

2011年山东省高考化学试卷

参考答案与试题解析

一、选择题（共7小题，每小题4分，满分28分）

1. （4分）（2011•山东）化学与生产、生活密切相关，下列叙述正确的是（ ）

- A. 煤的干馏与石油的分馏均属于化学变化
- B. BaSO_4 在医学上用作钡餐， Ba^{2+} 对人体无毒
- C. ^{14}C 可用于文物的年代鉴定， ^{14}C 与 ^{13}C 互为同素异形体
- D. 葡萄糖注射液不能产生丁达尔现象，不属于胶体

【考点】煤的干馏和综合利用；同位素及其应用；胶体的重要性质；原子构成；石油的裂化和裂解.

【专题】原子组成与结构专题；有机化合物的获得与应用；化学计算.

【分析】A、从干馏和分馏的区别来判断；

B、从 BaSO_4 的性质来分析；

C、从同位素和同素异形体的不同来区别；

D、从溶液和胶体的不同来判断；

【解答】解：A、石油的分馏属物理变化，因为石油的分馏是利用石油中各种成分沸点不同将其分离的一种方法，没有新物质生成，所以是物理变化，煤的干馏是复杂的物理化学变化，故A错误；

B、钡离子对人体有害，它是一种重金属离子，可以使人体中毒。硫酸钡在医学上用作钡餐是因为硫酸钡既不溶于水也不溶于酸，不会产生可溶性钡离子，所以它对人体无害，故B错误；

C、由同一种元素组成的性质不同的几种单质，叫做该元素的同素异形体，例如金刚石、石墨和 C_{60} 是碳元素的同素异形体；而质子数相同而中子数不同的原子，二者互为同位素，故C错误；

D、葡萄糖注射液是溶液，不属于胶体，丁达尔现象是胶体具有的性质，故D正确。

故选D.

【点评】本题考查分馏与干馏的区别、硫酸钡的医学用途、同位素和同素异形体以及胶体和溶液的区别，题目难度不大，注意相关基础知识的积累.

2. （4分）（2011•山东）某短周期非金属元素的原子核外最外层电子数是次外层电子数的一半，该元素（ ）

- A. 在自然界中只以化合态的形式存在
- B. 单质常用作半导体材料和光导纤维
- C. 最高价氧化物不与酸反应
- D. 气态氢化物比甲烷稳定

【考点】原子结构与元素的性质.

【分析】根据题意，某短周期非金属元素的原子核外最外层电子数是次外层电子数的一半，则该元素为Si；然后，具体分析各个选项.

【解答】解：A、Si在自然界中没有单质，故A正确；

B、制造光导纤维的材料是二氧化硅，故B错误；

C、二氧化硅可以与氢氟酸反应，故C错误；

D、C的非金属性大于Si的，甲烷比硅化氢稳定，故D错误.

故选A.

【点评】 本题考查元素的推断和元素的性质，熟悉核外电子排布是解决本题的关键.

3. (4分) (2011•山东) 下列与有机物结构、性质相关的叙述错误的是 ()

- A. 乙酸分子中含有羧基，可与 NaHCO_3 溶液反应生成 CO_2
- B. 蛋白质和油脂都属于高分子化合物，一定条件下都能水解
- C. 甲烷和氯气反应生成一氯甲烷与苯和硝酸反应生成硝基苯的反应类型相同
- D. 苯不能使溴的四氯化碳溶液褪色，说明苯分子中没有乙烯分子中类似的碳碳双键

【考点】 乙酸的化学性质；取代反应与加成反应；苯的结构；氨基酸、蛋白质的结构和性质特点；有机高分子化合物的结构和性质.

【分析】 乙酸具有酸性，酸性强于碳酸；油脂属于小分子化合物，蛋白质属于高分子化合物，二者都能水解；甲烷和氯气在光照条件下发生取代反应，苯和硝酸在浓硫酸作用下发生硝化反应，也为取代反应，生成硝基苯；苯不具有烯烃的结构特征，不与溴的四氯化碳溶液发生加成反应.

