

# 2015 年全国统一高考化学试卷（新课标I）

参考答案与试题解析

## 一、选择题（共 7 小题，每小题 6 分，满分 42 分）

1. （6 分）我国清代《本草纲目拾遗》中记叙无机药物 335 种，其中“强水”条目下写道：“性最烈，能蚀五金...其水甚强，五金八石皆能穿第，惟玻璃可盛。”这里的“强水”是指（ ）

- A. 氨水            B. 硝酸            C. 醋            D. 卤水

**【考点】** 12：化学科学的主要研究对象；1B：真题集萃；EG：硝酸的化学性质.

**【分析】** “强水”“性最烈，能蚀五金...其水甚强，五金八石皆能穿第，惟玻璃可盛。”说明“强水”腐蚀性很强，能腐蚀多数金属及岩石，但不能腐蚀玻璃，即和玻璃中成分不反应，据此分析解答。

**【解答】** 解：A. 氨水属于弱碱，和金属不反应，不符合条件，故 A 错误；

B. 硝酸具有强氧化性、强酸性，能腐蚀大多数金属，也能和岩石中的  $\text{CaCO}_3$  发生反应，但不能和玻璃中成分硅酸盐反应，所以符合条件，故 B 正确；

C. 醋酸是弱电解质，能腐蚀较活泼金属，但不能腐蚀较不活泼金属，如 Cu 等金属，不符合条件，故 C 错误；

D. 卤水其主要成份为氯化镁、氯化钠和一些金属阳离子，和大多数金属不反应，不符合条件，故 D 错误；

故选：B。

**【点评】** 本题考查元素化合物知识，为高频考点，明确物质的性质是解本题关键，知道硝酸的强氧化性，题目难度不大。

2. （6 分） $N_A$  为阿伏伽德罗常数的值。下列说法正确的是（ ）

- A.  $18\text{gD}_2\text{O}$  和  $18\text{gH}_2\text{O}$  中含有的质子数均为  $10N_A$   
B.  $2\text{L}0.5\text{mol/L}$  亚硫酸溶液中含有的  $\text{H}^+$  个数为  $2N_A$   
C. 过氧化钠与水反应时，生成  $0.1\text{mol}$  氧气转移的电子数为  $0.2N_A$   
D. 密闭容器中  $2\text{molNO}$  与  $1\text{molO}_2$  充分反应，产物的分子数为  $2N_A$

**【考点】** 1B：真题集萃；4F：阿伏加德罗常数.

**【专题】** 518: 阿伏加德罗常数和阿伏加德罗定律.

**【分析】** A. 一个  $D_2O$  和  $H_2O$  分子中质子数都是 10, 18g 的  $D_2O$  物质的量  $=\frac{18g}{20g/mol}=0.9mol$ 、18g  $H_2O$  的物质的量  $=\frac{18g}{18g/mol}=1mol$ , 根据  $N=nN_A$  知, 其分子数之比等于物质的量之比  $=0.9mol: 1mol=0.9: 1$ , 结合分子构成计算质子数;

B.  $n(H_2SO_3)=0.5mol/L \times 2L=1mol$ , 亚硫酸是弱电解质, 在水溶液中部分电离, 且第二步电离程度远远小于第一步电离程度;

C. 过氧化钠和水反应方程式为  $2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2\uparrow$ , 每生成 1mol 氧气转移电子物质的量  $=1mol \times 2 \times [0 - (-1)]=2mol$ , 据此计算生成 0.1mol 氧气转移的电子数;

C.  $NO$  和  $O_2$  反应方程式为  $2NO+O_2=2NO_2$ , 根据方程式知, 2mol  $NO$  与 1mol  $O_2$  恰好完全反应生成 2mol  $NO_2$ , 但  $NO_2$  和  $N_2O_4$  之间存在转化, 方程式  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ .

**【解答】** 解: A. 一个  $D_2O$  和  $H_2O$  分子中质子数都是 10, 18g 的  $D_2O$  物质的量  $=\frac{18g}{20g/mol}=0.9mol$ 、18g  $H_2O$  的物质的量  $=\frac{18g}{18g/mol}=1mol$ , 根据  $N=nN_A$  知, 其分子数之比等于物质的量之比  $=0.9mol: 1mol=0.9: 1$ , 二者的分子数分别是  $0.9N_A$ 、 $N_A$ , 结合分子构成知, 二者的质子数分别是  $9N_A$ 、 $10N_A$ , 故 A 错误;

B.  $n(H_2SO_3)=0.5mol/L \times 2L=1mol$ , 亚硫酸是弱电解质, 在水溶液中部分电离, 且第二步电离程度远远小于第一步电离程度, 所以溶液中含有的  $H^+$  个数远远小于  $2N_A$ , 故 B 错误;

C. 过氧化钠和水反应方程式为  $2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2\uparrow$ ,  $Na_2O_2$  中 O 元素的化合价为 -1 价, 每生成 1mol 氧气转移电子物质的量  $=1mol \times 2 \times [0 - (-1)]=2mol$ , 则生成 0.1mol 氧气转移的电子 0.2mol, 电子数为  $0.2N_A$ , 故 C 正确;

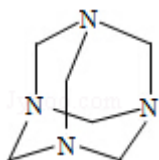
D.  $NO$  和  $O_2$  反应方程式为  $2NO+O_2=2NO_2$ , 根据方程式知, 2mol  $NO$  与 1mol  $O_2$  恰好完全反应生成 2mol  $NO_2$ , 但  $NO_2$  和  $N_2O_4$  之间存在转化, 方程式  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ , 所以产物分子数小于  $2N_A$ , 故 D 错误;

故选: C.

**【点评】** 本题考查阿伏伽德罗常数有关计算, 涉及氧化还原反应、可逆反应、弱

电解质的电离、同位素等知识点，明确物质的性质、物质结构、物质之间的转化即可解答，易错选项是 AD，注意 A 中  $D_2O$  的相对分子质量是 20，注意 D 中存在转化关系  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 。

3. (6分) 乌洛托品在合成、医药、染料等工业中有广泛用途，其结构式如图所示。将甲醛水溶液与氨水混合蒸发可制得乌洛托品。若原料完全反应生成乌洛托品，则甲醛与氨的物质的量之比为 ( )



- A. 1: 1                      B. 2: 3                      C. 3: 2                      D. 2: 1

**【考点】** 1B: 真题集萃; 5A: 化学方程式的有关计算.

**【分析】** 将甲醛水溶液与氨水混合蒸发可制得乌洛托品，若原料完全反应生成乌洛托品，每个乌洛托品分子中含有 6 个 C 原子、4 个 N 原子，根据 C 原子、N 原子守恒判断甲醛和氨的物质的量之比。

**【解答】** 解：将甲醛水溶液与氨水混合蒸发可制得乌洛托品，若原料完全反应生成乌洛托品，每个乌洛托品分子中含有 6 个 C 原子、4 个 N 原子，每个甲醛分子中含有 1 个 C 原子、每个氨气分子中含有 1 个 N 原子，根据 C 原子、N 原子守恒知，要形成一个乌洛托品分子需要 6 个甲醛分子、4 个氨气分子，则需要甲醛和氨气分子个数之比=6: 4=3: 2，根据  $N=nN_A$  知，分子数之比等于物质的量之比，所以甲醛与氨的物质的量之比 3: 2，

故选：C。

**【点评】** 本题考查物质的量的有关计算，为高频考点，明确物质的量的基本公式及物质的构成是解本题关键，注意结合原子守恒解答，题目难度不大。

4. (6分) 下列实验中，对应的现象以及结论都正确且两者具有因果关系的是 ( )

