

2017 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：本题共 7 个小题，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）下列生活用品中主要由合成纤维制造的是（ ）

- A. 尼龙绳 B. 宣纸 C. 羊绒衫 D. 棉衬衣

【考点】L3：常用合成高分子材料的化学成分及其性能。

【专题】538：有机化合物的获得与应用。

【分析】宣纸、棉衬衣的主要成分为纤维素，羊绒衫的主要成分为蛋白质，只有尼龙绳主要成分为聚酯类合成纤维，据此进行解答。

【解答】解：A. 尼龙绳的主要成分是聚酯类合成纤维，满足条件，故 A 正确；
B. 宣纸的主要成分为天然纤维素，不属于合成纤维，故 B 错误；
C. 羊绒衫的主要成分是蛋白质，不属于合成纤维，故 C 错误；
D. 棉衬衣的主要成分为天然纤维素，不是合成纤维，故 D 错误；
故选：A。

【点评】本题考查常见高分子材料的分类及应用，题目难度不大，明确常见有机物组成、性质及分类为解答关键，注意掌握合成纤维与纤维素、蛋白质等区别。

2. （6 分）《本草衍义》中对精制砒霜过程有如下叙述：“取砒就置火上，以器覆之，令砒烟上飞着覆器，遂凝结累然下垂如乳，尖长者为胜，平短者次之。”文中涉及的操作方法是（ ）

- A. 蒸馏 B. 升华 C. 干馏 D. 萃取

【考点】P9：物质的分离、提纯的基本方法选择与应用。




【专题】545：物质的分离提纯和鉴别。

【分析】“取砒之法，将生砒就置火上，以器覆之，令砒烟上飞着覆器，遂凝结累然下垂如乳”，涉及用到加热的方法，将被提纯物质气化、冷凝的过程，以此解答该题。

【解答】解：“取砒之法，将生砒就置火上，以器覆之，令砒烟上飞着覆器，遂凝结累然下垂如乳”，涉及用到加热的方法，将被提纯物质气化、冷凝为固体的过程，为升华操作，没有隔绝空气强热，不是干馏，萃取无需加热。

故选：B。

【点评】本题考查物质的分离、提纯，为高频考点，侧重考查学生的分析能力和实验能力，有利于培养学生良好的科学素养，注意把握题给信息以及常见分离方法，难度不大。

3. (6分) 已知 (b) 、(d) 、(p)  的分子式均为 C_6H_6 ，

下列说法正确的是 ()

- A. b 的同分异构体只有 d 和 p 两种
- B. 它们的二氯代物均只有三种
- C. 它们均可与酸性高锰酸钾溶液反应
- D. 只有 b 的所有原子处于同一平面

【考点】H6：有机化合物的异构现象。

【专题】532：同分异构体的类型及其判定。

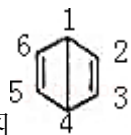
【分析】A. b 为苯，对应的同分异构体可为环状烃，也可为链状烃；

B. d 对应的二氯代物大于 3 种；

C. b、p 与高锰酸钾不反应；

D. d、p 都含有饱和碳原子，具有甲烷的结构特点。

【解答】解：A. b 为苯，对应的同分异构体可为环状烃，也可为链状烃，如 $HC \equiv C - CH=CH - CH=CH_2$ ，则同分异构体不仅仅 d 和 p 两种，故 A 错误；

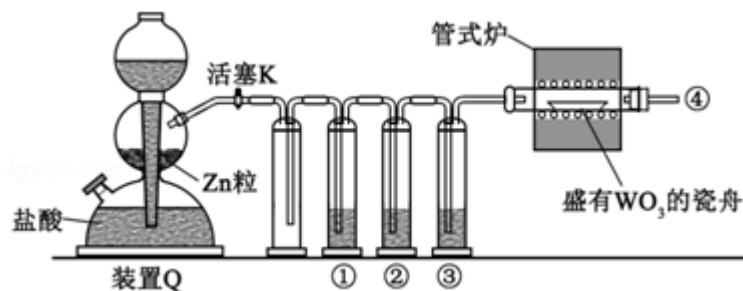


- B. d 编号如图，对应的二氯代物中，两个氯原子可分别位于 1、2，1、3，1、4，2、3，2、5，3、6 等位置，故 B 错误；
- C. p 为饱和烃，与高锰酸钾不反应，且 b 也不反应，故 C 错误；
- D. d、p 都含有饱和碳原子，具有甲烷的结构特点，则 d、p 所有原子不可能处于同一平面，只有 b 为平面形结构，故 D 正确。

故选：D。

【点评】 本题考查有机物的结构和性质，为高频考点，侧重考查学生的分析能力，注意把握有机物同分异构体的判断以及空间构型的判断，题目难度中等。

4. (6 分) 实验室用 H_2 还原 WO_3 制备金属 W 的装置如图所示 (Zn 粒中往往含有硫等杂质，焦性没食子酸溶液用于吸收少量氧气)，下列说法正确的是 ()



- A. ①、②、③中依次盛装 $KMnO_4$ 溶液、浓 H_2SO_4 、焦性没食子酸溶液
- B. 管式炉加热前，用试管在④处收集气体并点燃，通过声音判断气体浓度
- C. 结束反应时，先关闭活塞 K，再停止加热
- D. 装置 Q (启普发生器) 也可用于二氧化锰与浓盐酸反应制备氯气

【考点】 U3：制备实验方案的设计。

【专题】 546：无机实验综合。

【分析】 H_2 还原 WO_3 制备金属 W，装置 Q 用于制备氢气，因盐酸易挥发，则 ①、②、③ 应分别用于除去 HCl 、 H_2S 、氧气和水，得到干燥的氢气与 WO_3

在加热条件下制备 W，实验结束后应先停止加热再停止通入氢气，以避免 W 被重新氧化，以此解答该题。

【解答】解：A. 气体从焦性没食子酸溶液中逸出，得到的氢气混有水蒸气，应最后通过浓硫酸干燥，故 A 错误；

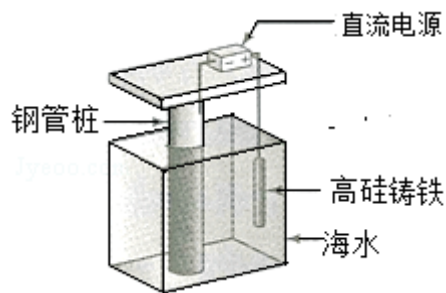
B. 点燃酒精灯进行加热前，应检验氢气的纯度，以避免不纯的氢气发生爆炸，可点燃气体的声音判断气体浓度，声音越尖锐，氢气的纯度越低，故 B 正确；