【解答】 解：A、乙酸属于一元羧酸，酸性强于碳酸的，所以可与 NaHCO_3 溶液反应生成 CO_2 ，故A正确；

B、油脂是高级脂肪酸的甘油酯，属于酯类，但不属于高分子化合物，故B错误；

C、甲烷和氯气反应生成一氯甲烷，以及苯和硝酸反应生成硝基苯的反应都属于取代反应，故C正确；

D、只有分子中含有不饱和键（如碳碳双键），则可以与溴的四氯化碳溶液发生加成反应，从而使之褪色，而苯中的化学键是介于单键和双键之间特殊的化学键，故D正确.

故选B.

【点评】 本题考查常见有机物的性质，涉及到甲烷、苯、乙酸、油脂和蛋白质，难度较小，明确有机物中的官能团来分析性质、结构决定性质及高分子化合物的概念即可解答.

4. (4分) (2011•山东) Al、Fe、Cu都是重要的金属元素. 下列说法正确的是 ()

- A. 三者对应的氧化物均为碱性氧化物
- B. 三者的单质放置在空气中均只生成氧化物
- C. 制备 AlCl_3 、 FeCl_3 、 CuCl_2 均不能采用将溶液直接蒸干的方法
- D. 电解 AlCl_3 、 FeCl_3 、 CuCl_2 的混合溶液时阴极上依次析出Cu、Fe、Al

【考点】 常见金属元素的单质及其化合物的综合应用；原电池和电解池的工作原理；盐类水解的应用.

【专题】 基本概念与基本理论；元素及其化合物.

【分析】 A、根据Al、Fe、Cu三者对应的氧化物各自所属类别来回答；

B、根据Al、Fe、Cu三者放在空气中所发生的反应来回答；

C、根据 AlCl_3 、 FeCl_3 、 CuCl_2 三种溶液直接蒸干时所得到的产物进行分析；

D、根据电解原理，阴极上析出的金属应按照其对应的阳离子的放电顺序来析出.

【解答】 解：A、铝对应的氧化物 Al_2O_3 是两性氧化物，故A错误；

B、Fe还可以形成复杂的氢氧化物，Cu可以形成碱式碳酸铜等，故B错误；

C、因为 AlCl_3 、 FeCl_3 、 CuCl_2 的溶液加热时都水解生成沉淀和 HCl 气体了， HCl 挥发了，所以得到的是各自的沉淀物，制备 AlCl_3 、 FeCl_3 、 CuCl_2 均不能采用将溶液直接蒸干的方法，故C正确；

D、根据电解原理，阴极上离子的放电顺序是： $\text{Cu}^{2+} > \text{H}^+ > \text{Fe}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ ， Fe^{2+} 和 Al^{3+} 不放电， Fe^{3+} 得电子成为 Fe^{2+} ，不会析出铁，所以铁和Al不可以，因为它们比H活泼，只有Cu可以，故D错误。

故选C。

【点评】 本题考查了常见的金属单质的性质、电解原理以及盐类水解的应用知识，是一道综合型题目。

5. (4分) (2011•山东) 元素的原子结构决定其性质和周期表中的位置。下列说法正确的是 ()

- A. 元素原子的最外层电子数等于元素的最高化合价
- B. 多电子原子中，在离核较近的区域内运动的电子的能量较高
- C. P、S、Cl得电子能力和最高价氧化物对应水化物的酸性均依次增强
- D. 元素周期表中位于金属和非金属分界线附近的元素属于过渡元素

【考点】 原子结构与元素周期律的关系。

【分析】 该题考察了元素化合价与最外层电子数的关系；电子离核远近能量的高低，以及非金属性强弱与最高价氧化物对应水化物的关系，过渡元素的概念，综合性强，基础性强。

【解答】 解：A、对于主族元素是最外层电子数等于元素的最高化合价，故A错；

B、多电子原子中，在离核较近的区域内运动的电子能量较低，故B错；

C、因P、S、Cl同周期，且原子序数依次增大，则电子能力和最高价氧化物对应水化物的酸性均依次增强，故C正确；

D、因过渡元素指的是中间十列元素，故D错；

故选：C。

【点评】 本题考查原子结构与元素周期律，明确位置与性质的关系、周期表的结构是解答的关键。

6. (4分) (2011•山东) 室温下向10mL pH=3的醋酸溶液中加水稀释后，下列说法正确的是 ()