	实验	现象	结论
A	将硝酸加入过量铁粉中，充分反应后滴加 KSCN 溶液	有气体生成，溶液成血红色	稀硝酸将 Fe 氧化为 $Fe^{3+}$

B	将铜粉加入 $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中	溶液变蓝，有黑色固体出现	金属 Fe 比 Cu 活泼
C	用坩埚钳夹住用砂纸仔细打磨过的铝箔在酒精灯上加热	熔化后的液态铝滴落下来	金属铝的熔点比较低
D	将 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{MgSO}_4$ 溶液滴入 $\text{NaOH}$ 溶液中至不在有沉淀产生，再滴加 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{CuSO}_4$ 溶液	先有白色沉淀生成，后变为浅蓝色沉淀	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ 的溶度积比 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的小

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】U5：化学实验方案的评价。

【专题】52：元素及其化合物。

【分析】A. 过量铁粉，反应生成亚铁离子；

B.  $\text{Cu}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  发生氧化还原反应生成  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$ ；

C. 三氧化二铝的熔点高于铝的熔点，所以铝箔在酒精灯上加热到熔化，熔化的铝并不滴落；

D. 由操作和现象可知，发生沉淀的转化。

【解答】解：A. 过量铁粉，反应生成亚铁离子，加入  $\text{KSCN}$  溶液、溶液不显红色，故 A 错误；

B.  $\text{Cu}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  发生氧化还原反应，反应方程式为  $\text{Cu}+2\text{Fe}^{3+}=\text{Cu}^{2+}+2\text{Fe}^{2+}$ ，所以没有黑色沉淀生成，溶液由黄色变为蓝色，故 B 错误；

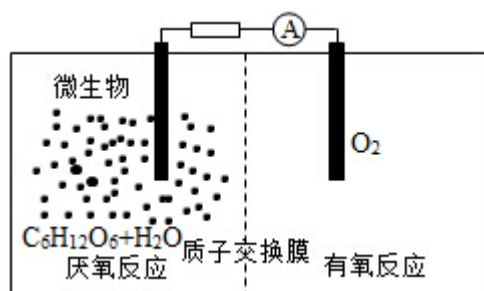
C. 将铝箔用坩埚钳夹住放在酒精灯火焰上加热，铝和氧气反应生成了氧化铝，形成氧化膜，三氧化二铝的熔点高于铝的熔点，包住了熔化的铝，所以加热铝箔的时候铝熔化了但是不会滴落，故 C 错误；

D. 由操作和现象可知，发生沉淀的转化，则  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的溶度积比  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的小，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查化学实验方案评价，为高频考点，涉及离子检验、氧化还原反应、硝酸性质等知识点，明确物质性质及离子检验方法是解本题关键，题目难度不大。

5. (6分) 微生物电池是指在微生物的作用下将化学能转化为电能的装置, 其工作原理如图所示。下列有关微生物电池的说法错误的是 ( )



- A. 正极反应中有  $\text{CO}_2$  生成  
 B. 微生物促进了反应中电子的转移  
 C. 质子通过交换膜从负极区移向正极区  
 D. 电池总反应为  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

**【考点】** 1B: 真题集萃; BH: 原电池和电解池的工作原理.

**【分析】** A. 根据图知, 负极上  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  失电子, 正极上  $\text{O}_2$  得电子和  $\text{H}^+$  反应生成水, 负极的电极反应式为  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} - 24\text{e}^- = 6\text{CO}_2 + 24\text{H}^+$ , 正极的电极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ ;

- B. 葡萄糖在微生物的作用下将化学能转化为电能, 形成原电池;  
 C. 原电池中, 阳离子向正极移动, 所以质子通过交换膜从负极区移向正极区;  
 D. 燃料电池反应式和燃料燃烧方程式相同。

**【解答】** 解: A. 根据图知, 负极上  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  失电子, 正极上  $\text{O}_2$  得电子和  $\text{H}^+$  反应生成水, 负极的电极反应式为  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} - 24\text{e}^- = 6\text{CO}_2 + 24\text{H}^+$ , 正极的电极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ , 因此  $\text{CO}_2$  在负极产生, 故 A 错误;

- B. 葡萄糖在微生物的作用下将化学能转化为电能, 形成原电池, 有电流产生, 所以微生物促进了反应中电子的转移, 故 B 正确;  
 C. 通过原电池的电极反应可知, 负极区产生了  $\text{H}^+$ , 根据原电池中阳离子向正极移动, 可知质子 ( $\text{H}^+$ ) 通过交换膜从负极区移向正极区, 故 C 正确;  
 D. 该反应属于燃料电池, 燃料电池的电池反应式和燃烧反应式相同, 则电池反应式为  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ , 故 D 正确;

故选: A。

**【点评】** 本题考查化学电源新型电池, 为高频考点, 正确判断电解质溶液酸碱性是解本题关键, 所有原电池中都是负极上失电子发生氧化反应、正极上得电

子发生还原反应，难点是电极反应式的书写。

6. (6分) W、X、Y、Z 均为的短周期主族元素，原子序数依次增加，且原子核外 L 电子层的电子数分别为 0、5、8、8，它们的最外层电子数之和为 18。下列说法正确的是 ( )

- A. 单质的沸点： $W > X$
- B. 阴离子的还原性： $W > Z$
- C. 氧化物的水化物的酸性： $Y < Z$
- D. X 与 Y 不能存在于同一离子化合物中

**【考点】** 1B：真题集萃；8F：原子结构与元素周期律的关系；8G：原子结构与元素的性质。

**【分析】** W、X、Y、Z 均为的短周期主族元素，原子序数依次增加，且原子核外 L 电子层的电子数分别为 0、5、8、8，则 W 是 H 元素，X 是 N 元素，Y、Z 为第三周期元素；

它们的最外层电子数之和为 18，W 最外层电子数是 1，X 最外层电子数是 5，Y、Z 最外层电子数之和是 12，且二者都是主族元素，Y 原子序数小于 Z，则 Y 是 P 元素、Z 是 Cl 元素，

- A. W、X 单质都是分子晶体，分子晶体熔沸点与相对分子质量成正比；
- B. 元素的非金属性越强，其简单阴离子的还原性越弱；
- C. 元素的非金属性越强，其最高价氧化物的水化物酸性越强；
- D. X、Y 分别是 N、P 元素，可能存在磷酸铵、磷酸一氢铵、磷酸二氢铵中。

**【解答】** 解：W、X、Y、Z 均为的短周期主族元素，原子序数依次增加，且原子核外 L 电子层的电子数分别为 0、5、8、8，则 W 是 H 元素，X 是 N 元素，Y、Z 为第三周期元素；

它们的最外层电子数之和为 18，W 最外层电子数是 1，X 最外层电子数是 5，Y、Z 最外层电子数之和是 12，且二者都是主族元素，Y 原子序数小于 Z，则 Y 是 P 元素、Z 是 Cl 元素，

- A. H、N 元素单质都是分子晶体，分子晶体熔沸点与相对分子质量成正比，氮气相对分子质量大于氢气，所以单质的沸点： $W < X$ ，故 A 错误；
- B. 元素的非金属性越强，其简单阴离子的还原性越弱，非金属性  $W < Z$ ，所以