C. 实验结束后应先停止加热再停止通入氢气，使 W 处在氢气的氛围中冷却，以避免 W 被重新氧化，故 C 错误；

D. 二氧化锰与浓盐酸需在加热条件下反应，而启普发生器不能加热，故 D 错误。
故选：B。

【点评】涉及物质的制备实验的设计，侧重考查学生的分析能力和实验能力，注意把握实验的原理以及操作的注意事项，难度不大。

5. (6分) 支撑海港码头基础的防腐技术，常用外加电流的阴极保护法进行防腐，工作原理如图所示，其中高硅铸铁为惰性辅助阳极。下列有关表述不正确的是 ()



- A. 通入保护电流使钢管桩表面腐蚀电流接近于零
- B. 通电后外电路电子被强制从高硅铸铁流向钢管桩
- C. 高硅铸铁的作用是作为损耗阳极材料和传递电流
- D. 通入的保护电流应该根据环境条件变化进行调整

【考点】BK：金属的电化学腐蚀与防护。

【专题】51I：电化学专题。

【分析】外加电流阴极保护是通过外加直流电源以及辅助阳极，被保护金属与电

源的负极相连作为阴极，电子从电源负极流出，给被保护的金属补充大量的电子，使被保护金属整体处于电子过剩的状态，让被保护金属结构电位低于周围环境，从而使得金属腐蚀发生的电子迁移得到抑制，避免或减弱腐蚀的发生，阳极若是惰性电极，则是电解质溶液中的离子在阳极失电子，据此解答。

【解答】解：A. 被保护的钢管桩应作为阴极，从而使得金属腐蚀发生的电子迁移得到抑制，使钢管桩表面腐蚀电流接近于零，避免或减弱电化学腐蚀的发生，故 A 正确；

B. 通电后，惰性高硅铸铁作阳极，海水中的氯离子等在阳极失电子发生氧化反应，电子经导线流向电源正极，再从电源负极流出经导线流向钢管桩，故 B 正确；

C. 高硅铸铁为惰性辅助阳极，所以高硅铸铁不损耗，故 C 错误；

D. 在保护过程中要使被保护金属结构电位低于周围环境，则通入的保护电流应该根据环境条件变化进行调整，故 D 正确；

故选：C。

【点评】本题考查金属的电化学腐蚀与防护，明确外加电流阴极保护法的工作原理是解答本题的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意化学与生活的联系，题目难度不大。

6. (6分)短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大，W 的简单氢化物可用作制冷剂，Y 的原子半径是所有短周期主族元素中最大的。由 X、Y 和 Z 三种元素形成的一种盐溶于水后，加入稀盐酸，有黄色沉淀析出，同时有刺激性气体产生。下列说法不正确的是 ()

- A. X 的简单氢化物的热稳定性比 W 强
- B. Y 与 X 的简单离子的具有相同的电子层结构
- C. Y 与 Z 形成的化合物的水溶液可使蓝色石蕊试纸变红
- D. Z 与 X 属于同一主族，与 Y 属于同一周期

【考点】8F：原子结构与元素周期律的关系。

【专题】51C：元素周期律与元素周期表专题。

【分析】W 的简单氢化物可用作制冷剂，常见为氨气，则 W 为 N 元素，Y 的原子半径是所有短周期主族元素中最大的，应为 Na 元素，由 X、Y 和 Z 三种元素形成的一种盐溶于水后，加入稀盐酸，有黄色沉淀析出，同时有刺激性气体产生，黄色沉淀为 S，则由 X、Y 和 Z 三种元素形成的一种盐为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，刺激性气体为 SO_2 ，则 X 为 O 元素，Z 为 S 元素，结合对应单质、化合物的性质以及元素周期律的递变规律解答该题。

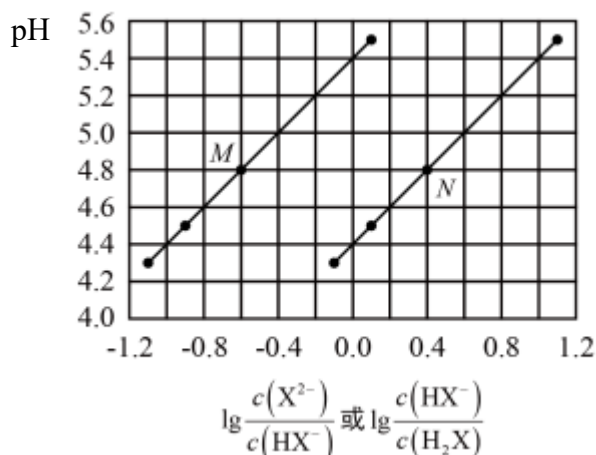
【解答】解：由以上分析可知 W 为 N 元素，X 为 O 元素，Y 为 Na 元素，Z 为 S 元素。

- A. 非金属性 $\text{O} > \text{N}$ ，元素的非金属性越强，对应的氢化物越稳定，故 A 正确；
- B. Y 为 Na 元素，X 为 O 元素，对应的简单离子核外都有 10 个电子，与 Ne 的核外电子排布相同，故 B 正确；
- C. Y 与 Z 形成的化合物为 Na_2S ，为强碱弱酸盐，水解呈碱性，则可使红色石蕊试液变蓝色，蓝色石蕊试纸不变色，故 C 错误；
- D. Z 为 S 元素，与 O 同主族，与 Na 同周期，故 D 正确。

故选：C。

【点评】本题为 2017 年福建理综试题，题目考查原子结构与元素周期律知识，侧重考查学生的分析能力，本题注意把握物质的性质与用途，为解答该题的关键，难度不大。

7. (6 分) 常温下将 NaOH 溶液添加到己二酸 (H_2X) 溶液中，混合溶液的 pH 与离子浓度变化的关系如图所示。下列叙述错误的是 ()



- A. $K_{a2}(\text{H}_2\text{X})$ 的数量级为 10^{-6}
- B. 曲线 N 表示 pH 与 $\lg \frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}_2\text{X})}$ 的变化关系
- C. NaHX 溶液中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- D. 当混合溶液呈中性时, $c(\text{Na}^+) > c(\text{HX}^-) > c(\text{X}^{2-}) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$

【考点】 DO: 酸碱混合时的定性判断及有关 pH 的计算.

【专题】 51G: 电离平衡与溶液的 pH 专题.