A. 溶液中导电粒子的数目减少

B. 溶液中 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}$ 不变

C. 醋酸的电离程度增大， $c(\text{H}^+)$ 亦增大

D. 再加入10mL pH=11的NaOH溶液，混合液的pH=7

【考点】 弱电解质在水溶液中的电离平衡；pH的简单计算。

【专题】 压轴题；计算题；热点问题；平衡思想；分析比较法；电离平衡与溶液的pH专题。

【分析】 根据醋酸是弱电解质，则室温下向10mL pH=3的醋酸溶液中加水稀释将促进电离，离子的数目增多，但溶液的体积增大，则电离产生的离子的浓度减小，并利用温度与电离常数的关系、酸碱混合时PH的计算来解答。

【解答】 解：A、因醋酸溶液中加水稀释，促进电离，则液中导电粒子的数目增多，故A错误；

B、因 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)} = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \times K_w}$ ，温度不变， K_a 、 K_w

都不变，则 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}$ 不变，故B正确；

C、加水稀释时，溶液的体积增大的倍数大于 $n(\text{H}^+)$ 增加的倍数，则 $c(\text{H}^+)$ 减小，故C错误；

D、等体积10mL pH=3的醋酸与pH=11的NaOH溶液混合时，醋酸的浓度大于0.001mol/L，醋酸过量，则溶液的pH<7，故D错误；

故选：B。

【点评】 本题考查弱电解质的稀释，明确温度与电离平衡常数的关系、溶液的pH与物质的量浓度的关系、稀释中溶液体积的变化与离子的物质的量的变化程度是解答本题的关键。

7. (4分) (2011•山东) 以KCl和ZnCl₂混合液为电镀液在铁制品上镀锌，下列说法正确的是 ()

- A. 未通电前上述镀锌装置可构成原电池，电镀过程是该电池的充电过程
- B. 因部分电能转化为热能，电镀时通过的电量与锌的析出量无确定关系
- C. 电镀时保持电流恒定，升高温度不改变电解反应速率
- D. 镀锌层破损后即对铁制品失去保护作用

【考点】 电解原理的应用实验。

【专题】 压轴题。

【分析】 根据Zn的金属性强于Fe，未通电前上述镀锌装置可构成原电池，其正极反应为： $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ ，与电镀时所发生的反应为不同的两个反应，故电镀过程不是该原电池的充电过程；

电镀时，每转移2mol电子析出1molZn，通过的电量与析出的锌的量存在确定的关系，与能量的其他转化无关；电镀时保持单位时间内转移的电子数恒定，则消耗的反应物与产生的生成物的量恒定，也就是反应速率恒定，与温度无关；镀锌铁制品的镀层破损后，易形成Zn-Fe原电池，Zn作负极优先被腐蚀，铁制品仍能受到保护。

【解答】 解：A、未通电前上述镀锌装置可构成原电池，因原电池反应与电镀时所发生的反应为不同的两个反应，故电镀过程不是该原电池的充电过程，故A错误；

B、电解过程中确实存在电能转化成热能的情况，但电镀时通过的电量与析出的锌的量存在确定的关系，与能量的其他转化无关，故B错误；

C、电镀时保持电流恒定，即单位时间内转移的电子数恒定，则消耗的反应物与产生的生成物的量恒定，也就是反应速率恒定，与温度无关，故C正确；

D、镀锌层破损后，能形成锌铁原电池，铁为正极，锌为负极，同样起到保护铁的作用，故D错误。

故选C。

【点评】 此题考查了原电池与电解池的工作原理及应用。重在突出应用及电路中的电量与析出物质的守恒关系，解答本题时应明确电池或电解工作原理，对于其应用也要掌握。

二、解答题 (共6小题，满分66分)

8. (14分) (2011•山东) 研究NO₂、SO₂、CO等大气污染气体的处理有重要意义。

(1) NO₂可用水吸收，相应的化学方程式为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 。利用反应

$6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ 也可以处理 NO_2 。当转移1.2mol电子时，消耗的 NO_2 在标准状况下是 6.72 L。

(2) 已知： $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -196.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -113.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

