

- A. 用活性炭去除冰箱中的异味，是利用活性炭的吸附作用；
- B. 用热碱水清除炊具上残留的油污，是油脂在碱性条件下的水解；
- C. 用浸泡过高锰酸钾溶液的硅藻土保鲜水果，催熟的乙烯被高锰酸钾氧化；
- D. 铁粉具有还原性，能和氧气反应，防止食品被氧化。

**【解答】**解：A. 用活性炭去除冰箱中的异味：利用活性炭的吸附作用，属于物理变化，没有发生化学变化，故 A 正确；

B. 用热碱水清除炊具上残留的油污：油脂在碱性条件下发生较为彻底的水解反应，属于化学变化，故 B 错误；

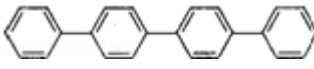
C. 乙烯具有催熟作用，为了延长水果的保鲜期，用高锰酸钾可以除掉乙烯，该过程中乙烯与高锰酸钾反应氧化还原反应，属于化学变化，故 C 错误；

D. 硅胶具有吸水性，可以做干燥剂，吸收水分，属于物理变化；铁粉具有还原性，防止食物被氧化，发生氧化还原反应，属于化学变化，故 D 错误；

故选：A。

**【点评】**本题考查了化学变化与物理变化的区别，判断依据是：是否有新物质的生成，题目难度不大，该题各个选项与现实生活接触紧密，比较新颖，注意

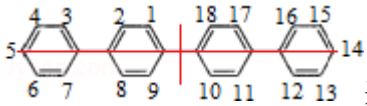
相关知识的积累.

2. (6分) 四联苯  的一氯代物有 ( )
- A. 3种                      B. 4种                      C. 5种                      D. 6种

**【考点】** H4: 常见有机化合物的结构; I4: 同分异构现象和同分异构体.

**【专题】** 531: 同系物和同分异构体.

**【分析】** 根据“等效氢”的数目分析四联苯的一氯代物, 有几种等效氢原子, 就有几种一氯代物.

**【解答】** 解:  共有 18 个位置的氢原子可以被取代, 根据轴对称可知, 1、9、10、18 等效, 2、8、11、17 等效, 3、7、12、16 等效, 4、6、13、15 等效, 5、14 等效, 因此四联苯的等效氢原子有 5 种, 因此四联苯的一氯代物的种类为 5 种,

故选: C.

**【点评】** 本题考查学生同分异构体的书写, 掌握方法即可完成, 注意等效氢的判断, 难度不大.

3. (6分) 下列反应中, 反应后固体物质增重的是 ( )
- A. 氢气通过灼热的  $\text{CuO}$  粉末                      B. 二氧化碳通过  $\text{Na}_2\text{O}_2$  粉末
- C. 铝与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  发生铝热反应                      D. 将锌粒投入  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  溶液

**【考点】** 5A: 化学方程式的有关计算.

**【专题】** 527: 几种重要的金属及其化合物.

**【分析】** A. 发生氢气与  $\text{CuO}$  的反应生成  $\text{Cu}$  和水;

B. 发生二氧化碳与过氧化钠的反应生成碳酸钠和氧气;

C. 发生  $\text{Al}$  与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  反应生成  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{Fe}$ ;

D. 发生  $\text{Zn}$  与  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  反应生成  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  和  $\text{Cu}$ .

**【解答】** 解: A. 发生氢气与  $\text{CuO}$  的反应生成  $\text{Cu}$  和水, 反应前固体为  $\text{CuO}$ , 反

应后固体为 Cu，固体质量减小，故 A 错误；

B. 发生二氧化碳与过氧化钠的反应生成碳酸钠和氧气，反应前固体为过氧化钠，反应后固体为碳酸钠，二者物质的量相同，固体质量增加，故 B 正确；

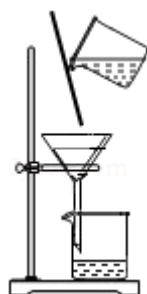
C. 发生 Al 与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  反应生成  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和 Fe，反应前固体为氧化铁、Al，反应后固体为氧化铝、Fe，均为固体，固体质量不变，故 C 错误；

D. 发生 Zn 与  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  反应生成  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  和 Cu，反应前固体为 Zn，反应后固体为 Cu，二者物质的量相同，则固体质量减小，故 D 错误；

故选：B。

**【点评】** 本题为 2014 年高考试题，把握发生的化学反应及反应前后固体的分析为解答的关键，侧重元素化合物性质的考查，注意反应中物质的质量变化，题目难度不大。

4. (6 分) 下列图示实验正确的是 ( )



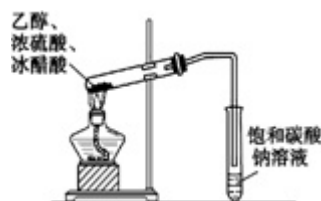
A. 除去粗盐溶液中不溶物



B. 碳酸氢钠受热分解



C. 除去 CO 气体中的  $\text{CO}_2$  气体



D. 乙酸乙酯的制备演示实验

**【考点】** 1B：真题集萃；U5：化学实验方案的评价。

**【专题】** 25：实验评价题。

**【分析】** A. 漏斗下端尖嘴应紧靠烧杯内壁，玻璃棒紧靠三层滤纸一边；

B. 试管口应略向下倾斜；

C. 除杂时导管应长进短出；

D. 乙酸与乙醇发生酯化反应生成乙酸乙酯，需要浓硫酸并加热，饱和碳酸钠可吸收乙醇和乙酸，降低乙酸乙酯的溶解度。

**【解答】**解：A. 除去粗盐溶液中不溶物，可利用图中过滤操作，但漏斗下端尖嘴应紧靠烧杯内壁，玻璃棒紧靠三层滤纸一边，故 A 错误；

B. 碳酸氢钠分解生成水，为防止水倒流，试管口应略向下倾斜，图中试管口向上，故 B 错误；

C. 除杂时导管应长进短出，图中气体从短导管进入不能除杂，故 C 错误；

D. 乙酸与乙醇发生酯化反应生成乙酸乙酯，需要浓硫酸并加热，饱和碳酸钠可吸收乙醇和乙酸，降低乙酸乙酯的溶解度，图中制备实验合理，故 D 正确；  
故选：D。

**【点评】**本题考查化学实验方案的评价，为高频考点，涉及混合物分解提纯、物质除杂、有机物制备及物质性质实验等，把握实验原理及实验装置为解答的关键，注意实验操作的可行性、评价性分析，题目难度不大。

5. (6分) 一定温度下，下列溶液的离子浓度关系式正确的是 ( )

A. pH=5 的  $\text{H}_2\text{S}$  溶液中， $c(\text{H}^+) = c(\text{HS}^-) = 1 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B. pH=a 的氨水溶液，稀释 10 倍后，其 pH=b，则  $a=b+1$

C. pH=2 的  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液与 pH=12 的 NaOH 溶液任意比例混合： $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$