【分析】 H_2X 为二元弱酸, 以第一步电离为主, 则 $K_{a1}(\text{H}_2\text{X}) > K_{a2}(\text{H}_2\text{X})$,

酸性条件下, 则 pH 相同时 $\frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}_2\text{X})} > \frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)}$, 由图象可知 N 为 $\lg \frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}_2\text{X})}$

的变化曲线, M 为 $\lg \frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)}$ 的变化曲线, 当 $\lg \frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}_2\text{X})}$ 或 $\lg \frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)} = 0$ 时,

说明 $\frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}_2\text{X})}$ 或 $\frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)} = 1$, 浓度相等, 结合图象可计算电离常数并判断溶液

的酸碱性.

【解答】 解: A. $\lg \frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)} = 0$ 时, $\frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)} = 1$, 此时 $\text{pH} \approx 5.4$, 则 $K_{a2}(\text{H}_2\text{X})$

$\approx 10^{-5.4}$, 可知 $K_{a2}(\text{H}_2\text{X})$ 的数量级为 10^{-6} , 故 A 正确;

B. 由以上分析可知曲线 N 表示 pH 与 $\lg \frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}_2\text{X})}$ 的变化关系, 故 B 正确;

C. 由图象可知, $\lg \frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)} = 0$ 时, 即 $c(\text{HX}^-) = c(\text{X}^{2-})$, 此时 $\text{pH} \approx 5.4$, 可

知 HX^- 电离程度大于 X^{2-} 水解程度, 则 NaHX 溶液呈酸性, 溶液中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, 故 C 正确;

D. 由图象可知当 $\text{pH} = 7$ 时, $\lg \frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)} > 0$, 则 $c(\text{X}^{2-}) > c(\text{HX}^-)$, 故 D 错

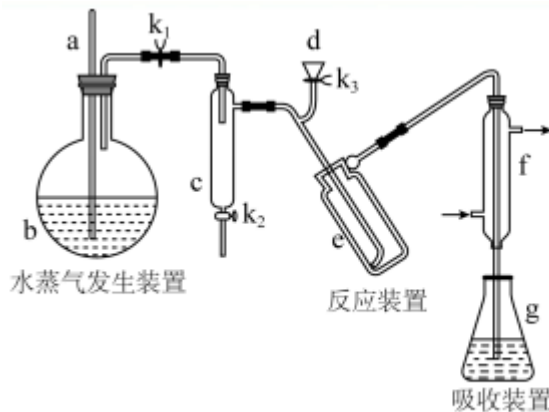
误.

故选：D。

【点评】 本题考查弱电解质的电离，为高频考点，侧重考查学生的分析能力和计算能力，本题注意把握图象的曲线的变化意义，把握数据的处理，难度较大。

二、解答题（共3小题，满分43分）

8. （15分）凯氏定氮法是测定蛋白质中氮含量的经典方法，其原理是用浓硫酸在催化剂存在下将样品中有机氮转化成铵盐，利用如图所示装置处理铵盐，然后通过滴定测量。已知： $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3$ ； $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_3\text{BO}_3$ 。



回答下列问题：

- (1) a 的作用是 避免 b 中压强过大。
- (2) b 中放入少量碎瓷片的目的是 防止暴沸。f 的名称是 冷凝管。
- (3) 清洗仪器：g 中加蒸馏水：打开 K_1 ，关闭 K_2 、 K_3 ，加热 b，蒸气充满管路；停止加热，关闭 K_1 ，g 中蒸馏水倒吸进入 c，原因是 c 中温度下降，管路中形成负压；打开 K_2 放掉水，重复操作 2~3 次。
- (4) 仪器清洗后，g 中加入硼酸 (H_3BO_3) 和指示剂，铵盐试样由 d 注入 e，随后注入氢氧化钠溶液，用蒸馏水冲洗 d，关闭 K_3 ，d 中保留少量水，打开 K_1 ，加热 b，使水蒸气进入 e。
 - ① d 中保留少量水的目的是 液封，防止氨气逸出的作用。
 - ② e 中主要反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，e 采用中空双层玻璃瓶的作用是 保温，使氨完全蒸出。
- (5) 取某甘氨酸 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$) 样品 m 克进行测定，滴定 g 中吸收液时消耗浓度

为 $\text{cmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸 $V\text{ mL}$ ，则样品中氮的质量分数为 $\frac{1.4cV}{m}\%$ ，样品的纯度 $\leq \frac{7.5cV}{m}\%$ 。

【考点】 RD：探究物质的组成或测量物质的含量。

【专题】 544：定量测定与误差分析。

【分析】 (1) a 为玻璃管，可连接空气，避免烧瓶内压强过大；

(2) 加热纯液体时，应避免液体暴沸；

(3) 冷却后，装置内压强较低，可倒吸；

(4) ①d 中保留少量水，可防止气体逸出；

②铵盐试样由 d 注入 e，随后注入氢氧化钠溶液，发生反应生成氨气；e 采用中空双层玻璃瓶，起到保温作用；

(5) 滴定 g 中吸收液时消耗浓度为 $\text{cmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸 $V\text{ mL}$ ，则 $n(\text{HCl}) = 0.001cV\text{ mol}$ ；结合反应 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_3\text{BO}_3$ 可知， $n(\text{N}) = n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{C}_2\text{H}_3\text{NO}_2) = n(\text{HCl})$ ，以此解答该题。

【解答】 解：(1) a 为玻璃管，可连接空气，避免在加热时烧瓶内压强过大，故答案为：避免 b 中压强过大；

(2) 加热纯液体时，加入碎瓷片可避免液体暴沸，F 为冷凝管，故答案为：防止暴沸；冷凝管；

(3) 停止加热，关闭 K_1 ，g 中蒸馏水倒吸进入 c，原因是 c、e 及其所连接的管道内水蒸气冷凝为水后，气压远小于外界大气压，在大气压的作用下，锥形瓶内的蒸馏水被倒吸入 c 中，即 c 中温度下降，管路中形成负压，故答案为：c 中温度下降，管路中形成负压；

(4) ①d 中保留少量水，可检验装置是否漏气，如漏气，液面会下降，且起到防止漏气的作用，

故答案为：液封，防止氨气逸出的作用；

②铵盐试样由 d 注入 e，随后注入氢氧化钠溶液，发生反应生成氨气，反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；e 采用中空双层玻璃瓶，起到保温作用，以减少热量损失，有利于铵根离子转化为氨气而逸出，

故答案为： $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；保温，使氨完全蒸出；

(5) 滴定 g 中吸收液时消耗浓度为 $\text{cmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸 $V \text{ mL}$ ，则 $n(\text{HCl}) = 0.001cV \text{ mol}$ ；结合反应 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_3\text{BO}_3$ 可知， $n(\text{N}) = n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2) = n(\text{HCl})$ ，