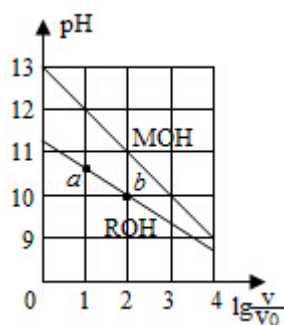
阴离子的还原性： $W > Z$ ，故 B 正确；

C. 元素的非金属性越强，其最高价氧化物的水化物酸性越强，非金属性  $P < Cl$ ，最高价氧化物的水化物酸性  $H_3PO_4 < HClO_4$ ，但氧化物的水化物的酸性不一定存在此规律，如磷酸酸性大于次氯酸，故 C 错误；

D. X、Y 分别是 N、P 元素，可能存在磷酸铵、磷酸一氢铵、磷酸二氢铵中，磷酸铵、磷酸一氢铵、磷酸二氢铵都是铵盐，属于离子化合物，故 D 错误；  
故选：B。

**【点评】** 本题考查原子结构和元素性质，为高频考点，涉及离子化合物判断、酸性强弱判断、物质熔沸点高低判断、元素周期律等知识点，正确判断元素是解本题关键，结合物质的结构性质解答，易错选项是 C。

7. (6 分) 浓度均为  $0.10\text{mol/L}$ 、体积均为  $V_0$  的 MOH 和 ROH 溶液，分别加水稀释至体积  $V$ ，pH 随  $\lg \frac{V}{V_0}$  的变化如图所示，下列叙述错误的是 ( )



A. MOH 的碱性强于 ROH 的碱性

B. ROH 的电离程度：b 点大于 a 点

C. 若两溶液无限稀释，则它们的  $c(\text{OH}^-)$  相等

D. 当  $\lg \frac{V}{V_0} = 2$  时，若两溶液同时升高温度，则  $\frac{c(\text{M}^+)}{c(\text{R}^+)}$  增大

**【考点】** D5：弱电解质在水溶液中的电离平衡。

**【分析】** A. 相同浓度的一元碱，碱的 pH 越大其碱性越强；

B. 弱电解质在水溶液中随着浓度的减小其电离程度增大；

C. 若两种溶液无限稀释，最终其溶液中  $c(\text{OH}^-)$  接近于纯水中  $c(\text{OH}^-)$ ；

D. MOH 的碱性强于 ROH 的碱性，当  $\lg \frac{V}{V_0} = 2$  时，若两溶液同时升高温度，促进弱电解质电离。

**【解答】**解：A. 相同浓度的一元碱，碱的 pH 越大其碱性越强，根据图知，未加水时，相同浓度条件下，MOH 的 pH 大于 ROH 的 pH，说明 MOH 的电离程度大于 ROH，则 MOH 的碱性强于 ROH 的碱性，故 A 正确；

B. 由图示可以看出 ROH 为弱碱，弱电解质在水溶液中随着浓度的减小其电离程度增大，b 点溶液体积大于 a 点，所以 b 点浓度小于 a 点，则 ROH 电离程度： $b > a$ ，故 B 正确；

C. 若两种溶液无限稀释，最终其溶液中  $c(\text{OH}^-)$  接近于纯水中  $c(\text{OH}^-)$ ，所以它们的  $c(\text{OH}^-)$  相等，故 C 正确；

D. 根据 A 知，碱性  $\text{MOH} > \text{ROH}$ ，当  $\lg \frac{V}{V_0} = 2$  时，由于 ROH 是弱电解质，升高温度能促进 ROH 的电离，所以  $c(\text{M}^+) / c(\text{R}^+)$  减小，故 D 错误；

故选：D。

**【点评】**本题考查弱电解质在水溶液中电离平衡，为高频考点，明确弱电解质电离特点、弱电解质电离程度与溶液浓度关系等知识点是解本题关键，易错选项是 C，注意：碱无论任何稀释都不能变为中性溶液或酸性溶液，接近中性时要考虑水的电离，为易错点。

## 二、解答题（共 3 小题，满分 43 分）

8. （14 分）草酸（乙二酸）存在于自然界的植物中，其  $K_1 = 5.4 \times 10^{-2}$ ， $K_2 = 5.4 \times 10^{-5}$ 。草酸的钠盐和钾盐易溶于水，而其钙盐难溶于水。草酸晶体（ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）无色，熔点为  $101^\circ\text{C}$ ，易溶于水，受热脱水，升华， $170^\circ\text{C}$  以上分解。

回答下列问题。

（1）甲组同学按照如图所示的装置，通过实验检验草酸晶体的分解产物。装置 C 中可观察到的现象是 有气泡冒出，澄清石灰水变浑浊，由此可知草酸晶体分解的产物中有  $\text{CO}_2$ 。装置 B 的主要作用是 冷凝（水蒸气和草酸），防止草酸进入装置 C 反应生成沉淀而干扰  $\text{CO}_2$  的检验。



(2) 乙组同学认为草酸晶体分解产物中还有  $\text{CO}$ ，为进行验证，选用甲组实验中的装置 A、B 和图 2 所示的部分装置（可以重复选用）进行实验。

①乙组同学的实验装置中，依次连接的合理顺序为 A、B、F、D、G、H、D、I，装置 H 反应管中盛有的物质是  $\text{CuO}$ 。

②能证明草酸晶体分解产物中有  $\text{CO}$  的现象是 H 中黑色粉末变为红色，其后的 D 中澄清石灰水变浑浊。

(3) 设计实验证明：草酸的酸性比碳酸的强 向盛有少量  $\text{NaHCO}_3$  的试管里滴加草酸溶液，有气泡产生就说明草酸酸性大于碳酸。

**【考点】** U2：性质实验方案的设计。

**【专题】** 546：无机实验综合。

**【分析】** (1) 草酸晶体 ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 无色，熔点为  $101^\circ\text{C}$ ，易溶于水，受热脱水、升华， $170^\circ\text{C}$  以上分解，如果草酸受热分解，分解时会产生二氧化碳而使澄清石灰水变浑浊；草酸的钠盐和钾盐易溶于水，而其钙盐难溶于水，B 装置温度较低，有冷凝作用，防止干扰实验；

(2) ①要检验生成  $\text{CO}$ ，在甲组实验后，用浓氢氧化钠除去二氧化碳，用澄清石灰水检验二氧化碳，用碱石灰干燥  $\text{CO}$ ，利用  $\text{CO}$  的还原性将  $\text{CO}$  氧化，再利用澄清石灰水检验生成的二氧化碳，用排水法收集  $\text{CO}$ ；H 装置中盛放的物质应该具有氧化性，且和  $\text{CO}$  反应有明显现象发生；

② $\text{CO}$  具有还原性，其氧化产物是二氧化碳，二氧化碳能使澄清石灰水变浑浊；

(3) 要证明草酸酸性大于碳酸，可以利用强酸制取弱酸。

**【解答】** 解：(1) 草酸晶体 ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 无色，熔点为  $101^\circ\text{C}$ ，易溶于水，受热脱水、升华， $170^\circ\text{C}$  以上分解，如果草酸受热分解，分解时会产生二氧化碳，二氧化碳和氢氧化钙反应生成难溶性的碳酸钙沉淀而使澄清石灰水变浑浊，所以 C 中观察到的现象是：有气泡冒出且澄清石灰水变浑浊，说明有二氧化碳生成；草酸的钠盐和钾盐易溶于水，而其钙盐难溶于水，草酸易挥发，

导致生成的气体中含有草酸，草酸和氢氧化钙反应生成难溶性的草酸钙而干扰二氧化碳的检验，B 装置温度较低，有冷凝作用，防止干扰二氧化碳的检验，

故答案为：有气泡冒出，澄清石灰水变浑浊； $\text{CO}_2$ ；冷凝（水蒸气和草酸），防止草酸进入装置 C 反应生成沉淀而干扰  $\text{CO}_2$  的检验；