D. pH 相同的① $\text{CH}_3\text{COONa}$ ② $\text{NaHCO}_3$ ③ $\text{NaClO}$  三种溶液的  $c(\text{Na}^+)$ ：①>②>③

**【考点】**DN：离子浓度大小的比较。

**【专题】**51G：电离平衡与溶液的 pH 专题；51H：盐类的水解专题。

**【分析】**A.  $\text{H}_2\text{S}$  为二元弱酸，分步电离，第一步电离程度远远大于第二步；

B. 加水稀释促进一水合氨电离；

C.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  是二元弱酸，任何电解质溶液中都存在电荷守恒，根据电荷守恒判断；

D. pH 相同的① $\text{CH}_3\text{COONa}$ ② $\text{NaHCO}_3$ ③ $\text{NaClO}$  三种溶液，酸根离子水解程度越小，其浓度越大。

**【解答】**解：A.  $\text{H}_2\text{S}$  为二元弱酸，分步电离，第一步电离程度远远大于第二步，所以溶液中  $c(\text{H}^+) > c(\text{HS}^-)$ ，故 A 错误；

B. 加水稀释促进一水合氨电离， $\text{pH}=\text{a}$  的氨水溶液，稀释 10 倍后，溶液中的氢氧根离子浓度大于原来的  $\frac{1}{10}$ ，其  $\text{pH}=\text{b}$ ，则  $\text{a} < \text{b}+1$ ，故 B 错误；

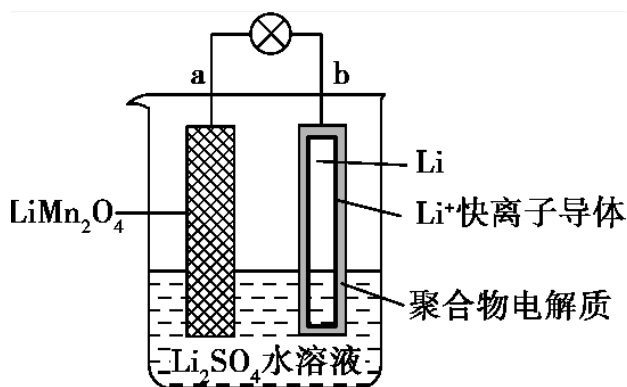
C.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  是二元弱酸，任何电解质溶液中都存在电荷守恒，根据电荷守恒得  $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，故 C 错误；

D.  $\text{pH}$  相同的① $\text{CH}_3\text{COONa}$ ② $\text{NaHCO}_3$ ③ $\text{NaClO}$  三种溶液，酸根离子水解程度越小，其浓度越大，酸根离子水解程度 ① $<$ ② $<$ ③，所以盐浓度 ① $>$ ② $>$ ③，钠离子不水解，所以  $c(\text{Na}^+) : ① > ② > ③$ ，故 D 正确；

故选：D。

**【点评】**本题考查了离子浓度大小比较，涉及弱电解质的电离和盐类水解，根据弱电解质电离特点、盐类水解特点再结合电荷守恒来分析解答，易错选项是 B，题目难度中等。

6. (6分) 2013年3月我国科学家报道了如图所示的水溶液锂离子电池体系，下列叙述错误的是 ( )



- A. a 为电池的正极
- B. 电池充电反应为  $\text{LiMn}_2\text{O}_4 = \text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4 + x\text{Li}$
- C. 放电时，a 极锂的化合价发生变化
- D. 放电时，溶液中  $\text{Li}^+$  从 b 向 a 迁移

**【考点】**BH：原电池和电解池的工作原理；BL：化学电源新型电池。

**【专题】** 51I: 电化学专题.

**【分析】** 锂离子电池中, b 电极为 Li, 放电时, Li 失电子为负极,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  得电子为正极; 充电时,  $\text{Li}^+$  在阴极得电子,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  在阳极失电子; 据此分析.

**【解答】** 解 A、锂离子电池中, b 电极为 Li, 放电时, Li 失电子为负极,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  得电子为正极, 所以 a 为电池的正极, 故 A 正确;

B、充电时,  $\text{Li}^+$  在阴极得电子,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  在阳极失电子, 电池充电反应为  $\text{LiMn}_2\text{O}_4 = \text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4 + x\text{Li}$ , 故 B 正确;

C、放电时, a 为正极, 正极上  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  中 Mn 元素得电子, 所以锂的化合价不变, 故 C 错误;

D、放电时, 溶液中阳离子向正极移动, 即溶液中  $\text{Li}^+$  从 b 向 a 迁移, 故 D 正确; 故选: C。

**【点评】** 本题考查了锂电池的组成和工作原理, 题目难度中等, 本题注意把握原电池和电解池的组成和工作原理, 注意根据电池反应中元素化合价的变化来判断正负极.

7. (6分) 室温下将 1mol 的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (s) 溶于水会使溶液温度降低, 热效应为  $\Delta H_1$ , 将 1mol 的  $\text{CuSO}_4$  (s) 溶于水会使溶液温度升高, 热效应为  $\Delta H_2$ ;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  受热分解的化学方程式为:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (s)  $\rightleftharpoons$   $\text{CuSO}_4$  (s) +  $5\text{H}_2\text{O}$  (l), 热效应为  $\Delta H_3$ . 则下列判断正确的是 ( )

A.  $\Delta H_2 > \Delta H_3$     B.  $\Delta H_1 > \Delta H_3$     C.  $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$     D.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 > \Delta H_3$

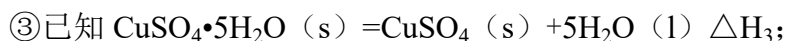
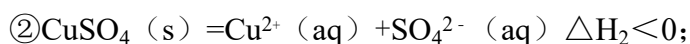
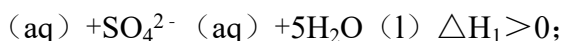
**【考点】** BR: 反应热的大小比较.

**【分析】** 胆矾溶于水时, 溶液温度降低, 反应为  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (s)  $\rightleftharpoons$   $\text{Cu}^{2+}$  (aq) +  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) +  $5\text{H}_2\text{O}$  (l)  $\Delta H_1 > 0$ ;

$\text{CuSO}_4$  (s)  $\rightleftharpoons$   $\text{Cu}^{2+}$  (aq) +  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq)  $\Delta H_2$ ;

已知  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (s)  $\rightleftharpoons$   $\text{CuSO}_4$  (s) +  $5\text{H}_2\text{O}$  (l)  $\Delta H_3$ , 根据盖斯定律确定之间的关系.