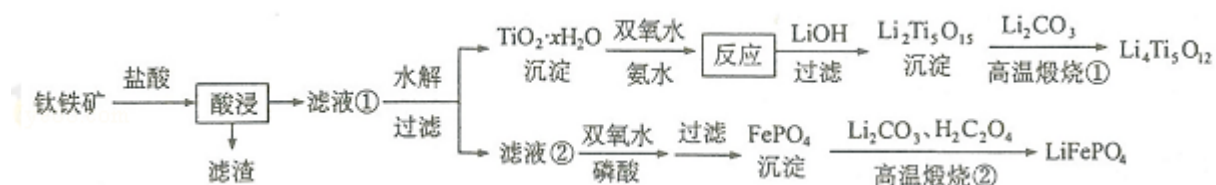
则 $m(\text{N}) = 0.001cV \text{ mol} \times 14 \text{ g/mol} = 0.014cV \text{ g}$ ，则样品中氮的质量分数为 $\frac{0.014cV}{m} \times 100\% = \frac{1.4cV}{m}\%$ ，

$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2) = 0.001cV \text{ mol} \times 75 \text{ g/mol} = 0.075cV \text{ g}$ ，则样品的纯度为 $\frac{0.075cV}{m} \times 100\% = \frac{7.5cV}{m}\%$ ，

故答案为： $\frac{1.4cV}{m}$ ； $\frac{7.5cV}{m}$ 。

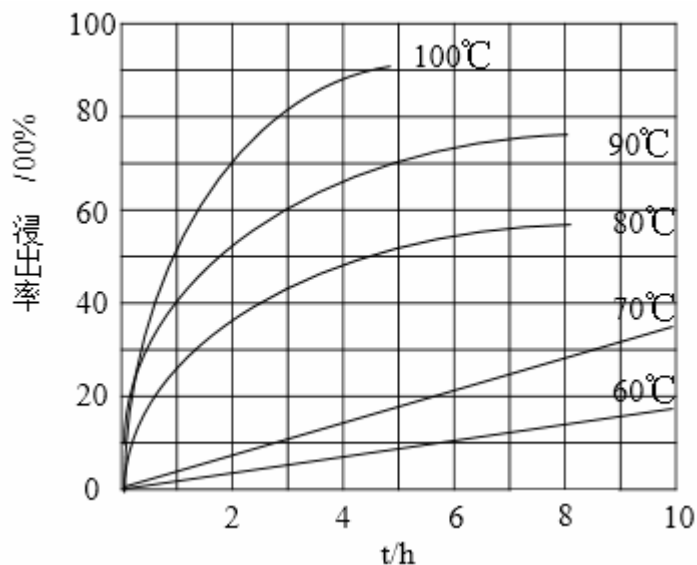
【点评】 本题考查含量的测定实验设计，为高考常见题型，试题涉及了元素化合物的性质、实验原理、物质制备等，侧重考查学生对实验方案理解及对元素化合物的知识的应用能力，难度中等。

9. (14分) $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料，可利用钛铁矿（主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质）来制备，工艺流程如下：

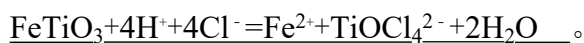


回答下列问题：

(1) “酸浸”实验中，铁的浸出率结果如下图所示。由图可知，当铁的浸出率为 70%时，所采用的实验条件为 100°C、2h 或 90°C、5h。



(2) “酸浸”后，钛主要以 TiOCl_4^{2-} 形式存在，写出相应反应的离子方程式



(3) $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀与双氧水、氨水反应 40min 所得实验结果如下表所示：

温度/°C	30	35	40	45	50
$\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率/%	92	95	97	93	88

分析 40°C 时 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率最高的原因 低于 40°C, $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率随温度升高而增加, 超过 40°C, 双氧水分解与氨气逸出导致 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率下降。

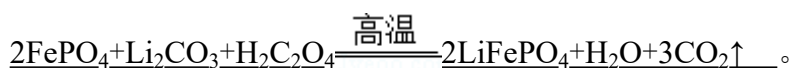
(4) $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 中 Ti 的化合价为 +4, 其中过氧键的数目为 4。

(5) 若“滤液②”中 $c(\text{Mg}^{2+}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 加入双氧水和磷酸 (设溶液体积增加 1 倍), 使 Fe^{3+} 恰好沉淀完全即溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5}$, 此时是否有 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀生成? Fe^{3+} 恰好沉淀完全时, $c(\text{PO}_4^{3-})$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1 \times 10^{-5}} = 1.3 \times 10^{-17} \text{ mol/L}, Q_c[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2] = \frac{(0.02 \text{ mol/L})^3 \times (1.3 \times 10^{-17} \text{ mol/L})^2}{2}$$

$10^{-17} \text{ mol/L})^2 = 1.69 \times 10^{-40} < K_{sp} = 1.0 \times 10^{-24}$, 因此不会生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀 (列式计算)。 FePO_4 、 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 的 K_{sp} 分别为 1.3×10^{-22} 、 1.0×10^{-24}

(6) 写出“高温煅烧②”中由 FePO_4 制备 LiFePO_4 的化学方程式



【考点】U3：制备实验方案的设计。

【专题】546：无机实验综合。

【分析】用钛铁矿（主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质）来制备 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 ，由制备流程可知，加盐酸过滤后的滤渣为 SiO_2 ，滤液①中含 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ti^{4+} ，水解后过滤，沉淀为 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，与双氧水反应 Ti 元素的化合价升高，生成 $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ ，与 LiOH 反应后过滤得到 $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ ，再与碳酸锂高温反应生成 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ；水解后的滤液②中含 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} ，双氧水可氧化亚铁离子，在磷酸条件下过滤分离出 FePO_4 ，高温煅烧②中发生 $2\text{FePO}_4 + \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{LiFePO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2\uparrow$ ，以此来解答。

【解答】解：（1）由图可知，当铁的浸出率为 70% 时，所采用的实验条件为选择温度为 100°C 、2h 或 90°C 、5h，

故答案为： 100°C 、2h 或 90°C 、5h；

（2）“酸浸”后，钛主要以 TiOCl_4^{2-} 形式存在，相应反应的离子方程式为 $\text{FeTiO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^- = \text{Fe}^{2+} + \text{TiOCl}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{FeTiO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^- = \text{Fe}^{2+} + \text{TiOCl}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

（3） 40°C 时 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率最高，因低于 40°C ， $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率随温度升高而增加，超过 40°C ，双氧水分解与氨气逸出导致 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率下降，

故答案为：低于 40°C ， $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率随温度升高而增加，超过 40°C ，双氧水分解与氨气逸出导致 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率下降；

（4） $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 中 Ti 的化合价为 +4，Li 的化合价为 +1 价，由化合价的代数和为 0 可知，O 元素的负价代数和为 22，设过氧键的数目为 x，则 $(x \times 2) \times 1 + (15 - x \times 2) \times 2 = 22$ ，解得 $x = 4$ ，故答案为：4；