(2) ①要检验生成  $\text{CO}$ ，在甲组实验后，用浓氢氧化钠除去二氧化碳，用澄清石灰水检验二氧化碳，用碱石灰干燥  $\text{CO}$ ，利用  $\text{CO}$  和  $\text{CuO}$  发生还原反应生成  $\text{CO}_2$ ，再利用澄清石灰水检验生成的二氧化碳，用排水法收集  $\text{CO}$  避免环境污染，所以其连接顺序是 A、B、F、D、G、H、D、I；

H 装置中盛放的物质应该具有氧化性，且和  $\text{CO}$  反应有明显现象发生， $\text{CuO}$  能被  $\text{CO}$  还原且反应过程中黑色固体变为红色，现象明显，所以 H 中盛放的物质是  $\text{CuO}$ ，

故答案为：F、D、G、H、D； $\text{CuO}$ ；

② $\text{CO}$  具有还原性，其氧化产物是二氧化碳，二氧化碳能使澄清石灰水变浑浊，且  $\text{CO}$  将黑色的  $\text{CuO}$  还原为红色的  $\text{Cu}$ ，只要 H 中黑色固体转化为红色且其后的 D 装置溶液变浑浊就说明含有  $\text{CO}$ ，

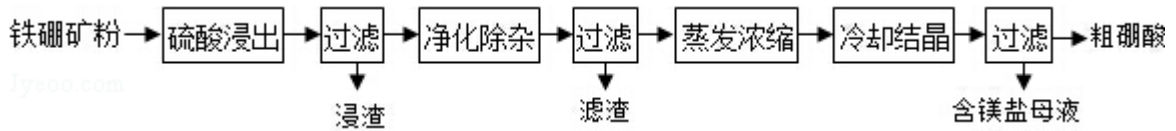
故答案为：H 中黑色粉末变为红色，其后的 D 中澄清石灰水变浑浊；

(3) 要证明草酸酸性大于碳酸，可以利用强酸制取弱酸，向盛有少量  $\text{NaHCO}_3$  的试管里滴加草酸溶液，有气泡产生就说明草酸酸性大于碳酸，

故答案为：向盛有少量  $\text{NaHCO}_3$  的试管里滴加草酸溶液，有气泡产生就说明草酸酸性大于碳酸。

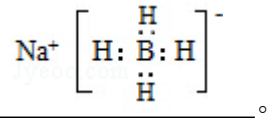
**【点评】** 本题考查性质实验方案设计，为高频考点，侧重考查学生知识综合应用、实验基本操作能力及实验方案设计能力，综合性较强，难点是排列实验先后顺序，根据实验目的及物质的性质进行排列顺序，注意要排除其它因素干扰，题目难度中等。

9. (14 分) 硼及其化合物在工业上有许多用途。以铁硼矿（主要成分为  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，还有少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$  等）为原料制备硼酸（ $\text{H}_3\text{BO}_3$ ）的工艺流程如图所示：



回答下列问题：

- (1) 写出  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$  与硫酸反应的化学方程式  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{MgSO}_4$ 。为提高浸出速率，除适当增加硫酸浓度外，还可采取的措施有 提高反应温度或减小铁硼矿粉粒径（写出两条）。
- (2) 利用  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的磁性，可将其从“浸渣”中分离。“浸渣”中还剩余的物质是  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaSO}_4$ （化学式）。
- (3) “净化除杂”需先加  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液，作用是 将亚铁离子氧化为铁离子。然后在调节溶液的 pH 约为 5，目的是 使铁离子、铝离子形成氢氧化物沉淀而除去。
- (4) “粗硼酸”中的主要杂质是 七水硫酸镁（填名称）。
- (5) 以硼酸为原料可制得硼氢化钠 ( $\text{NaBH}_4$ )，它是有机合成中的重要还原剂，



- (6) 单质硼可用于生成具有优良抗冲击性能硼钢。以硼酸和金属镁为原料可制备单质硼，用化学方程式表示制备过程  $2\text{H}_3\text{BO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\Delta} 2\text{B} + 3\text{MgO}$ 。

**【考点】** 1B：真题集萃；P8：物质分离和提纯的方法和基本操作综合应用。

**【分析】** 以铁硼矿（主要成分为  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，还有少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$  等）为原料制备硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )，由流程可知，加硫酸溶解  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{SiO}_2$  不溶， $\text{CaO}$  转化为微溶于水的  $\text{CaSO}_4$ ，“净化除杂”需先加  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液，将亚铁离子转化为铁离子，调节溶液的 pH 约为 5，使铁离子、铝离子均转化为沉淀，则滤渣为氢氧化铝、氢氧化铁，然后蒸发浓缩、冷却结晶、过滤分离出  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ，以此来解答。

**【解答】** 解：以铁硼矿（主要成分为  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，还有少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$  等）为原料制备硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )，由流程可知，加硫酸溶解只有  $\text{SiO}_2$  不溶， $\text{CaO}$  转化为微溶于水的  $\text{CaSO}_4$ ，“净化除杂”需先加

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液，将亚铁离子转化为铁离子，调节溶液的 pH 约为 5，使铁离子、铝离子均转化为沉淀，则滤渣为氢氧化铝、氢氧化铁，然后蒸发浓缩、冷却结晶、过滤分离出 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>，

(1) Mg<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·H<sub>2</sub>O 与硫酸反应的化学方程式 
$$\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{MgSO}_4$$
，为提高浸出速率，除适当增加硫酸浓度外，还可采取的措施有提高反应温度或减小铁硼矿粉粒径等，故答案为：
$$\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{MgSO}_4$$
；提高反应温度或减小铁硼矿粉粒径；

(2) 利用 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的磁性，可将其从“浸渣”中分离。“浸渣”中还剩余的物质是 SiO<sub>2</sub>、CaSO<sub>4</sub>，故答案为：Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>；SiO<sub>2</sub>、CaSO<sub>4</sub>；

(3) “净化除杂”需先加 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液，作用是将亚铁离子氧化为铁离子。然后在调节溶液的 pH 约为 5，目的是使铁离子、铝离子形成氢氧化物沉淀而除去，故答案为：将亚铁离子氧化为铁离子；使铁离子、铝离子形成氢氧化物沉淀而除去；

(4) 最后浓缩结晶时硫酸镁易结合水以晶体析出，则“粗硼酸”中的主要杂质是七水硫酸镁，故答案为：七水硫酸镁；

(5) NaBH<sub>4</sub> 为离子化合物，含离子键、共价键，其电子式为 
$$\text{Na}^+ \left[ \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} : \text{B} : \text{H} \\ \text{H} \end{array} \right]^-$$
，

故答案为：
$$\text{Na}^+ \left[ \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} : \text{B} : \text{H} \\ \text{H} \end{array} \right]^-$$
；

(6) 以硼酸和金属镁为原料可制备单质硼的化学方程式为 
$$2\text{H}_3\text{BO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
、
$$\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\Delta} 2\text{B} + 3\text{MgO}$$
，故答案为：
$$2\text{H}_3\text{BO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
、
$$\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\Delta} 2\text{B} + 3\text{MgO}$$
。

**【点评】** 本题考查混合物分离提纯的综合应用，为高频考点，为 2015 年高考真题，把握实验流程及发生的反应、混合物分离提纯方法为解答的关键，侧重分析与实验能力的综合考查，题目难度中等。

10. (15 分) 碘及其化合物在合成杀菌剂、药物等方面具有广泛用途。回答下列问题：

(1) 大量的碘富集在海藻中，用水浸取后浓缩，再向浓缩液中加  $\text{MnO}_2$  和  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，即可得到  $\text{I}_2$ ，该反应的还原产物为  $\text{MnSO}_4$ ；