**【解答】** 解: ①胆矾溶于水时, 溶液温度降低, 反应为  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (s)  $\rightleftharpoons$   $\text{Cu}^{2+}$



依据盖斯定律① - ②得到③，所以 $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$ ； $\Delta H_2 < 0$ ， $\Delta H_1 > 0$ ，则 $\Delta H_3 > 0$ ，

A、上述分析可知 $\Delta H_2 < \Delta H_3$ ，故 A 错误；

B、分析可知 $\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3$ ，由于 $\Delta H_2 < 0$ ， $\Delta H_3 > \Delta H_1$ ，故 B 错误；

C、 $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$ ，故 C 正确；

D、 $\Delta H_2 < 0$ ， $\Delta H_1 > 0$ 、 $\Delta H_3 > \Delta H_1 + \Delta H_2$ ，故 D 错误；

故选：C。

**【点评】** 本题考查了物质溶解及物质分解过程中的能量变化，根据盖斯定律分析物质溶解过程中的能量变化是解题关键，题目难度中等。

二、非选择题：包括必考题和选考题两部分，第 22 题~第 32 题为必考题，每个试题考生都必须作答，第 33 题~第 40 题为选考题，考生根据要求作答

8. (13 分) 在容积为 1.00L 的容器中，通入一定量的  $\text{N}_2\text{O}_4$ ，发生反应  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ ，随温度的升高，混合气体的颜色变深。

回答下列问题：

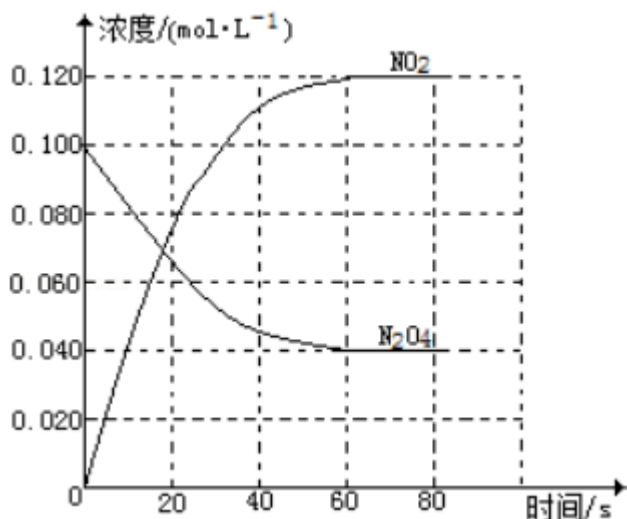
(1) 反应的  $\Delta H$  大于 0 (填“大于”或“小于”)；100°C 时，体系中各物质浓度随时间变化如图所示。在 0~60s 时段，反应速率  $v(\text{N}_2\text{O}_4)$  为 0.001 mol·L<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>；反应的平衡常数  $K_1$  为 0.36 mol/L。

(2) 100°C 时达平衡后，改变反应温度为 T， $c(\text{N}_2\text{O}_4)$  以 0.0020 mol·L<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup> 的平均速率降低，经 10s 又达到平衡。

① T 大于 100°C (填“大于”或“小于”)，判断理由是 正反应方向吸热，反应向吸热方向移动，故温度升高。

② 列式计算温度 T 时反应的平衡常数  $K_2$  1.28 mol/L。

(3) 温度 T 时反应达平衡后，将反应容器的容积减少一半，平衡向 逆反应 (填“正反应”或“逆反应”) 方向移动，判断理由是 对气体体积增大的反应，增大压强平衡向逆反应方向移动。



【考点】C8：化学平衡常数的含义；CB：化学平衡的影响因素；CK：物质的量或浓度随时间的变化曲线。

【专题】51E：化学平衡专题。

【分析】（1）随温度的升高，混合气体的颜色变深，化学平衡向正反应方向移动，据此判断；反应速率利用公式  $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$  计算得到；化学平衡常数利用化学平衡常数表达式计算；

（2）①  $N_2O_4$  的浓度降低，平衡向正反应方向移动，由于正反应方向吸热， $T > 100^\circ C$ ；

② 计算  $T^\circ C$  时两种物质的浓度，计算得到化学平衡常数；

（3）反应容器的容积减少一半，压强增大，根据反应前后气体体积大小判断化学平衡移动方向。

【解答】解：（1）随温度的升高，混合气体的颜色变深，化学平衡向正反应方向移动，即  $\Delta H > 0$ ；0 ~ 60s 时段， $N_2O_4$  浓度变化为：

$$0.1 \text{ mol/L} - 0.04 \text{ mol/L} = 0.06 \text{ mol/L}, v(N_2O_4) = \frac{0.06 \text{ mol/L}}{60 \text{ s}} = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1};$$

$$K = \frac{c^2(NO_2)}{c(N_2O_4)} = \frac{(0.12 \text{ mol/L})^2}{0.04 \text{ mol/L}} = 0.36 \text{ mol/L}, \text{ 故答案为：大于、}$$

$$0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}、0.36 \text{ mol/L};$$

（2）①  $N_2O_4$  的浓度降低，平衡向正反应方向移动，由于正反应方向吸热， $T > 100^\circ C$ ，故答案为：大于、正反应方向吸热，反应向吸热方向移动，故温度升

高；

$$\begin{aligned} \text{②平衡时, } c(\text{NO}_2) &= 0.120 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 10 \text{ s} \times 2 = 0.16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \\ c(\text{N}_2\text{O}_4) &= 0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 10 \text{ s} = 0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \\ K_2 &= \frac{(0.16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 1.28 \text{ mol/L}, \end{aligned}$$

故答案为：1.28mol/L；

(3) 反应容器的容积减少一半，压强增大，正反应方向气体体积增大，增大压强向着气体体积减小的方向移动，故答案为：逆反应、对气体体积增大的反应，增大压强平衡向逆反应方向移动。

**【点评】** 本题考查化学平衡图象、影响平衡的因素、平衡常数影响因素、化学反应速率的计算等，难度不大。

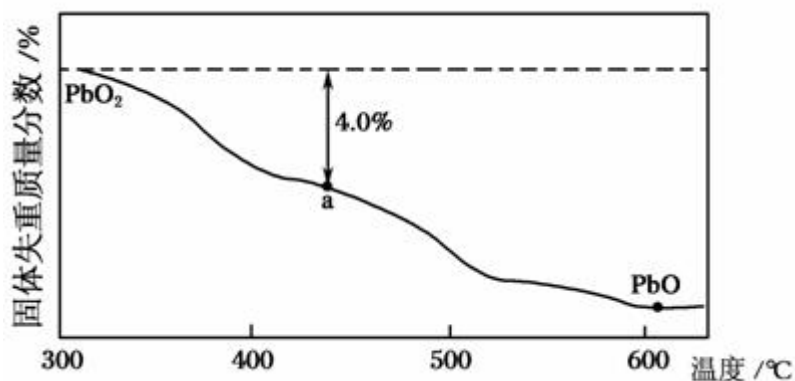
9. 铅及其化合物可用于蓄电池、耐酸设备及 X 射线防护材料等，回答下列问题

(1) 铅是碳的同族元素，比碳多 4 个电子层，铅在元素周期表的位置是第①六周期、第②IVA族； $\text{PbO}_2$  的酸性比  $\text{CO}_2$  的酸性③弱（填“强”或“弱”）。