则反应 $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ -41.8 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

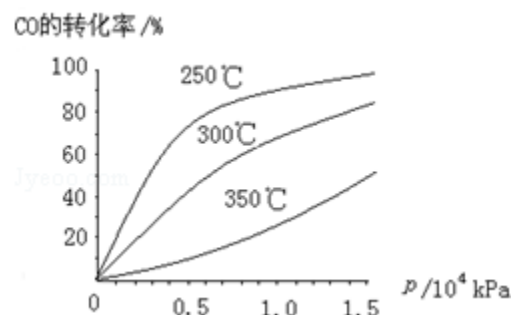
一定条件下，将与体积比1:2置于密闭容器中发生上述反应，下列能说明反映达到平衡状态的是 b。

- a. 体系压强保持不变
- b. 混合气体颜色保持不变
- c. SO_3 与 NO 的体积比保持不变
- d. 每消耗1mol SO_3 的同时生成1mol NO_2

测得上述反应平衡时的 NO_2 与 SO_2 体积比为1:6，则平衡常数 $K =$ 2.67或8/3。

(3) CO 可用于合成甲醇，反应方程式为 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。

CO 在不同温度下的平衡转化率与压强的关系如图所示。该反应 ΔH < 0 (填“>”或“<”)。实际生产条件控制在 250°C 、 $1.3 \times 10^4 \text{ kPa}$ 左右，选择此压强的理由是 在 $1.3 \times 10^4 \text{ kPa}$ 下， CO 的转化率已较高，再增大压强 CO 的转化率提高不大，而生产成本增加得不偿失。



【考点】化学平衡状态的判断；用盖斯定律进行有关反应热的计算；用化学平衡常数进行计算；转化率随温度、压强的变化曲线；氮的氧化物的性质及其对环境的影响。

【分析】(1) 根据物质与水的反应物与生成物来书写化学反应方程式，再利用氧化还原反应中电子转移计算，然后来计算标准状况下气体的体积；

(2) 利用盖斯定律来计算反应热，利用化学平衡的特征“等”、“定”来判定化学平衡，利用三段法计算平衡时的浓度来计算化学平衡常数；

(3) 利用化学平衡的影响因素和工业生产的关系来分析。

【解答】解：(1) NO_2 与 H_2O 反应的方程式为： $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ； $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 = 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ ，当反应中有1 mol NO_2 参加反应时，共转移了4 mol电子，故转移1.2mol电子时，消耗的 NO_2 为 $1.2 \div 4 \times 22.4 \text{ L} = 6.72 \text{ L}$ 。

(2) 根据盖斯定律，将第二个方程式颠倒过来，与第一个方程式相加得： $2\text{NO}_2 + 2\text{SO}_2 = 2\text{SO}_3 + 2\text{NO}$ ， $\Delta H = -83.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，故 $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + \text{NO}$ ， $\Delta H = -41.8$

$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；本反应是反应前后气体分子数不变的反应，故体系的压强保持不变，故a不能说明反应已达到平衡状态；随着反应的进行， NO_2 的浓度减小，颜色变浅，故b可以说明反应已达平衡； SO_3 和 NO 都是生成物，比例保持1:1，故c不能作为平衡状态的判断依据；d中所述的两个速率都是逆反应速率，不能作为平衡状态的判断依据。



起始物质的体积 1a 2a 0 0

转化物质的体积 x x x x
平衡物质的体积 1a - x 2a - x x x

则 $(1a - x) : (2a - x) = 1 : 6$, 故 $x = \frac{4}{5}a$, 故平衡常数为 $\frac{x^2}{(1a - x)(2a - x)} = 8/3$.

(3) 由图可知, 温度升高, CO的转化率降低, 平衡向逆反应方向移动, 故逆反应是吸热反应, 正反应是放热反应, $\Delta H < 0$; 压强增大, 有利于加快反应速率, 有利于使平衡正向移动, 但压强过大, 需要的动力大, 对设备的要求也高, 故选择 250°C 、 $1.3 \times 10^4 \text{kPa}$ 左右的条件. 因为在 250°C 、压强为 $1.3 \times 10^4 \text{kPa}$ 时, CO的转化率已较大, 再增大压强, CO的转化率变化不大, 没有必要再增大压强. 故答案为: (1) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$; 6.72

(2) - 41.8; b; 2.67或8/3

(3) <; 在 $1.3 \times 10^4 \text{kPa}$ 下, CO的转化率已较高, 再增大压强CO的转化率提高不大, 而生产成本增加得不偿失.