(2) 上述浓缩液中含有  $\text{I}^-$ 、 $\text{Cl}^-$  等离子，取一定量的浓缩液，向其中滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液，当  $\text{AgCl}$  开始沉淀时，溶液中  $\frac{c(\text{I}^-)}{c(\text{Cl}^-)}$  为： $4.7 \times 10^{-7}$ ，已知  $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ ， $K_{\text{sp}}(\text{AgI}) = 8.5 \times 10^{-17}$ 。

(3) 已知反应  $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  的  $\Delta H = +11 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $1 \text{ mol H}_2(\text{g})$ 、 $1 \text{ mol I}_2(\text{g})$  分子中化学键断裂时分别需要吸收  $436 \text{ kJ}$ 、 $151 \text{ kJ}$  的能量，则  $1 \text{ mol HI}(\text{g})$  分子中化学键断裂时需吸收的能量为 299  $\text{kJ}$ 。

(4) Bodensteins 研究了下列反应： $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ ，在  $716 \text{ K}$  时，气体混合物中碘化氢的物质的量分数  $x(\text{HI})$  与反应时间  $t$  的关系如表：

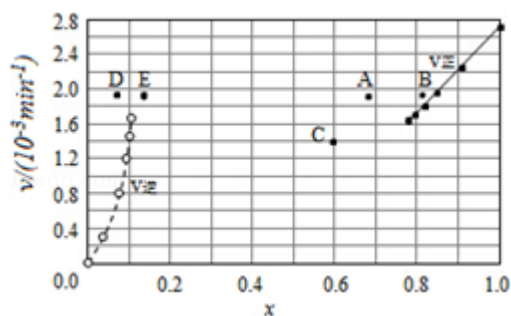
t/min	0	20	40	60	80	120
X (HI)	1	0.91	0.85	0.815	0.795	0.784
X (H <sub>2</sub> )	0	0.045	0.0725	0.0925	0.1025	0.108
X (I <sub>2</sub> )	0	0.0225	0.03625	0.04625	0.05125	0.054

①根据上述实验结果，该反应的平衡常数  $K$  的计算式为： $\frac{0.108 \times 0.108}{0.784^2}$ ；

②上述反应中，正反应速率为  $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} x^2(\text{HI})$ ，逆反应速率为  $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} x(\text{H}_2) x(\text{I}_2)$ ，其中  $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$  为速率常数，则  $k_{\text{逆}}$  为  $\frac{k_{\text{正}}}{K}$ （以  $K$  和  $k_{\text{正}}$  表示）。若

$k_{\text{正}} = 0.0027 \text{ min}^{-1}$ ，在  $t = 40 \text{ min}$  时， $v_{\text{正}} = \underline{1.95 \times 10^{-3}} \text{ min}^{-1}$ 。

③由上述实验数据计算得到  $v_{\text{正}} \sim x(\text{HI})$  和  $v_{\text{逆}} \sim x(\text{H}_2)$  的关系可用如图表示。当升高到某一温度时，反应重新达到平衡，相应的点分别为 A、E（填字母）。



【考点】BB：反应热和焓变；CB：化学平衡的影响因素；CP：化学平衡的计

算.

**【专题】** 51E: 化学平衡专题.

**【分析】** (1) 海藻中的碘元素以碘化物形式存在, 反应中 I 元素发生氧化反应, Mn 元素被还原, 还原产物应为硫酸锰;

(2) 当 AgCl 开始沉淀时, 说明溶液中的  $c(I^-)$  和  $c(Cl^-)$  均已达到饱和状态,

因此可以根据溶度积表达式进行计算, 溶液中  $\frac{c(I^-) - K_{sp}(AgI)}{c(Cl^-) K_{sp}(AgCl)}$ ;

(3) 正反应为吸热反应, 化学键断裂时需吸收的能量 - 化学键生成时需放出的能量 = 反应吸收的热量;

(4) ①表中第一列, 由 HI 分解建立平衡, 表中第二列向逆反应进行建立平衡, 由第一列数据可知, 平衡时 HI 物质的量分数为 0.784, 则氢气、碘蒸汽总物质的量分数为  $1 - 0.784 = 0.216$ , 而氢气、与碘蒸汽物质的量分数相等均为 0.108, 反应前后气体体积不变, 用物质的量分数代替浓度代入平衡常数表达式

式  $K = \frac{c(H_2) \times c(I_2)}{c^2(HI)}$  计算;

②到达平衡时, 正、逆反应速率相等, 结合平衡常数表达式, 可知  $k_{逆}$  的表达式在  $t = 40\text{min}$  时,  $x(HI) = 0.85$ , 代入正反应速率表达式  $v_{正} = k_{正} x^2(HI)$  计算;

③升高温度, 正、逆反应速率均加快, 正反应为吸热反应, 升高温度, 平衡向吸热反应方向移动, 正反应建立平衡, 平衡时 HI 的物质的量分数减小, 逆反应建立平衡, 平衡时  $H_2$  的物质的量分数增大。

**【解答】** 解: (1) 海藻中的碘元素以碘化物形式存在, 反应中 I 元素发生氧化反应, Mn 元素被还原, 还原产物应为硫酸锰, 故答案为:  $MnSO_4$ ;

(2) 当 AgCl 开始沉淀时, 说明溶液中的  $c(I^-)$  和  $c(Cl^-)$  均已达到饱和状态,

因此可以根据溶度积表达式进行计算, 溶液中  $\frac{c(I^-) - K_{sp}(AgI)}{c(Cl^-) K_{sp}(AgCl)}$

$$\frac{8.5 \times 10^{-17}}{1.8 \times 10^{-10}} = 4.7 \times 10^{-7},$$

故答案为:  $4.7 \times 10^{-7}$ ;

(3) 设  $1\text{mol HI}(g)$  分子中化学键断裂时需吸收的能量为  $x \text{ kJ}$ , 则:  $2x$

$\text{kJ} - 436\text{kJ} - 151\text{kJ} = 11\text{kJ}$ , 解得  $x=299$ ,

故答案为: 299;

(4) ①表中第一列, 由 HI 分解建立平衡, 表中第二列向逆反应进行建立平衡, 由第一列数据可知, 平衡时 HI 物质的量分数为 0.784, 则氢气、碘蒸汽总物质的量分数为  $1 - 0.784 = 0.216$ , 而氢气、与碘蒸汽物质的量分数相等均为 0.108, 反应前后气体体积不变, 用物质的量分数代替浓度计算平衡常数, 则

$$\text{平衡常数 } K = \frac{c(\text{H}_2) \times c(\text{I}_2)}{c^2(\text{HI})} = \frac{0.108 \times 0.108}{0.784^2},$$

故答案为:  $\frac{0.108 \times 0.108}{0.784^2}$ ;

②到达平衡时, 正、逆反应速率相等, 则  $k_{\text{正}} x^2(\text{HI}) = k_{\text{逆}} x(\text{H}_2) x(\text{I}_2)$ , 则  $k_{\text{逆}} = k_{\text{正}} \times \frac{x^2(\text{HI})}{x(\text{H}_2) x(\text{I}_2)} = \frac{k_{\text{正}}}{K}$ ,

$$k_{\text{逆}} = k_{\text{正}} \times \frac{x^2(\text{HI})}{x(\text{H}_2) x(\text{I}_2)} = \frac{k_{\text{正}}}{K},$$

在  $t=40\text{min}$  时, 正反应建立平衡的  $x(\text{HI})=0.85$ , 则  $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} x^2(\text{HI}) = 0.0027\text{min}^{-1} \times 0.85^2 = 1.95 \times 10^{-3}\text{min}^{-1}$ ,