(2)  $\text{PbO}_2$  与浓盐酸共热生成黄绿色气体，反应的化学方程式为④ $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl}$   
(浓)  $\xrightarrow{\Delta}$   $\text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3)  $\text{PbO}_2$  可由  $\text{PbO}$  与次氯酸钠溶液反应制得，反应的离子方程式为⑤ $\text{PbO} + \text{ClO}^- = \text{PbO}_2 + \text{Cl}^-$ ； $\text{PbO}_2$  也可以通过石墨为电极， $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  与  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  的混合溶液为电解液电解制取，阳极发生的电极反应式为⑥ $\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$ ，阴极上观察到得现象是⑦石墨上红色物质析出；若电解液中不加入  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ，阴极发生的电极反应式为⑧ $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Pb}$ ，这样做的主要缺点是⑨ $\text{Pb}^{2+}$  的利用率降低。

(4)  $\text{PbO}_2$  在加热过程发生分解的失重曲线如图所示，已知失重曲线上的 a 点为样品失重 4.0%（即  $\frac{\text{样品起始质量} - \text{a点固体质量}}{\text{样品起始质量}} \times 100\%$ ）的残留固体。若 a 点固体组成表示为  $\text{PbO}_x$  或  $m\text{PbO}_2 \cdot n\text{PbO}$ ，列式计算 x 值和 m：n 值⑩x=1.4；m：n=2：3。



**【考点】** 1B: 真题集萃; 5A: 化学方程式的有关计算; 78: 元素周期律和元素周期表的综合应用; DI: 电解原理; FG: 碳族元素简介.

**【专题】** 51C: 元素周期律与元素周期表专题; 52: 元素及其化合物.

**【分析】** (1) 铅是碳的同族元素, 比碳多 4 个电子层, 铅位于第六周期 IVA 族; 非金属性越强酸性越强;

(2)  $\text{PbO}_2$  与浓盐酸共热生成黄绿色气体, 说明生成氯气, 还应生成  $\text{PbCl}_2$  与水;

(3)  $\text{PbO}_2$  可由  $\text{PbO}$  与次氯酸钠溶液反应制得, 据此可知,  $\text{PbO}$  与  $\text{ClO}^-$  反应得到  $\text{PbO}_2$ , 同时生成  $\text{Cl}^-$ ;

阳极上  $\text{Pb}^{2+}$  失去电子, 得到  $\text{PbO}_2$ , 需要水参与反应, 同时生成氢离子, 阴极上,  $\text{Cu}^{2+}$  获得电子生成  $\text{Cu}$ , 附着在石墨电极上;

若电解液中不加入  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , 阴极上  $\text{Pb}^{2+}$  获得电子生成  $\text{Pb}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  生成  $\text{PbO}_2$  的利用率降低;

(4) 若 a 点固体组成表示为  $\text{PbO}_x$ , 根据  $\text{PbO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{PbO}_x + \frac{2-x}{2} \text{O}_2 \uparrow$  列方程计算 x 的值; 若组成表示为  $m\text{PbO}_2 \cdot n\text{PbO}$ , 则 O 原子与 Pb 原子的比值为 x, 据此计算解答.

**【解答】** 解: (1) 铅是碳的同族元素, 比碳多 4 个电子层, 铅位于第六周期 IVA 族; 非金属性  $\text{C} > \text{Pb}$ , 故  $\text{PbO}_2$  的酸性比  $\text{CO}_2$  的酸性弱, 故答案为: 六、IVA; 弱;

(2)  $\text{PbO}_2$  与浓盐酸共热生成黄绿色气体, 说明生成氯气, 还应生成  $\text{PbCl}_2$  与水, 反应方程式为:  $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,

故答案为： $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ;

(3)  $\text{PbO}_2$  可由  $\text{PbO}$  与次氯酸钠溶液反应制得，据此可知， $\text{PbO}$  与  $\text{ClO}^-$  反应得到  $\text{PbO}_2$ ，同时生成  $\text{Cl}^-$ ，反应离子方程式为： $\text{PbO} + \text{ClO}^- = \text{PbO}_2 + \text{Cl}^-$ ；

阳极上  $\text{Pb}^{2+}$  失去电子，得到  $\text{PbO}_2$ ，需要水参与反应，同时生成氢离子，电极反应式为： $\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$ ，阴极上， $\text{Cu}^{2+}$  获得电子生成  $\text{Cu}$ ，附着在石墨电极上，即石墨上红色物质析出；

若电解液中不加入  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ，阴极上  $\text{Pb}^{2+}$  获得电子生成  $\text{Pb}$ ，阴极电极反应式为： $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Pb}$ ， $\text{Pb}^{2+}$  的利用率降低；

故答案为： $\text{PbO} + \text{ClO}^- = \text{PbO}_2 + \text{Cl}^-$ ； $\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$ ；石墨上红色物质析出； $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Pb}$ ； $\text{Pb}^{2+}$  的利用率降低；

(4) 若 a 点固体组成表示为  $\text{PbO}_x$ ，根据  $\text{PbO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{PbO}_x + \frac{2-x}{2}\text{O}_2\uparrow$  有： $\frac{2-x}{2} \times 32 = 239 \times 4.0\%$ ，解得  $x = 1.4$ ，

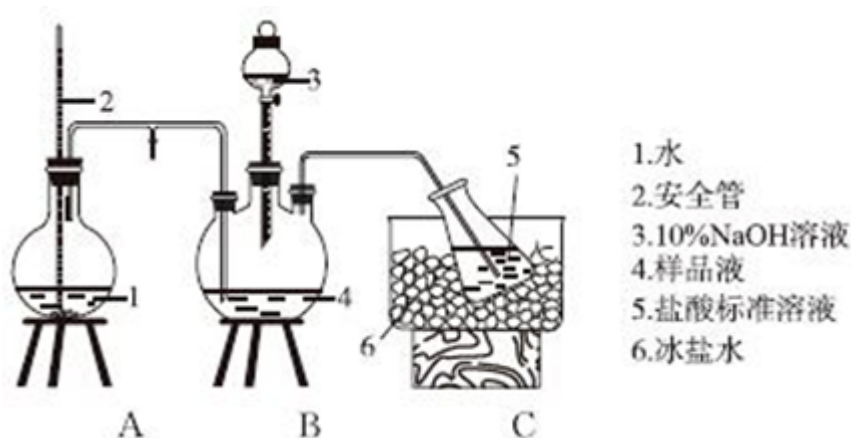
若组成表示为  $m\text{PbO}_2 \cdot n\text{PbO}$ ，则 O 原子与 Pb 原子的比值为 x，则  $\frac{2m+n}{m+n} = 1.4$ ，整理得  $m : n = 2 : 3$ ，

故答案为： $x = 1.4$ ； $m : n = 2 : 3$ 。

**【点评】** 题目比较综合，涉及元素周期表与元素周期律、常用化学用语、电解原理、根据方程式计算等，题目素材基本取自教材以外，是对学生综合能力考查，(3) 中电解液中不加入  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  时阴极反应为易错点，掌握离子放电顺序是关键，(4) 中注意根据方程式计算，题目难度中等。