【点评】该题将元素化合物与能量变化、化学平衡等知识柔和在一起进行考察, 充分体现了高考的综合性, 看似综合性较强的问题, 只要细细分析, 还是能各个突破的. 第(3)容易出错, 需认真分析图象, 得出正确结论.

9. (14分) (2011•山东) 科研、生产中常涉及钠、硫及其化合物.

(1) 实验室用无水乙醇处理少量残留的金属钠, 化学方程式为 $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{Na} = 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa} + \text{H}_2\uparrow$. 要清洗附着在试管壁上的硫, 可用的试剂是 CS_2 [或 (热) NaOH 溶液].

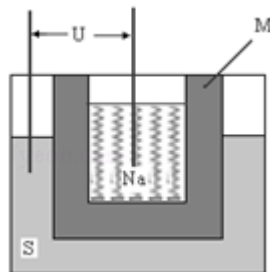
(2) 如图为钠硫高能电池的结构示意图. 该电池的工作温度为 200°C 左右, 电池反应为 $2\text{Na} + x\text{S} = \text{Na}_2\text{S}_x$, 正极的电极反应式为 $x\text{S} + 2e^- = \text{S}_x^{2-}$ (或 $2\text{Na}^+ + x\text{S} + 2e^- = \text{Na}_2\text{S}_x$). M (由 Na_2O 和 Al_2O_3 制得) 的两个作用是 离子导电 (导电或电解质) 和隔离钠与硫. 与铅蓄电池相比, 当消耗相同质量的负极活性物质时, 钠硫电池的理论放电量是铅蓄电池 4.5 倍 (铅的相对原子质量是207).

(3) Na_2S 溶液中离子浓度由大到小的顺序为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{S}^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HS}^-) > c(\text{H}^+)$

, 向该溶液中加入少量固体 CuSO_4 , 溶液 pH 减小 (填“增大”、“减小”或“不变”).

Na_2S 溶液长期放置有硫析出, 是因为 $2\text{S}^{2-} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{S}\downarrow + 4\text{OH}^-$

(用离子方程式表示).



【考点】常见金属元素的单质及其化合物的综合应用; 原电池和电解池的工作原理; 电极反应和电池反应方程式; 盐类水解的应用; 钠的化学性质.

【专题】开放题; 盐类的水解专题; 电化学专题.

【分析】(1) 根据乙醇能和钠反应的性质以及硫在二硫化碳中的溶解性知识来回答;

(2) 原电池正极发生得电子的还原反应，结合原电池的构成条件和题意实际情况来分析M的作用，根据铅蓄电池的工作原理和钠硫高能电池的工作原理来回答；

(3) 根据盐的电离和离子的水解知识来比较离子浓度大小，根据加入硫酸铜后所发生的反应情况来判断pH的变化，根据硫离子的强还原性来回答。

【解答】解：(1) 乙醇能和钠反应，方程式为： $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}+2\text{Na}=2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa}+\text{H}_2\uparrow$ ，硫极易溶于二硫化碳，微溶于酒精，不溶于水，还能和热的氢氧化钠溶液反应，故答案为： $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}+2\text{Na}=2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa}+\text{H}_2\uparrow$ ； CS_2 [或(热)NaOH溶液]；

(2) 原电池正极发生得电子的还原反应，在反应 $2\text{Na}+\text{xS}=\text{Na}_2\text{S}_\text{x}$ 中，硫单质得电子，故正极反应为： $\text{xS}+2\text{e}^-=\text{S}_\text{x}^{2-}$ (或 $2\text{Na}^++\text{xS}+2\text{e}^-=\text{Na}_2\text{S}_\text{x}$)，M作为电解质的同时又将钠和硫隔开，与铅蓄电池相比，当消耗相同质量的负极活性物质铅和钠时，铅成为铅离子时转移电子的物质的量是钠成为钠离子时转移的电子的物质的量的4.5倍，即钠硫电池的理论放电量是铅蓄电池4.5倍，故答案为： $\text{xS}+2\text{e}^-=\text{S}_\text{x}^{2-}$ (或 $2\text{Na}^++\text{xS}+2\text{e}^-=\text{Na}_2\text{S}_\text{x}$)、离子导电(导电或电解质)和隔离钠与硫、4.5；