（5） Fe^{3+} 恰好沉淀完全即溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5}$ ，由 $K_{\text{sp}}(\text{FePO}_4)$ ，可知 $c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1 \times 10^{-5}} = 1.3 \times 10^{-17} \text{mol/L}$ ， $Q_c[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2] = \left(\frac{0.02 \text{mol/L}}{2}\right)^3 \times (1.3 \times 10^{-17} \text{mol/L})^2 = 1.69 \times 10^{-40} < K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-24}$ ，则无沉淀生成，

故答案为： Fe^{3+} 恰好沉淀完全时， $c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1 \times 10^{-5}} = 1.3 \times 10^{-17} \text{mol/L}$ ，

$$Q_c[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2] = \left(\frac{0.02 \text{mol/L}}{2}\right)^3 \times (1.3 \times 10^{-17} \text{mol/L})^2 = 1.69 \times 10^{-40} <$$

$K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-24}$ ，因此不会生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀；

(6) “高温煅烧②”中由 FePO_4 制备 LiFePO_4 的化学方程式为



故答案为： $2\text{FePO}_4 + \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{LiFePO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2\uparrow$ 。

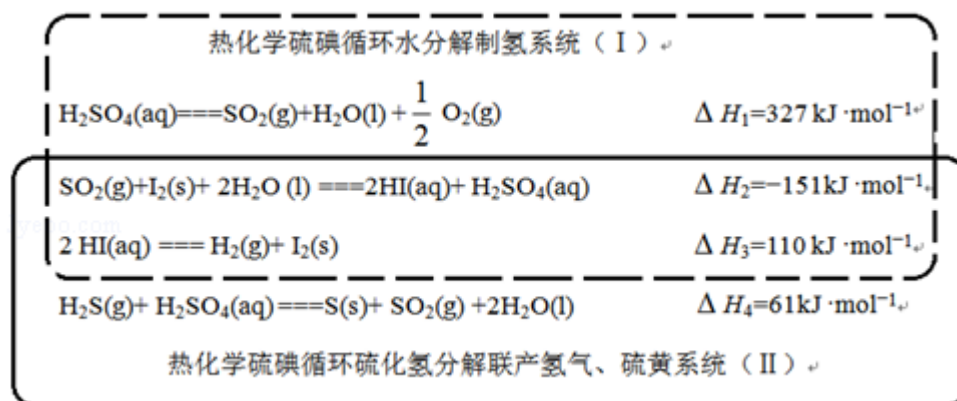
【点评】 本题考查物质的制备实验，为高频考点，把握流程中发生的反应、混合物分离提纯、发生的反应为解答的关键，侧重分析与实验能力的考查，注意元素化合物知识、化学反应原理与实验的结合，题目难度不大。

10. (14分) 近期发现， H_2S 是继 NO 、 CO 之后第三个生命体系气体信号分子，它具有参与调节神经信号传递、舒张血管减轻高血压的功能。回答下列问题：

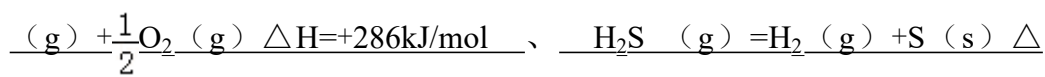
(1) 下列事实中，不能比较氢硫酸与亚硫酸的酸性强弱的是 D (填标号)。

- A. 氢硫酸不能与碳酸氢钠溶液反应，而亚硫酸可以
- B. 氢硫酸的导电能力低于相同浓度的亚硫酸
- C. $0.10 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氢硫酸和亚硫酸的 pH 分别为 4.5 和 2.1
- D. 氢硫酸的还原性强于亚硫酸

(2) 下图是通过热化学循环在较低温度下由水或硫化氢分解制备氢气的反应系统原理。



通过计算，可知系统 (I) 和系统 (II) 制氢的热化学方程式分别为 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2$



制得等量 H_2 所需能量较少的是 系统 (II)。

(3) H_2S 与 CO_2 在高温下发生反应： $\text{H}_2\text{S} \text{(g)} + \text{CO}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{COS} \text{(g)} + \text{H}_2\text{O} \text{(g)}$ 。在 610K 时，将 0.10mol CO_2 与 0.40mol H_2S 充入 2.5L 的空钢瓶中，反应平衡后水的物质的量分数为 0.02。

① H_2S 的平衡转化率 $a_1 = \underline{2.5}$ %，反应平衡常数 $K = \underline{0.00285}$ 。

② 在 620K 重复试验，平衡后水的物质的量分数为 0.03， H_2S 的转化率 $a_2 > a_1$ ，该反应的 $\Delta H > 0$ 。（填“>”“<”或“=”）

③ 向反应器中再分别充入下列气体，能使 H_2S 转化率增大的是 B（填标号）

A. H_2S B. CO_2 C. COS D. N_2 。

【考点】 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) 比较酸性强弱，可根据强酸制备弱酸、测定等浓度的 pH 以及溶液的导电能力判断；

(2) 系统 (I) 涉及水的分解，系统 (II) 涉及硫化氢的分解，利用盖斯定律分别将系统 (I) 和系统 (II) 的热化学方程式相加，可得到水、硫化氢分解的热化学方程式；

(3) 对于反应 $\text{H}_2\text{S} \text{(g)} + \text{CO}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{COS} \text{(g)} + \text{H}_2\text{O} \text{(g)}$

起始 (mol)	0.40	0.10	0	0
转化 (mol)	x	x	x	x
平衡 (mol)	0.40 - x	0.10 - x	x	x

反应平衡后水的物质的量分数为 0.02，

则 $\frac{x}{0.50} = 0.02$ ， $x = 0.01$ ，结合平衡移动的影响因素解答该题。

【解答】 解：(1) A. 氢硫酸不能与碳酸氢钠溶液反应，而亚硫酸可以，符合强酸制备弱酸的特点，可说明亚硫酸的酸性比氢硫酸强，故 A 正确；

B. 氢硫酸的导电能力低于相同浓度的亚硫酸，可说明亚硫酸的电离程度大，则亚硫酸的酸性强，故 B 正确；

C. $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氢硫酸和亚硫酸的 pH 分别为 4.5 和 2.1，可说明亚硫酸的电离

程度大，酸性较强，故 C 正确；

D. 氢硫酸的还原性强于亚硫酸，不能用于比较酸性的强弱，故 D 错误。

故答案为：D；

(2) 系统 (I) 涉及水的分解，系统 (II) 涉及硫化氢的分解，利用盖斯定律分别将系统 (I) 和系统 (II) 的热化学方程式相加，可得到水、硫化氢分解的热化学方程式，则系统 (I) 的热化学方程式 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \Delta H = +286\text{kJ/mol}$ ；