10. 某小组以  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、浓氨水为原料，在活性炭催化下，合成了橙黄色晶体 X，为确定其组成，进行如下实验：

① 氨的测定：精确称取  $w \text{ g}$  X，加适量水溶解，注入如图所示的三颈瓶中，然后逐滴加入足量 10%  $\text{NaOH}$  溶液，通入水蒸气，将样品液中的氨全部蒸出，用  $V_1 \text{ mL } c_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸标准溶液吸收。蒸氨结束后取下接收瓶，用  $c_2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaOH}$  标准溶液滴定过剩的  $\text{HCl}$ ，到终点时消耗  $V_2 \text{ mL}$   $\text{NaOH}$  溶液。



②氯的测定：准确称取样品 X，配成溶液后用  $\text{AgNO}_3$  标准溶液滴定， $\text{K}_2\text{CrO}_4$  溶液为指示剂，至出现砖红色沉淀不再消失为终点（ $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  为砖红色）

回答下列问题：

(1) 装置中安全管的作用原理是 当 A 中压力过大时，安全管中液面上升，使 A 瓶中压力稳定。

(2) 用 NaOH 标准溶液确定过剩的 HCl 时，应使用 碱 式滴定管，可使用的指示剂为 酚酞或甲基红。

(3) 样品中氨的质量分数表达式为

$$\frac{10^{-3}(c_1V_1 - c_2V_2)\text{mol} \times 17\text{g/mol}}{wg} \times 100\%$$

(4) 测定氨前应该对装置进行气密性检验，若气密性不好测定结果将 偏低（填“偏高”或“偏低”）。

(5) 测定氯的过程中，使用棕色滴定管的原因是 防止硝酸银见光分解，滴定终点时，若溶液中  $c(\text{Ag}^+) = 2.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{CrO}_4^{2-})$  为  $2.8 \times 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。（已知： $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1.12 \times 10^{-12}$ ）

(6) 经测定，样品 X 中钴、氨和氯的物质的量之比为 1: 6: 3，钴的化合价为

+3，制备 X 的化学方程式为  $2\text{CoCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 10\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{活性炭}} 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

，X 的制备过程中温度不能过高的原因是 温度过高过氧化氢分解、氨气逸出。

**【考点】** RD：探究物质的组成或测量物质的含量。

【专题】18：实验分析题.

【分析】（1）通过 2 中液面调节 A 中压强；

（2）碱只能盛放在碱式滴定管中，酸性溶液只能盛放在酸式滴定管中；NaOH 溶液和盐酸溶液恰好反应后呈中性，可以选择酸性或碱性变色范围内的指示剂；

（3）根据氨气与和氨气反应盐酸之间的关系式计算氨气的质量，再根据质量分数公式计算氨质量分数；

（4）若气密性不好，导致氨气的量偏低；

（5）硝酸银不稳定，易分解；根据离子积常数计算  $c(\text{CrO}_4^{2-})$ ；

（6）经测定，样品 X 中钴、氨和氯的物质的量之比为 1：6：3，则其化学式为  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，根据化合物中各元素化合价的代数和为 0 计算 Co 元素化合价；该反应中 Co 失电子、双氧水得电子， $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{NH}_3$  发生反应生成  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  和水；双氧水易分解、气体的溶解度随着温度的升高而降低。

【解答】解：（1）通过 2 中液面调节 A 中压强，如果 A 中压力过大时，安全管中液面上升，使 A 中压力减小，从而稳定压力，

故答案为：当 A 中压力过大时，安全管中液面上升，使 A 瓶中压力稳定；

（2）碱只能盛放在碱式滴定管中，酸性溶液只能盛放在酸式滴定管中，所以用 NaOH 标准溶液确定过剩的 HCl 时，应使用碱式滴定管盛放 NaOH 溶液。NaOH 溶液和盐酸溶液恰好反应后呈中性，可以选择酸性或碱性变色范围内的指示剂，甲基红为酸性变色指示剂、酚酞为碱性变色指示剂，所以可以选取甲基红或酚酞作指示剂，

故答案为：碱；酚酞或甲基红；

（3）与氨气反应的  $n(\text{HCl}) = 10^{-3}V_1L \times c_1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - c_2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10^{-3}V_2L = 10^{-3}(c_1V_1 - c_2V_2)\text{mol}$ ，根据氨气和 HCl 的关系式知， $n(\text{NH}_3) = n(\text{HCl}) = 10^{-3}(c_1V_1 - c_2V_2)\text{mol}$ ，氨的质量分数

$$= \frac{10^{-3}(c_1V_1 - c_2V_2)\text{mol} \times 17\text{g/mol}}{wg} \times 100\%$$

$$= \frac{10^{-3}(c_1V_1 - c_2V_2)\text{mol} \times 17\text{g/mol}}{wg} \times 100\%$$

(4) 若气密性不好，导致部分氨气泄漏，所以氨气质量分数偏低，故答案为：  
偏低；

(5) 硝酸银不稳定，见光易分解，为防止硝酸银分解，用棕色试剂瓶盛放硝酸

$$\text{银溶液：} c(\text{CrO}_4^{2-}) = \frac{1.12 \times 10^{-12}}{(2.0 \times 10^{-5})^2} \text{mol/L} = 2.8 \times 10^{-3} \text{mol/L,}$$

故答案为：防止硝酸银见光分解； $2.8 \times 10^{-3}$ ；

(6) 经测定，样品 X 中钴、氨和氯的物质的量之比为 1: 6: 3，则其化学式为  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，根据化合物中各元素化合价的代数和为 0 得 Co 元素化合价为 +3 价；该反应中 Co 失电子、双氧水得电子， $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{NH}_3$  发生反应生成  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  和水，反应方程式为  $2\text{CoCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 10\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{活性炭}} 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；双氧水易分解、气体的溶解度随着温度的升高而降低，所以 X 的制备过程中温度不能过高，

故答案为：+3； $2\text{CoCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 10\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{活性炭}} 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；温度越高过氧化氢分解、氨气逸出。

**【点评】** 本题考查了物质含量的沉淀，涉及难溶物的溶解平衡、氧化还原反应、物质含量的测定等知识点，明确实验原理是解本题关键，知道指示剂的选取方法，题目难度中等。

## 化学-选修 2：化学与技术

11. 将海水淡化与浓海水资源化结合起来是综合利用海水的重要途径之一。一般是先将海水淡化获得淡水。再从剩余的浓海水中通过一系列工艺流程提取其他产品。

回答下列问题：

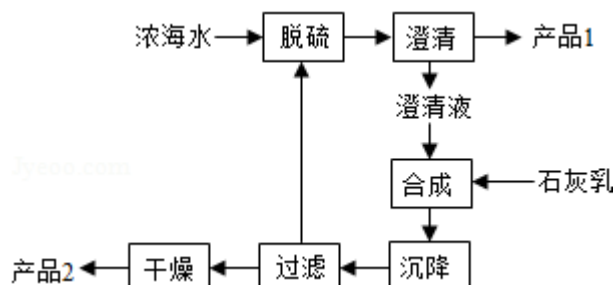
(1) 下列改进和优化海水综合利用工艺的设想和做法可行的是 ②③④。(填序号)

- ①用混凝法获取淡水                      ②提高部分产品的质量  
③优化提取产品的品种                    ④改进钾、溴、镁等的提取工艺

(2) 采用“空气吹出法”从浓海水吹出  $\text{Br}_2$ ，并用纯碱吸收。碱吸收溴的主要反应

是  $\text{Br}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaBr} + \text{NaBrO}_3 + \text{NaHCO}_3$ ，吸收 1mol  $\text{Br}_2$  时，转移的电子数为  $\frac{5}{3}$  mol.