故答案为:  $\frac{k_{\text{正}}}{K}$ ;  $1.95 \times 10^{-3}$ ;

③对于  $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  反应建立平衡时:

升高温度, 正、逆反应速率均加快, 因此排除 C 点, 正反应为吸热反应, 升高温度, 平衡向吸热反应方向移动, 因此平衡正向移动, 再次平衡时 HI 的物质的量分数减小, 因此排除 B 点, 故选 A 点;

对于  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  反应建立平衡时:

升高温度, 正、逆反应速率均加快, 升高温度, 平衡向吸热反应方向移动, 因此平衡逆向移动, 再次平衡时  $\text{H}_2$  的物质的量分数增大, 故选 E 点;

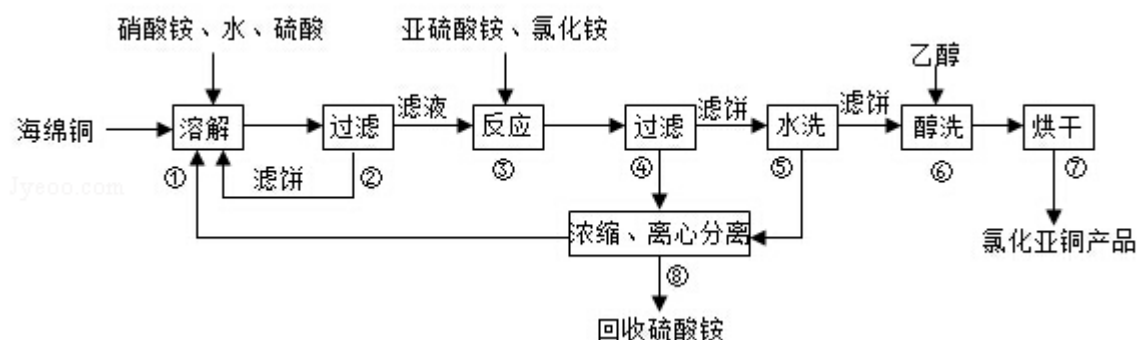
因此反应重新达到平衡,  $v_{\text{正}} \sim x(\text{HI})$  对应的点为 A,  $v_{\text{逆}} \sim x(\text{H}_2)$  对应的点为 E,

故答案为: A、E。

**【点评】**本题比较综合, 涉及考查氧化还原反应、反应热计算、化学平衡常数计算、化学反应速率计算及影响因素、平衡移动等, 属于拼合型题目, (4) 为易错点, 侧重考查学生自学能力、分析解决问题的能力, 注意表中数据为不同方向建立的平衡, 题目中没有明确, 增大题目难度。

[化学--选修 2：化学与技术]

11. (15 分) 氯化亚铜 (CuCl) 广泛应用于化工、印染、电镀等行业。CuCl 难溶于醇和水, 可溶于氯离子浓度较大的体系, 在潮湿空气中易水解氧化。以海绵铜 (主要成分是 Cu 和少量 CuO) 为原料, 采用硝酸铵氧化分解技术生产 CuCl 的工艺流程如下:



回答下列问题:

- (1) 步骤①中得到的氧化产物是 CuSO<sub>4</sub> 或 Cu<sup>2+</sup>, 溶解温度应控制在 60 - 70°C, 原因是 温度低溶解速度慢, 温度过高铵盐分解。
- (2) 写出步骤③中主要反应的离子方程式 2Cu<sup>2+</sup>+SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+2Cl<sup>-</sup>+H<sub>2</sub>O=2CuCl↓+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+2H<sup>+</sup>。
- (3) 步骤⑤包括用 pH=2 的酸洗、水洗两步操作, 酸洗采用的酸是 硫酸 (写名称)。
- (4) 上述工艺中, 步骤⑥不能省略, 理由是 醇洗有利于加快去除 CuCl 表面水分防止其水解氧化。
- (5) 步骤②、④、⑤、⑧都要进行固液分离。工业上常用的固液分离设备有 BD (填字母)

A、分馏塔 B、离心机 C、反应釜 D、框式压滤机

- (6) 准确称取所制备的氯化亚铜样品 mg, 将其置于过量的 FeCl<sub>3</sub> 溶液中, 待样品完全溶解后, 加入适量稀硫酸, 用 amol/L<sup>-1</sup> 的 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 溶液滴定到终点, 消耗 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 溶液 bmL, 反应中 Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> 被还原为 Cr<sup>3+</sup>, 样品中 CuCl 的质量分数为  $\frac{0.597ab}{m} \times 100\%$ 。

【考点】1B: 真题集萃; P8: 物质分离和提纯的方法和基本操作综合应用; U3:

制备实验方案的设计.

【专题】24: 实验设计题.

【分析】酸性条件下硝酸根离子具有氧化性，可氧化海绵铜（主要成分是 Cu 和少量 CuO）生成硫酸铜，过滤后在滤液中加入亚硫酸铵发生氧化还原反应生成 CuCl，发生  $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ，得到的 CuCl 经硫酸酸洗，水洗后再用乙醇洗涤，可快速除去固体表面的水分，防止水解、氧化，步骤②、④、⑤、⑧都要进行固液分离，根据混合的水溶性进行分离，没有发生化学变化，可用离心机以及框式压滤机，以得到滤饼，氯化亚铜与氯化铁发生  $\text{Fe}^{3+} + \text{CuCl} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^-$ ，加入  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液，发生  $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ ，结合关系式解答该题。

【解答】解：酸性条件下硝酸根离子具有氧化性，可氧化海绵铜（主要成分是 Cu 和少量 CuO）生成硫酸铜，过滤后在滤液中加入亚硫酸铵发生氧化还原反应生成 CuCl，发生  $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl} \downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ，得到的 CuCl 经硫酸酸洗，水洗后再用乙醇洗涤，烘干得到氯化亚铜。

(1) 由于酸性条件下硝酸根离子具有氧化性，可氧化 Cu 生成  $\text{CuSO}_4$  或  $\text{Cu}^{2+}$ ，溶解温度应控制在 60 - 70°C，原因是温度低溶解速度慢，温度过高铵盐分解，故答案为： $\text{CuSO}_4$  或  $\text{Cu}^{2+}$ ；温度低溶解速度慢，温度过高铵盐分解；

(2) 铜离子与亚硫酸铵发生氧化还原反应生成 CuCl，发生  $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl} \downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ，故答案为： $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl} \downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ；

(3) 由流程可知，经酸洗、水洗后得到硫酸铵，则应加入硫酸，为防止 CuCl 溶解，不能加入硝酸等氧化性酸，也不能加入盐酸，防止引入新杂质，故答案为：硫酸；

(4) 步骤⑥为醇洗，因乙醇沸点低，易挥发，则用乙醇洗涤，可快速除去固体表面的水分，防止水解、氧化，故答案为：醇洗有利于加快去除 CuCl 表面水分防止其水解氧化；

(5) 步骤②、④、⑤、⑧都要进行固液分离，根据混合的水溶性进行分离，没有发生化学变化，可用离心机以及框式压滤机，以得到滤饼，故答案为：BD；

(6) 氯化亚铜与氯化铁发生  $\text{Fe}^{3+} + \text{CuCl} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^-$ ，加入  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液，发生  $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ ，

反应的关系式为  $6\text{CuCl} \sim 6\text{Fe}^{2+} \sim \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，

$$\begin{array}{ccc} 6 & & 1 \\ & & \text{ab} \times 10^{-3} \text{mol} \\ n & & \end{array}$$

$$n = 6\text{ab} \times 10^{-3} \text{mol},$$

$$m(\text{CuCl}) = 99.5 \text{g/mol} \times 6\text{ab} \times 10^{-3} \text{mol} = 0.597\text{abg},$$