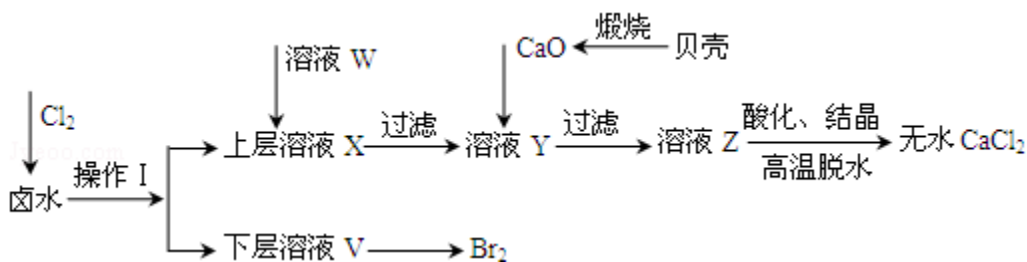
(3) 硫化钠电离出的离子有钠离子和硫离子，理论上钠离子浓度是硫离子的2倍，故 $c(\text{Na}^+) > c(\text{S}^{2-})$ ，但少量的硫离子水解，第一步水解强于第二步，两步水解均生成氢氧根，故 $c(\text{S}^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HS}^-)$ ，溶液显碱性，故氢离子浓度最小，加硫酸铜后，溶液由碱性硫化钠溶液变为中性硫酸钠溶液，故pH

减小，故答案为： $c(\text{Na}^+) > c(\text{S}^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HS}^-) > c(\text{H}^+)$ ；减小；

(4) 硫离子有很强还原性，很容易被空气氧化，反应方程式为： $2\text{S}^{2-}+\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}=2\text{S}\downarrow+4\text{OH}^-$ ，故答案为： $2\text{S}^{2-}+\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}=2\text{S}\downarrow+4\text{OH}^-$ 。

【点评】本题是一道开放性的题目，同时即考查了有机物知识、电化学知识还考查了溶液的水解和电离知识，难度很大。

10. (14分) (2011•山东) 实验室以含有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Br^- 等离子的卤水为主要原料制备无水 CaCl_2 和 Br_2 ，流程如下：



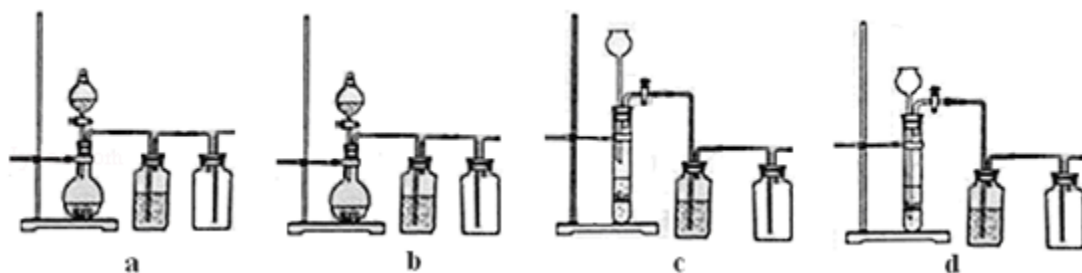
(1) 操作 I 使用的试剂是 四氯化碳，所用的主要仪器名称是 分液漏斗。

(2) 加入溶液 W 的目的是 除去溶液中 SO_4^{2-} 。

用 CaO 调节溶液 Y 的 pH，可以除去 Mg^{2+} 。由表中数据可知，理论上可选择的 pH 最大范围是 $11.0 \leq \text{pH} < 12.2$ 。酸化溶液 Z 时，使用的试剂为 盐酸。