(3) 海水提镁的一段工艺流程如图：



浓海水的主要成分如下：

离子	$\text{Na}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
浓度/ ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	63.7	28.8	144.6	46.4

该工艺过程中，脱硫阶段主要反应的离子方程式为  $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{CaSO}_4 \downarrow$ ，产品 2 的化学式为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，1L 浓海水最多可得到产品 2 的质量为 69.6 g.

(4) 采用石墨阳极、不锈钢阴极电解熔融的氯化镁，发生反应的化学方程式为

$\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$ ；电解时，若有少量水存在会造成产品镁的

消耗，写出有关反应的化学方程式  $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$ .

【考点】E7：海水资源及其综合利用.

【专题】522：卤族元素；55：化学计算.

【分析】(1) 混凝法使的悬浮物质和胶体聚集成较大颗粒的颗粒而沉淀，然后过滤除去，不能进行海水淡化，通过改变工艺，可以提高部分产品的质量，优化提取产品的品种，可以根据不同的原理改进钾、溴、镁等的提取工艺；

(2) 反应中  $\text{Br}_2$  起氧化剂、还原剂作用，根据电子转移守恒可知，氧化剂与还原剂物质的量之比为 5：1，据此计算；

(3) 工艺流程合成步骤中加入石灰乳，沉降后，将过滤后的滤液进行脱硫，应用钙离子沉淀硫酸根离子生成硫酸钙沉淀，产品 1 为硫酸钙，合成得到氢

氧化镁沉淀，故过滤后干燥的产品 2 为氢氧化镁，计算 1L 溶液中  $Mg^{2+}$  的质量，根据  $Mg^{2+} \sim Mg(OH)_2$  计算氢氧化镁的质量；

(4) 电解熔融氯化镁得到 Mg 与氯气；电解时，若有少量水存在，Mg 与水反应生成氢氧化镁与氢气，会造成产品镁的消耗。

**【解答】**解：(1) ①混凝法是加入一种混凝剂（如：明矾、铁盐等），使水中细小的悬浮物质和胶体聚集成较大颗粒的颗粒而沉淀，然后过滤除去，海水中可溶性杂质不能除去，不能进行海水淡化，故错误；

②改进工艺，尽可能减少新物质引入，除去粗产品中的杂质，可以提高产品的质量，故正确；

③海洋是一个远未完全开发的巨大化学资源宝库，海水中元素种类很多，改进工艺可以优化提取产品的品种，故正确；

④根据不同的提取原理可以改进钾、溴、镁等的提取工艺，从而提高 K、 $Br_2$ 、Mg 等的提取质量，故正确；

故选：②③④；

(2) 反应中  $Br_2$  起氧化剂、还原剂作用，根据电子转移守恒可知， $2 \times n_{\text{氧化剂}}(Br_2) = 2 \times 5 \times n_{\text{还原剂}}(Br_2)$ ，故  $n_{\text{氧化剂}}(Br_2) : n_{\text{还原剂}}(Br_2) = 5 : 1$ ，故吸收 1mol  $Br_2$  时，转移的电子数为  $1\text{mol} \times 2 \times \frac{1}{1+5} \times 5 = \frac{5}{3}\text{mol}$ ，

故答案为： $\frac{5}{3}$ ；

(3) 工艺流程合成步骤中加入石灰乳，沉降后，将过滤后的滤液进行脱硫，用  $Ca^{2+}$  沉淀  $SO_4^{2-}$  生成  $CaSO_4$  沉淀，离子方程式为： $Ca^{2+} + SO_4^{2-} = CaSO_4 \downarrow$ ，采用过滤的方法得到产品 1 为  $CaSO_4$ ，滤液中加入石灰乳，发生反应为  $Mg^{2+} + 2OH^- = Mg(OH)_2 \downarrow$ ，合成中应得到  $Mg(OH)_2$  沉淀，过滤、干燥的产品 2 为  $Mg(OH)_2$ ，

溶液中  $m(Mg^{2+}) = 1L \times 28.8g/L = 28.8g$ ，

$Mg^{2+} \sim Mg(OH)_2$

24g      58g

28.8g     $m[Mg(OH)_2]$

$m[Mg(OH)_2] = 28.8g \times \frac{58g}{24g} = 69.6g$ ，

故答案为： $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{CaSO}_4 \downarrow$ ； $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ；69.6；

(4) 电解熔融氯化镁得到 Mg 与氯气，电解反应方程式为： $\text{MgCl}_2$ （熔融） $\xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$ ；电解时，若有少量水存在，Mg 与水反应生成氢氧化镁与氢气，会造成产品镁的消耗，反应方程式为： $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$ ，

故答案为： $\text{MgCl}_2$ （熔融） $\xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$ ； $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$ 。

**【点评】** 本题考查海水资源开发利用、氧化还原反应计算、电解原理等，是对基础知识的综合运用，需要学生具备扎实的基础，难度中等。

### 化学-选修3：物质结构与性质

12. 周期表前四周期的元素 a、b、c、d、e，原子序数依次增大。a 的核外电子总数与其周期数相同，b 的价电子层中的未成对电子有 3 个，c 的最外层电子数为其内层电子数的 3 倍，d 与 c 同族；e 的最外层只有一个电子，但次外层有 18 个电子。回答下列问题：

(1) b、c、d 中第一电离能最大的是 N（填元素符号），e 的价层电子轨道

示意图为  $\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \downarrow \\ \hline \end{array}$  3d 4s。

(2) a 和其他元素形成的二元共价化合物中，分子呈三角锥形，该分子的中心原子的杂化方式为  $\text{sp}^3$ ；分子中既含有极性共价键、又含有非极性共价键的化合物是  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2\text{H}_4$ （填化学式，写出两种）。

(3) 这些元素形成的含氧酸中，分子的中心原子的价层电子对数为 3 的酸是  $\text{HNO}_2$ 、 $\text{HNO}_3$ ；酸根呈三角锥结构的酸是  $\text{H}_2\text{SO}_3$ 。（填化学式）