则样品中  $\text{CuCl}$  的质量分数为  $\frac{0.597\text{ab}}{m} \times 100\%$ ，

故答案为： $\frac{0.597\text{ab}}{m} \times 100\%$ 。

**【点评】** 本题为 2015 年高考题，题目考查学生阅读获取信息的能力、常用化学用语、氧化还原滴定的应用等，侧重于学生的分析能力、实验能力和计算能力的考查，注意把握物质的性质以及反应流程，难度中等，注意 (6) 中利用关系式的计算。

### [化学--选修 3：物质结构与性质]

12. 碳及其化合物广泛存在于自然界中，回答下列问题：

(1) 处于一定空间运动状态的电子在原子核外出现的概率密度分布可用 电子云 形象化描述。在基态  $^{14}\text{C}$  原子中，核外存在 2 对自旋相反的电子。

(2) 碳在形成化合物时，其键型以共价键为主，原因是 C 有 4 个价电子且半径较小，难以通过得或失电子达到稳定结构。

(3)  $\text{CS}_2$  分子中，共价键的类型有  $\sigma$  键和  $\pi$  键，C 原子的杂化轨道类型是  $\text{sp}$ ，写出两个与  $\text{CS}_2$  具有相同空间构型和键合形式的分子或离子  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SCN}^-$  或  $\text{COS}$  等。

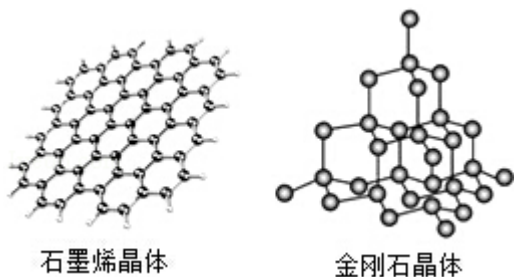
(4)  $\text{CO}$  能与金属  $\text{Fe}$  形成  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ，该化合物熔点为 253K，沸点为 376K，其固体属于 分子 晶体。

(5) 碳有多种同素异形体，其中石墨烯与金刚石的晶体结构如图所示：

①在石墨烯晶体中，每个 C 原子连接 3 个六元环，每个六元环占有 2 个 C 原子。

②在金刚石晶体中，C 原子所连接的最小环也为六元环，每个 C 原子连接 12

个六元环，六元环中最多有 4 个 C 原子在同一平面。



**【考点】** 8H：物质的结构与性质之间的关系；9S：原子轨道杂化方式及杂化类型判断。

**【专题】** 51C：元素周期律与元素周期表专题。

**【分析】** (1) 处于一定空间运动状态的电子在原子核外出现的概率密度分布可用电子云形象化描述；根据同一轨道的 2 两个电子自选方向相反判断；

(2) 共价键为原子之间以共用电子对成键，碳的非金属性较弱，但半径较小，反应中难以失去或得到电子；

(3)  $\text{CS}_2$  分子的结构式为  $\text{S}=\text{C}=\text{S}$ ，含有  $\sigma$  键和  $\pi$  键；结合  $\sigma$  键和孤对电子数判断价层电子对数，以此判断杂化类型；与  $\text{CS}_2$  具有相同空间构型和键合形式的分子或离子为等电子体，应含有 3 个原子，价电子数为 16；

(4) 熔点为 253K，沸点为 376K，具有分子晶体的性质；

(5) ①石墨晶体中最小的环为六元环，每个碳原子连接 3 个 C - C 化学键，每个 C - C 化学键被 2 个碳原子共用；

②在金刚石的晶体结构中每个碳原子与周围的 4 个碳原子形成四个碳碳单键，这 5 个碳原子形成的是正四面体结构，键角为  $109^\circ28'$ ，最小的环为 6 元环。

**【解答】** 解：(1) 处于一定空间运动状态的电子在原子核外出现的概率密度分布可用电子云形象化描述，离核近的区域电子云密度较大，离核远的区域电子云密度较小，C 原子核外电子排布为  $1s^22s^22p^2$ ，轨道式为如图所示：



则在基态  $^{14}\text{C}$  原子中，核外存在 2 对自旋相反的电子，故答案为：电子云；2；

(2) 共价键为原子之间以共用电子对成键，碳原子核外有 4 个电子，且元素的非金属性较弱，但半径较小，反应中难以失去或得到电子，

故答案为：C 有 4 个价电子且半径较小，难以通过得或失电子达到稳定结构；

(3) CS<sub>2</sub> 分子的结构式为 S=C=S, 含有 σ 键和 π 键,

CS<sub>2</sub> 分子中 C 原子形成 2 个 σ 键, 孤对电子数为  $\frac{4-2 \times 2}{2}=0$ , 则为 sp 杂化,

与 CS<sub>2</sub> 具有相同空间构型和键合形式的分子或离子为等电子体, 应含有 3 个原子,

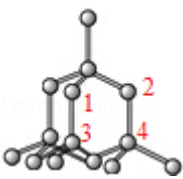
价电子数为 16, 常见有 CO<sub>2</sub>、SCN<sup>-</sup> 或 COS 等,

故答案为: σ 键和 π 键; sp; CO<sub>2</sub>、SCN<sup>-</sup> 或 COS 等;

(4) Fe(CO)<sub>5</sub> 熔点为 253K, 沸点为 376K, 具有分子晶体的性质, 则固体应为分子晶体, 故答案为: 分子;

(5) ①石墨晶体中最小的环为六元环, 每个碳原子连接 3 个 C-C 化学键, 则每个 C 原子连接 3 个六元环, 每个六元环占有的 C 原子数为  $6 \times \frac{1}{3}=2$ , 故答案为: 3; 2;

②在金刚石的晶体结构中每个碳原子与周围的 4 个碳原子形成四个碳碳单键, 最小的环为 6 元环, 每个单键为 3 个环共有, 则每个 C 原子连接  $4 \times 3=12$  个六

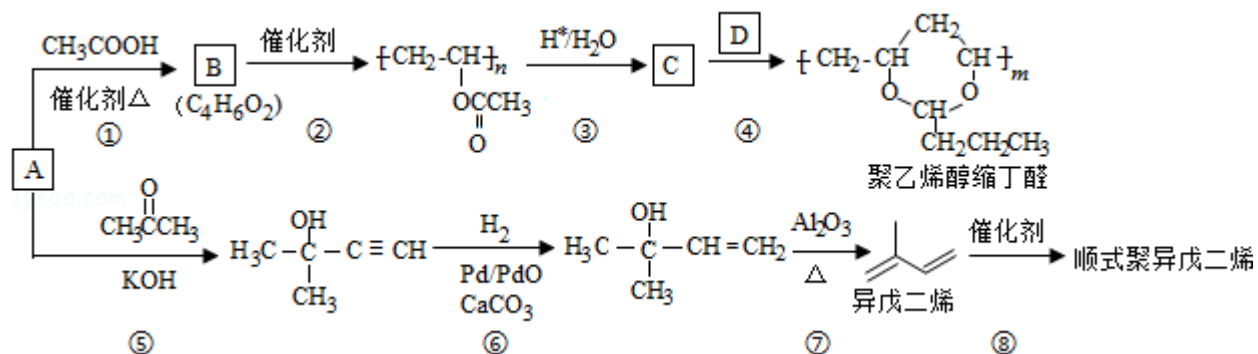


元环, 晶胞中共平面的原子如图, 共 4 个, 故答案为: 12; 4。

**【点评】** 本题为 2015 年考题, 考查物质结构和性质, 侧重考查学生空间想象能力、知识运用能力, 涉及晶胞计算、原子结构等知识点, 综合性较强, 采用均摊法、价层电子对互斥理论等理论分析解答, 题目难度中等。

### [化学--选修 5: 有机化学基础]

13. A (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) 是基本有机化工原料。由 A 制备聚乙烯醇缩丁醛和顺式聚异戊二烯的合成路线 (部分反应条件略去) 如图所示:



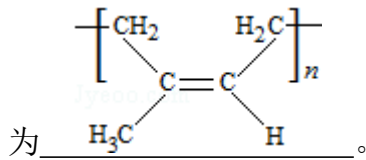
回答下列问题：

(1) A 的名称是 乙炔，B 含有的官能团是 碳碳双键和酯基。

(2) ① 的反应类型是 加成反应，⑦ 的反应类型是 消去反应。

(3) C 和 D 的结构简式分别为  $\text{[CH}_2\text{-CH(OH)]}_n$ 、CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHO。