	开始沉淀时的 pH	沉淀完全时的 pH
Mg^{2+}	9.6	11.0
Ca^{2+}	12.2	$c(\text{OH}^-) = 1.8 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(3) 实验室用贝壳与稀盐酸反应制备并收集气体，下列装置中合理的是 b、d。



(4) 常温下, H_2SO_3 的电离常数 $K_{a1}=1.2\times 10^{-2}$, $K_{a2}=6.3\times 10^{-8}$; H_2CO_3 的电离常数 $K_{a1}=4.5\times 10^{-7}$, $K_{a2}=4.7\times 10^{-11}$. 某同学设计实验验证 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 : 将 SO_2 和 CO_2 气体分别通入水中至饱和, 立即用酸度计测量溶液的 pH, 若前者的 pH 小于后者, 则 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 . 该实验设计不正确, 错误在于 用于比较 pH 的两种酸的物质的量浓度不相等.

设计合理实验验证 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 (简要说明实验步骤、现象和结论).

三种参考方案如下:

方案一: 配制相同物质的量浓度的 NaHSO_3 和 NaHCO_3 溶液. 用酸度计 (或 pH 试纸) 测两溶液的 pH. 前者的 pH 小于后者, 证明 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 .

方案二: 将 SO_2 气体依次通过 NaHCO_3 (或 Na_2CO_3) 溶液、酸性 KMnO_4 溶液、品红溶液、澄清石灰水. 品红溶液不褪色, 且澄清石灰水变浑浊, 证明 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 .

方案三: 将 CO_2 气体依次通过 NaHSO_3 (或 Na_2SO_3) 溶液、品红溶液. 品红溶液不褪色, 证明 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 .

仪器自选.

供选择的试剂: CO_2 、 SO_2 、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 Na_2SO_3 、 NaHSO_3 、蒸馏水、饱和石灰水、酸性 KMnO_4 溶液、品红溶液、pH 试纸.

【考点】 制备实验方案的设计; 物质的分离、提纯和除杂; 气体发生装置; 气体的收集; 比较弱酸的相对强弱的实验.

【专题】 综合实验题.

【分析】 实验室以含有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 Br^- 等离子的卤水为主要原料制备无水 CaCl_2 和 Br_2 , 应将混合物中的 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Br^- 等离子除去, 根据流程可以看出分别加入氯气将溶液中的 Br^- 氧化溴单质, 加入氯化钡除去 SO_4^{2-} , 用 CaO 调节溶液 Y 的 pH, 可以除去 Mg^{2+} .

(1) 单质溴极易溶于有机溶剂, 所以可以采用萃取的方法, 萃取的主要仪器是分液漏斗;

(2) 分析表中数据可知 pH 大于 11 时 Mg^{2+} 沉淀完全, pH 大于 12.2 时, Ca^{2+} 开始沉淀, 所以理论上可选择 pH 最大范围是 $11.0 \leq \text{pH} < 12.2$; 除杂时不能引入新的杂质;

(3) CO_2 的密度大于空气中的, 所以采用向上排空气法收集 CO_2 气体. 若采用长颈漏斗时, 长颈漏斗的下端必需插入到溶液中, 以防止 CO_2 气体从长颈漏斗中挥发出来;

(4) H_2SO_3 和 H_2CO_3 均属于二元酸, 要想通过比较二者的 pH 来验证二者的酸性强弱, 必需使二者的浓度相同, 但是 SO_2 和 CO_2 气体溶于水后的饱和溶液其浓度显然不相等 (因为二者的溶解度不同), 所以该实验设计不正确; 要检验酸性强弱, 可以采用多种方法, 例如利用水解原理 (酸越弱相应的强碱盐就越易水解), 也可以利用较强的酸制取较弱的酸来检验.