(4) e 和 c 形成的一种离子化合物的晶体结构如图 1，则 e 离子的电荷为 +1。

(5) 这 5 种元素形成的一种 1:1 型离子化合物中，阴离子呈四面体结构；阳离子呈轴向狭长的八面体结构（如图 2 所示）。该化合物中，阴离子为  $\text{SO}_4^{2-}$ ，阳离子中存在的化学键类型有 共价键和配位键；该化合物加热

时首先失去的组分是 H<sub>2</sub>O，判断理由是 H<sub>2</sub>O 和 Cu<sup>2+</sup> 的配位键比 NH<sub>3</sub> 与 Cu<sup>2+</sup> 的弱。

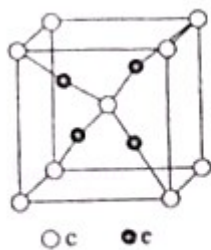


图 1

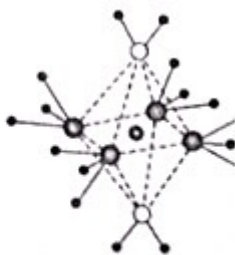


图 2

**【考点】** 1B: 真题集萃; 8J: 位置结构性质的相互关系应用; 9I: 晶胞的计算.

**【专题】** 51C: 元素周期律与元素周期表专题; 51D: 化学键与晶体结构.

**【分析】** 周期表前四周期的元素 a、b、c、d、e，原子序数依次增大，a 的核外电子总数与其周期数相同，则 a 是 H 元素，c 的最外层电子数为其内层电子数的 3 倍，原子最外层电子数是 6，所以 C 是 O 元素，d 与 c 同族，则 d 是 S 元素，

b 的价电子层中的未成对电子有 3 个，且原子序数小于 c，则 b 是 N 元素；

e 的最外层只有一个电子，但次外层有 18 个电子，则 e 是 Cu 元素，再结合原子结构、物质结构、元素周期律解答.

**【解答】** 解：周期表前四周期的元素 a、b、c、d、e，原子序数依次增大，a 的核外电子总数与其周期数相同，则 a 是 H 元素，

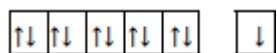
c 的最外层电子数为其内层电子数的 3 倍，原子最外层电子数是 6，所以 C 是 O 元素，d 与 c 同族，则 d 是 S 元素，

b 的价电子层中的未成对电子有 3 个，且原子序数小于 c，则 b 是 N 元素；

e 的最外层只有一个电子，但次外层有 18 个电子，则 e 是 Cu 元素，

(1) b、c、d 分别是 N、O、S 元素中，元素的非金属性越强，其第一电离能越大，同一周期元素中，第一电离能随着原子序数的增大呈增大趋势，但第 VA 族元素大于相邻元素，所以 N、O、S 中第一电离能最大的是 N 元素，e 的价

层为 3d、4s 电子，其电子轨道示意图为  $\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$   $\begin{array}{|c|} \hline \downarrow \\ \hline \end{array}$ ，



故答案为：N；  $3d$   $4s$ ；

(2) a 是 H 元素，a 和其他元素形成的二元共价化合物中，分子呈三角锥形，该分子为氨气，氨气分子中氮原子含有 3 个共价键和一个孤电子对，所以该分子的中心原子的杂化方式为  $sp^3$ ；分子中既含有极性共价键、又含有非极性共价键的化合物是  $H_2O_2$ 、 $N_2H_4$ ，

故答案为： $sp^3$ ； $H_2O_2$ 、 $N_2H_4$ ；

(3) 这些元素形成的含氧酸中，分子的中心原子的价层电子对数为 3 的酸是  $HNO_2$ 、 $HNO_3$ ；酸根呈三角锥结构的酸是  $H_2SO_3$ ，故答案为： $HNO_2$ 、 $HNO_3$ ； $H_2SO_3$ ；


(4) e 和 c 形成的一种离子化合物的晶体结构如图 1，c 离子个数= $1+8\times\frac{1}{8}=2$ ，e 离子个数=4，所以该化合物为  $Cu_2O$ ，则 e 离子的电荷为+1，故答案为：+1；

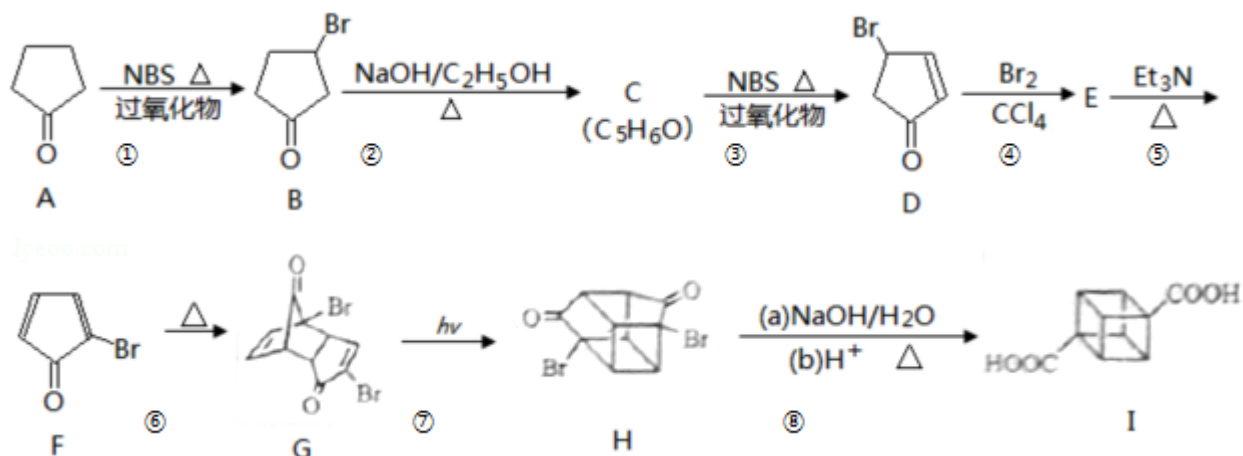
(5) 这 5 种元素形成的一种 1: 1 型离子化合物中，阴离子呈四面体结构，说明阴离子的中心原子价层电子对个数是 4 且不含孤电子对，为硫酸根离子，阳离子呈轴向狭长的八面体结构（如图 2 所示），根据图象知，阳离子的配位数是 6，阳离子中含有共价键、配位键，氨分子个数是 4、水分子个数是 2，其化学式为  $[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]SO_4$ ， $H_2O$  和  $Cu^{2+}$  的配位键比  $NH_3$  与  $Cu^{2+}$  的弱，所以该化合物加热时首先失去的组分是  $H_2O$ ，

故答案为： $SO_4^{2-}$ ；共价键和配位键； $H_2O$ ； $H_2O$  和  $Cu^{2+}$  的配位键比  $NH_3$  与  $Cu^{2+}$  的弱。