系统 (II) 的热化学方程式 $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \Delta H = +20\text{kJ/mol}$ 。

根据系统 I、系统 II 的热化学方程式可知：每反应产生 1mol 氢气，后者吸收的热量比前者少，所以制取等量的 H_2 所需能量较少的是系统 II。

故答案为： $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \Delta H = +286\text{kJ/mol}$ ； $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \Delta H = +20\text{kJ/mol}$ ；系统 (II)；

(3) 对于反应 $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

起始 (mol)	0.40	0.10	0	0
转化 (mol)	x	x	x	x
平衡 (mol)	0.40 - x	0.10 - x	x	x

反应平衡后水的物质的量分数为 0.02，

则 $\frac{x}{0.50} = 0.02$ ， $x = 0.01$ ，

① H_2S 的平衡转化率 $a_1 = \frac{0.01}{0.4} \times 100\% = 2.5\%$ ，

体积为 2.5L，则平衡时各物质的浓度为 $c(\text{H}_2\text{S}) = \frac{0.4 - 0.01}{2.5} \text{mol/L} = 0.156 \text{mol/L}$ ，

$$c(\text{CO}_2) = \frac{0.1 - 0.01}{2.5} \text{mol/L} = 0.036 \text{mol/L} \quad , \quad c(\text{COS}) = c(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.01}{2.5} \text{mol/L} = 0.004 \text{mol/L} \quad ,$$

则 $K = \frac{0.004 \times 0.004}{0.156 \times 0.036} = 0.00285$ ，

故答案为：2.5；0.00285；

② 根据题目提供的数据可知温度由 610K 升高到 620K 时，化学反应达到平衡，水的物质的量分数由 0.02 变为 0.03，所以 H_2S 的转化率增大， $a_2 > a_1$ ；根据题意可知：升高温度，化学平衡向正反应方向移动，根据平衡移动原理：升

高温下，化学平衡向吸热反应方向移动，所以该反应的正反应为吸热反应，故 $\Delta H > 0$ ，

故答案为： $>$ ； $>$ ；

③A. 增大 H_2S 的浓度，平衡正向移动，但加入量远远大于平衡移动转化消耗量，所以 H_2S 转化率降低，故A错误；

B. 增大 CO_2 的浓度，平衡正向移动，使更多的 H_2S 反应，所以 H_2S 转化率增大，故B正确；

C. COS 是生成物，增大生成物的浓度，平衡逆向移动， H_2S 转化率降低，故C错误；

D. N_2 是与反应体系无关的气体，充入 N_2 ，不能使化学平衡发生移动，所以对 H_2S 转化率无影响，故D错误。

故答案为：B。

【点评】本题为2017年考题，题目考查较为综合，涉及元素周期律、热化学方程式以及化学平衡的影响因素和计算等问题，综合考查学生的分析能力和计算能力，注意把握盖斯定律的应用以及化学平衡三段式的计算方法，难度中等。

[化学--选修3：物质结构与性质]

11. (15分) 钾和碘的相关化合物在化工、医药、材料等领域有着广泛的应用。回答下列问题：

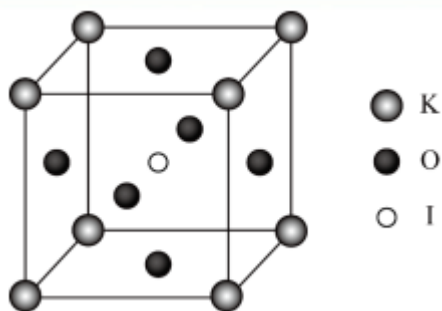
(1) 元素K的焰色反应呈紫红色，其中紫色对应的辐射波长为A nm (填标号)。

A.404.4 B.553.5 C.589.2 D.670.8 E.766.5

(2) 基态K原子中，核外电子占据的最高能层的符号是N，占据该能层电子的电子云轮廓图形状为球形。K和Cr属于同一周期，且核外最外层电子构型相同，但金属K的熔点、沸点等都比金属Cr低，原因是K的原子半径较大，且价电子较少，金属键较弱。

(3) X射线衍射测定等发现， I_3AsF_6 中存在 I_3^+ 离子。 I_3^+ 离子的几何构型为V形，中心原子的杂化类型为 sp^3 。

- (4) KIO_3 晶体是一种性能良好的非线性光学材料，具有钙钛矿型的立体结构，边长为 $a=0.446\text{nm}$ ，晶胞中 K、I、O 分别处于顶角、体心、面心位置，如图所示。K 与 O 间的最短距离为 0.315 nm，与 K 紧邻的 O 个数为 12。
- (5) 在 KIO_3 晶胞结构的另一种表示中，I 处于各项角位置，则 K 处于 体心 位置，O 处于 棱心 位置。



【考点】 86: 原子核外电子排布; 9I: 晶胞的计算.

【专题】 51D: 化学键与晶体结构.

【分析】 (1) 紫色波长介于 $400\text{nm}\sim 435\text{nm}$ 之间;

(2) 基态 K 原子核外有 4 个电子层，最高能层为第四层，最外层电子为 $4s^1$ 电子，K 和 Cr 属于同一周期，K 的原子半径较大，且价电子较少，金属键较弱;

(3) I_3^+ 中心原子的价层电子对数为 $\frac{7+1\times 2-1}{2}=4$ ，则为 sp^3 杂化，价层电子对为正四面体，中心 I 原子的孤电子对数为 $\frac{7-1\times 2-1}{2}=2$ ，为 V 形;

(4) K 与 O 间的最短距离为面对角线的一半; O 位于面心，K 位于顶点，1 个顶点为 12 个面共有;

(5) 在 KIO_3 晶胞结构的另一种表示中，I 处于各项角位置，个数为 $8\times \frac{1}{8}=1$ ，则 K 也为 1，应位于体心，则 O 位于棱心，个数为 $12\times \frac{1}{4}=3$ 。

【解答】 解: (1) 紫色波长介于 $400\text{nm}\sim 435\text{nm}$ 之间，只有 A 符合，故答案为: A;

(2) 基态 K 原子核外有 4 个电子层，最高能层为第四层，即 N 层，最外层电子为 $4s^1$ 电子，该能层电子的电子云轮廓图形状为球形，K 和 Cr 属于同一周期，K 的原子半径较大，且价电子较少，金属键较弱，则金属 K 的熔点、沸点等都比金属 Cr 低，