(4) 异戊二烯分子中最多有 11 个原子共平面，顺式聚异戊二烯的结构简式

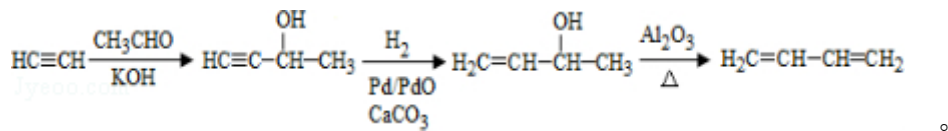


(5) 写出与 A 具有相同官能团的异戊二烯的所有同分异构体（写结构简式）

CH<sub>3</sub>CH(CH<sub>3</sub>)-C≡CH、CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C≡CH、CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C≡CCH<sub>3</sub>。

(6) 参照异戊二烯的上述合成路线，设计一条由 A 和乙醛为起始原料制备 1，

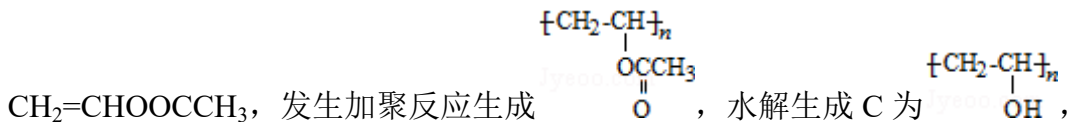
3-丁二烯的合成路线



**【考点】** HC：有机物的合成。

**【专题】** 534：有机物的化学性质及推断。

**【分析】** 由分子式可知 A 为 HC≡CH，结合乙炔（C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>）和乙酸（C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>）的分子式发现 B（C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>）为 A 与乙酸发生加成反应所得，生成 B 为



由聚乙烯醇缩丁醛可知 D 为 CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHO，HC≡CH 与丙酮在 KOH 条件

下发生加成反应生成  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}\equiv\text{CH}$ ，与氢气发生加成反应生成

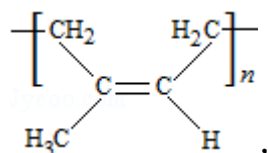
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ，在氧化铝的作用下发生消去反应生成异戊二烯，异戊二烯

在催化作用下发生加聚反应生成  $\text{[CH}_2\text{-C(H)=C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n$ ，以此解答该题。

**【解答】** 解：由分子式可知 A 为 HC≡CH，与乙酸发生加成反应生成 B 为

CH<sub>2</sub>=CHOOCCH<sub>3</sub>, 发生加聚反应生成  $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{OCCH}_3}{\text{CH}} \right]_n$ , 水解生成 C 为  $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$ , 由聚乙烯醇缩丁醛可知 D 为 CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHO, HC≡CH 与丙酮在 KOH 条件

下反应生成  $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{OH}}{\text{C}}} - \text{C} \equiv \text{CH}$ , 与氢气发生加成反应生成  $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{OH}}{\text{C}}} - \text{CH} = \text{CH}_2$ , 在氧化铝的作用下生成异戊二烯, 异戊二烯在催化作用下发生加聚反应生成



(1) 由以上分析可知 A 为乙炔, B 为 CH<sub>2</sub>=CHOOCCH<sub>3</sub>, 含有的官能团为碳碳双键和酯基, 故答案为: 乙炔; 碳碳双键和酯基;

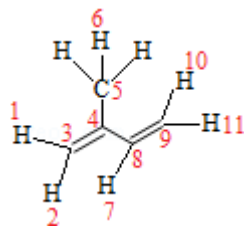
(2) A 为 HC≡CH, 与乙酸发生加成反应生成 B 为 CH<sub>2</sub>=CHOOCCH<sub>3</sub>,

$\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{OH}}{\text{C}}} - \text{CH} = \text{CH}_2$  在氧化铝的作用下发生消去反应生成异戊二烯,

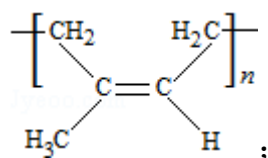
故答案为: 加成反应; 消去反应;

(3) C 为  $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$ , D 为 CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHO, 故答案为:  $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$ ; CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHO;

(4) 异戊二烯结构简式为 CH<sub>2</sub>=C(CH<sub>3</sub>)-CH=CH<sub>2</sub>, 分子中含有 2 个 C=C 键, 与 C=C 键直接相连的原子在同一个平面上, 甲基有 1 个 H 原子与 C=C 键也可能在同一个平面上, 则共有 11 个原子共平面, 如图所示:



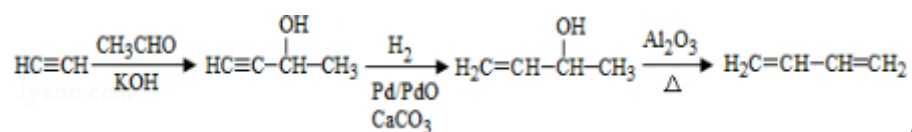
顺式聚异戊二烯的结构简式为  $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{H}_3\text{C}}{\text{C}} = \underset{\text{H}}{\text{C}} - \text{CH}_2 \right]_n$ , 故答案为: 11;



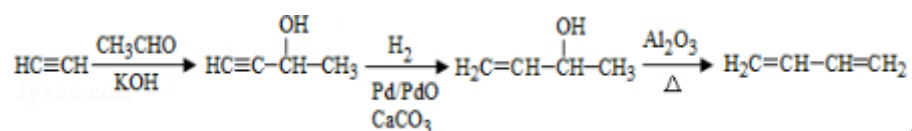
(5) 与 A 具有相同官能团的异戊二烯的所有同分异构体应含有 C≡C 键，可能的结构简式有 CH<sub>3</sub>CH(CH<sub>3</sub>) - C≡CH、CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C≡CH、CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C≡CCH<sub>3</sub> 等，

故答案为：CH<sub>3</sub>CH(CH<sub>3</sub>) - C≡CH、CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C≡CH、CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C≡CCH<sub>3</sub>；

(6) 乙炔与乙醛发生加成反应生成 HC≡CCHOHCH<sub>3</sub>，然后与氢气发生加成反应生成 H<sub>2</sub>C=CHCHOHCH<sub>3</sub>，在氧化铝作用下加热发生消去反应生成 CH<sub>2</sub>=CHCH=CH<sub>2</sub>，该题最好的方法是使用逆推法，合成路线为



，故答案为：



**【点评】** 本题为 2015 年高考题，题目侧重烯烃、炔烃的性质的考查，有助于培养学生良好的分析能力和自学能力，难度适中，注意把握题给信息，易错点为结构的判断和同分异构体的书写。