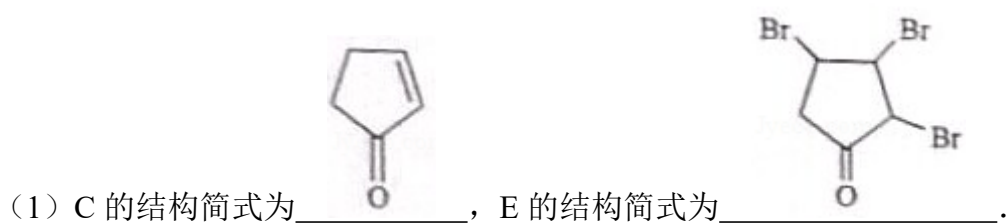
**【点评】** 本题考查了晶胞的计算、化学键的判断、电离能的比较等知识点，这些知识点都是高考热点，根据晶胞特点、化学键的构成微粒、元素周期律等知识点来分析解答，难点是 (5)，正确连接图中表示的微粒是解本题关键，知道其配位数及形成的化学键，题目难度中等。

## 化学-选修 5：有机化学基础

13. 立方烷 () 具有高度对称性、高致密性、高张力能及高稳定性等特点，因此合成立方烷及其衍生物成为化学界关注的热点。下面是立方烷衍生物 I 的一种合成路线：

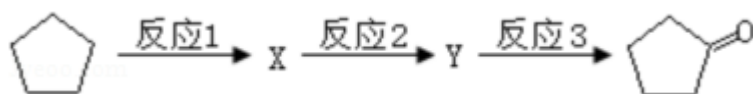


回答下列问题：

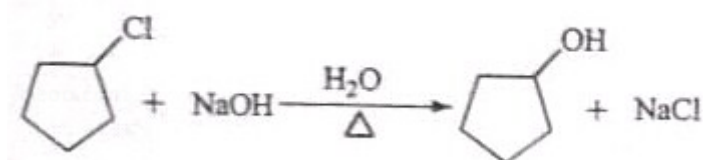


(2) ③的反应类型为 取代反应，⑤的反应类型为 消去反应。

(3) 化合物 A 可由环戊烷经三步反应合成：



反应 1 的试剂与条件为  $\text{Cl}_2/\text{光照}$ ，反应 2 的化学方程式为



\_\_\_\_\_，反应 3 可用的试剂为  $\text{O}_2/\text{Cu}$ 。

(4) 在 I 的合成路线中，互为同分异构体的化合物是 G 和 H。（填化合物代号）


(5) I 与碱石灰共热可化为立方烷。立方烷的核磁共振氢谱中有 1 个峰。

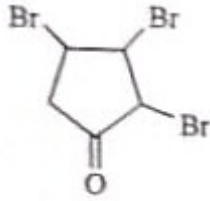
(6) 立方烷经硝化可得到六硝基立方烷，其可能的结构有 3 种。

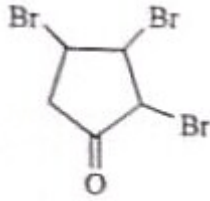
**【考点】** 1B：真题集萃；HC：有机物的合成。

**【专题】** 534：有机物的化学性质及推断。




【分析】A 发生取代反应生成 B，B 消去反应生成 C，C 应为 ，C 发生取代反应生成 D，E 生成 F，根据 F 和 D 的结构简式知，D 发生加成反应生成

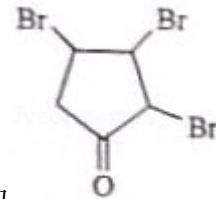


E，E 为 ，E 发生消去反应生成 F，F 发生加成反应生成 G，G 发生加成反应生成 H，H 发生反应生成 I，再结合问题分析解答。

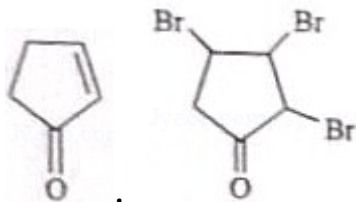
【解答】解：A 发生取代反应生成 B，B 消去反应生成 C，C 发生取代反应生成 D，E 生成 F，根据 F 和 D 的结构简式知，D 发生加成反应生成 E，E 发生消去反应生成 F，F 发生加成反应生成 G，G 发生加成反应生成 H，H 发生反应生成 I，

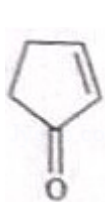
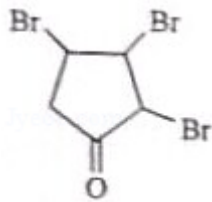


(1) 根据 B 和 D 结构简式的差异性知，C 的结构简式为 ，根据 F 和 D

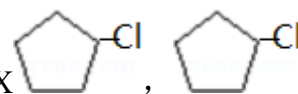



的结构简式知，D 发生加成反应生成 E，E 的结构简式为 ，



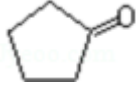
故答案为：；；

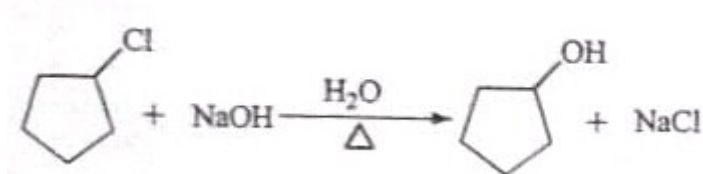
(2) 通过以上分析中，③的反应类型为取代反应，⑤的反应类型为消去反应，故答案为：取代反应；消去反应；



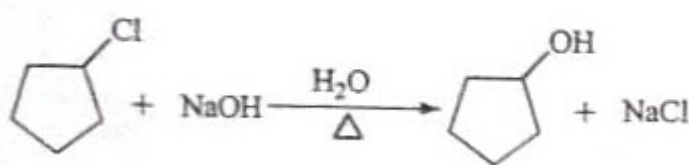
(3) 环戊烷和氯气在光照条件下发生取代反应生成 X ， 和氢

氧化钠的水溶液发生取代反应生成 Y，Y 为 ， 在铜作

催化剂加热条件下发生氧化反应生成 ，所以反应 I 的试剂和条件为  $\text{Cl}_2/\text{光照}$ ，反应 2 的化学方程式为



，反应 3 可用的试剂为  $\text{O}_2/\text{Cu}$ ，



故答案为： $\text{Cl}_2/\text{光照}$ ；

$\text{O}_2/\text{Cu}$ ；

(4) 在 I 的合成路线中，互为同分异构体的化合物是 G 和 H，故答案为：G 和 H；

(5) I 与碱石灰共热可化为立方烷，核磁共振氢谱中氢原子种类与吸收峰个数相等，立方烷中氢原子种类是 1，所以立方烷的核磁共振氢谱中有 1 个峰，故答案为：1；

(6) 立方烷经硝化可得到六硝基立方烷，两个 H 原子可能是相邻、同一面的对角线顶点上、通过体心的对角线顶点上，所以其可能的结构有 3 种，

故答案为：3。

**【点评】** 本题考查了有机物的合成，涉及反应条件的判断、反应方程式的书写、同分异构体种类的判断等知识点，明确有机物中含有的官能团及其性质是解本题关键，会根据已知物质结构确定发生的反应，题目难度中等。