故答案为：N；球形；K 的原子半径较大，且价电子较少，金属键较弱；

(3) I_3^+ 中心原子的价层电子对数为 $\frac{7+1 \times 2-1}{2}=4$ ，则为 sp^3 杂化，价层电子对为

正四面体，中心 I 原子的孤电子对数为 $\frac{7-1 \times 2-1}{2}=2$ ，为 V 形，故答案为：V

形； sp^3 ；

(4) K 与 O 间的最短距离为面对角线的一半，则 K 与 O 间的最短距离为 $\frac{\sqrt{2}}{2} \times$

$0.446\text{nm}=0.315\text{nm}$ ，O 位于面心，K 位于顶点，1 个顶点为 12 个面共有，即与 K 紧邻的 O 个数为 12 个，

故答案为：0.315；12；

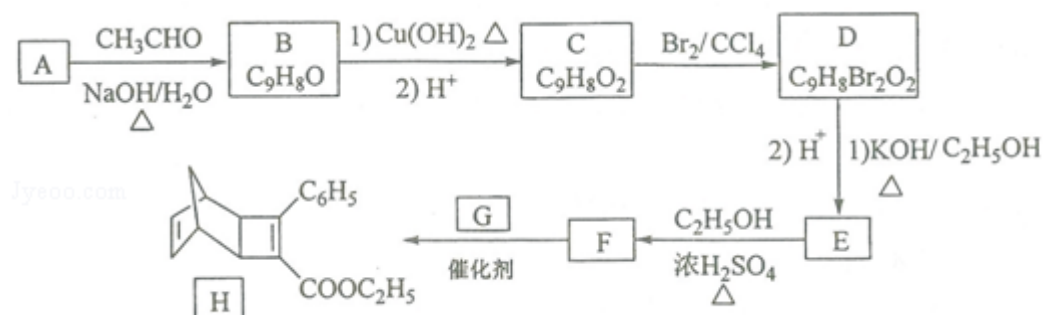
(5) 在 KIO_3 晶胞结构的另一种表示中，I 处于各项角位置，个数为 $8 \times \frac{1}{8}=1$ ，

则 K 也为 1 个，应位于体心，则 O 位于棱心，每个棱为 4 个晶胞共有，则 O 个数为 $12 \times \frac{1}{4}=3$ ，故答案为：体心；棱心。

【点评】 本题为 2017 年考题，题目涉及核外电子排布、杂化、晶胞的计算等知识，综合考查学生的分析能力和计算能力，题目易错点为 (3)，注意价层电子对的判断，难度中等。

[化学--选修 5：有机化学基础]

12. 化合物 H 是一种有机光电材料中间体。实验室由芳香化合物 A 制备 H 的一种合成路线如下：



已知：① $RCHO + CH_3CHO \xrightarrow[\Delta]{NaOH/H_2O} RCH=CHCHO + H_2O$



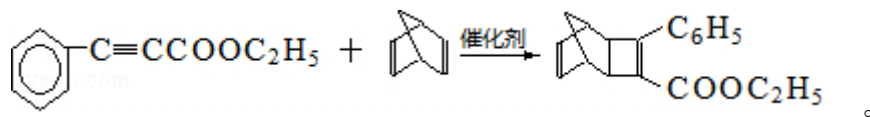
回答下列问题：

(1) A 的化学名称为 苯甲醛。

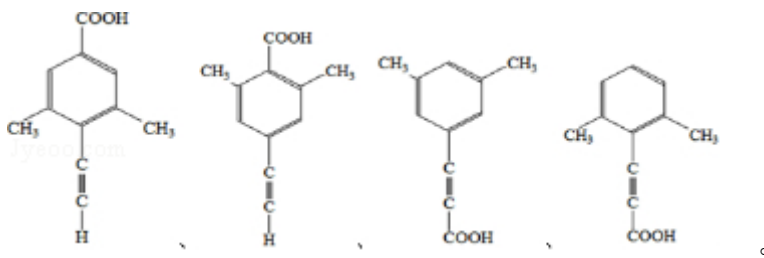
(2) 由 C 生成 D 和 E 生成 F 的反应类型分别为 加成反应、取代反应。

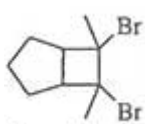
(3) E 的结构简式为 。

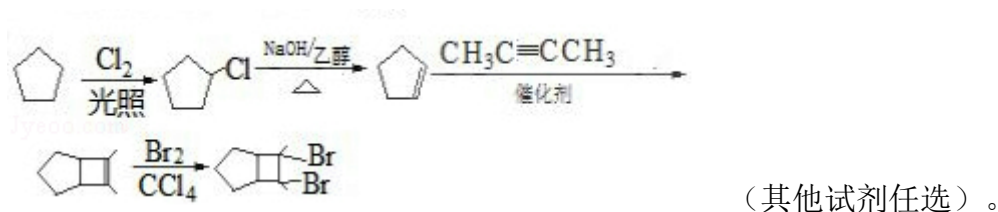
(4) G 为甲苯的同分异构体，由 F 生成 H 的化学方程式为



(5) 芳香化合物 X 是 F 的同分异构体，X 能与饱和碳酸氢钠溶液反应放出 CO_2 ，其核磁共振氢谱显示有 4 种不同化学环境的氢，峰面积比为 6: 2: 1: 1，写出 2 种符合要求的 X 的结构简式



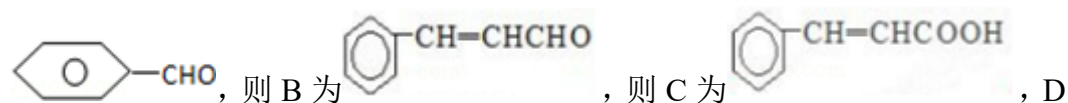
(6) 写出用环戊烷和 2-丁炔为原料制备化合物  的合成路线

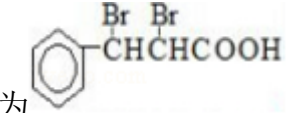
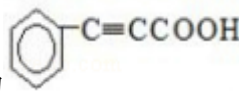


【考点】 HC: 有机物的合成.

【专题】 534: 有机物的化学性质及推断.

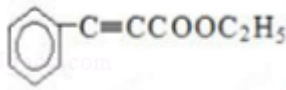
【分析】 由信息①可知 A 应含有醛基，且含有 7 个 C 原子，应为

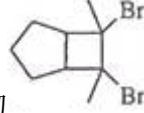


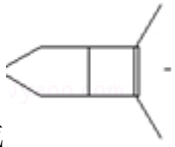
为  , E 为  , 与乙醇发生酯化反应生成 F 为

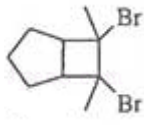
 , 对比 F、H 的结构简式可知 G 为  , 以此解答

(1) ~ (4) ;

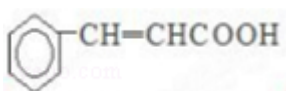
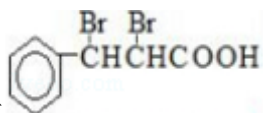
(5) F 为  , 芳香化合物 X 是 F 的同分异构体, X 能与饱和碳酸氢钠溶液反应放出 CO₂, 说明含有羧基, 其核磁共振氢谱显示有 4 种不同化学环境的氢, 峰面积比为 6: 2: 1: 1, 则分子中应含有 2 个甲基, 且为对称结构;

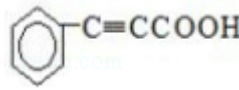
(6) 环戊烷和 2 - 丁炔为原料制备化合物  , 环戊烷应先生成环戊烯,

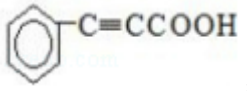
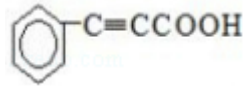
然后与 2 - 丁炔发生加成反应生成  , 最后与溴发生加成可生成


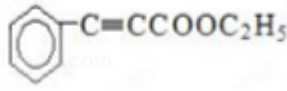
 , 以此解答该题。

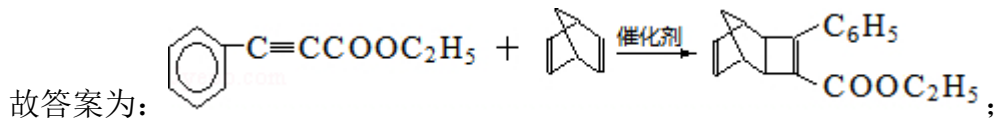
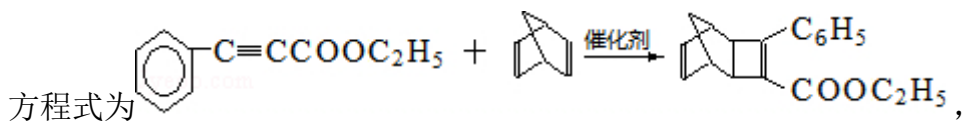
【解答】解: (1) 由以上分析可知 A 为苯甲醛, 故答案为: 苯甲醛;

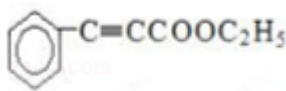
(2) C 为  , 发生加成反应生成  , E 为

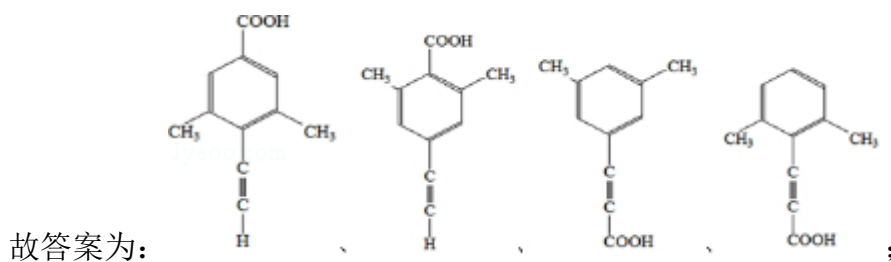
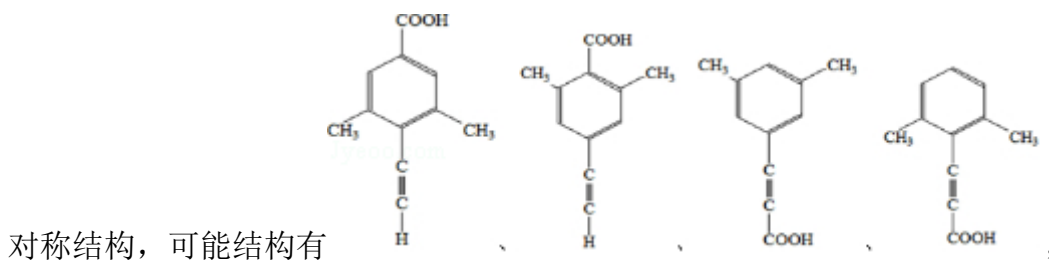
 , 与乙醇发生酯化反应生成 F, 也为取代反应, 故答案为: 加成反应; 取代反应;

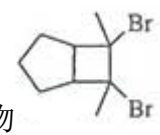
(3) 由以上分析可知 E 为  , 故答案为:  ;

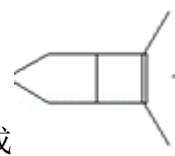
(4) G 为  , F 为  , 二者发生加成反应生成 H, 反应的

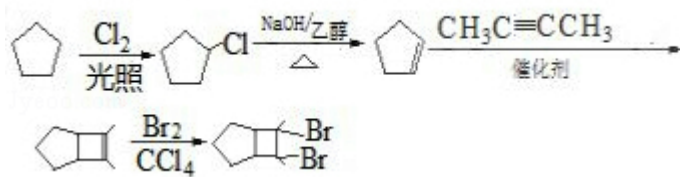
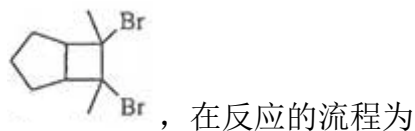


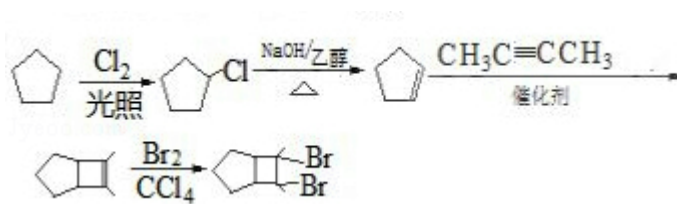
(5) F 为 ，芳香化合物 X 是 F 的同分异构体，X 能与饱和碳酸氢钠溶液反应放出 CO₂，说明含有羧基，其核磁共振氢谱显示有 4 种不同化学环境的氢，峰面积比为 6:2:1:1，则分子中应含有 2 个甲基，且为



(6) 环戊烷和 2-丁炔为原料制备化合物 ，环戊烷应先生成环戊烯，

然后与 2-丁炔发生加成反应生成 ，最后与溴发生加成可生成





故答案为：

【点评】 本题为 2017 年考题，考查有机物推断和合成，为高频考点，侧重考查学生分析判断能力，明确官能团及其性质关系、常见反应类型及反应条件是解本题关键，注意题给信息的灵活运用，题目难度不大。