【解答】 解: (1) 氯气具有强氧化性, 通入氯气后可以将溶液中的 Br^- 氧化溴单质, 因为单质溴极易溶于有机溶剂, 所以可以采用萃取的方法, 萃取的主要仪器是分液漏斗. 由流程图可知单质溴在下层, 因此该有机溶剂的密度要比水的大且不溶于水, 所以该试剂是 CCl_4 , 故答案为: 四氯化碳; 分液漏斗;

(2) 由于 SO_4^{2-} 会与 Ca^{2+} 结合形成微溶性的硫酸钙而影响氯化钙的制备, 因此必需除去; 由表中数据可知 pH 大于 11 时 Mg^{2+} 沉淀完全, pH 大于 12.2 时, Ca^{2+} 开始沉淀, 所以理论上可

选择pH最大范围是 $11.0 \leq \text{pH} < 12.2$ ；因为不能引入新的杂质，所以酸化溶液Z时，使用的试剂应该为盐酸，故答案为：除去溶液中的 SO_4^{2-} ； $11.0 \leq \text{pH} < 12.2$ ；盐酸；

(3) 实验室制取 CO_2 的特点是固体和液体反应且不需要加热，由于盐酸易挥发，因此在收集之前需要出去挥发出来 HCl 气体，因为 CO_2 的密度大于空气中的，所以采用向上排空气法收集 CO_2 气体。若采用长颈漏斗时，长颈漏斗的下端必须插入到溶液中，以防止 CO_2 气体从长颈漏斗中挥发出来，因此选项b、d正确，故答案为：b、d；

(4) H_2SO_3 和 H_2CO_3 均属于二元酸，要想通过比较二者的pH来验证二者的酸性强弱，必需使二者的浓度相同，但是 SO_2 和 CO_2 气体溶于水后的饱和溶液其浓度显然不相等（因为二者的溶解度不同），所以该实验设计不正确；要检验酸性强弱，可以采用多种方法，例如利用水解原理（酸越弱相应的强碱盐就越易水解），也可以利用较强的酸制取较弱的酸来检验。由于 SO_2 和 CO_2 气体均可以使饱和石灰水变混浊，所以 CO_2 气体在通入饱和石灰水之前必需除去 CO_2 气体中混有的 SO_2 气体，故答案为：

三种参考方案如下：

方案一：配制相同物质的量浓度的 NaHSO_3 和 NaHCO_3 溶液，用酸度计（或pH试纸）测两溶液的pH。前者的pH小于后者，证明 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 。

方案二：将 SO_2 气体依次通过 NaHCO_3 （ Na_2CO_3 ）溶液、酸性 KMnO_4 溶液、品红溶液、澄清石灰水。品红溶液不褪色、且澄清石灰水变混浊，证明 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 。

方案三：将 CO_2 气体依次通过 NaHSO_3 （ Na_2SO_3 ）溶液、品红溶液。品红溶液不褪色，证明 H_2SO_3 酸性强于 H_2CO_3 。

【点评】 本题主要考查常见的基本实验操作、仪器的使用、离子的除杂和实验方案设计，综合性强。

11. (8分) (2011·山东) [化学与技术]

水处理技术在生产、生活中应用广泛。

(1) 含有较多 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}

离子的水称为硬水。硬水加热后产生碳酸盐沉淀的离子方程式为__



O（写出一个即可）

(2) 将RH型阳离子交换树脂和ROH型阴离子交换树脂串接来软化天然硬水，应首先使硬水通过 RH（填“RH”或

“ROH”）型离子交换树脂，原因是__

先通过阴离子交换树脂可能生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等沉淀而影响树脂交换效果。

(3) 通过施加一定压力使水分子通过半透膜而将大分子或离子截留，从而获得纯净水的方法称为 反渗透法。电渗析法净化水时，使离子通过半透膜的推动力是__

电势差（或电场力）。

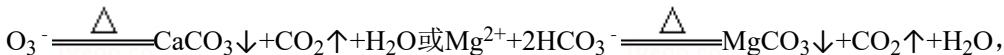
(4) 检验蒸馏水的纯度时，最简单易行的方法是测定水的 电导率（或电阻率）。

【考点】 物质的分离、提纯的基本方法选择与应用；渗析；离子交换。

【分析】 硬水中含有较多的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子，阴离子含有 HCO_3^- ，加热时碳酸氢盐分解可生成难溶的 CaCO_3 或 MgCO_3 沉淀；RH型阳离子交换树脂和ROH型阴离子交换树脂串接来软化天然硬水时，RH型阳离子交换树脂可交换硬水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子，否则易生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等沉淀而影响树脂交换效果；工业中利用反渗透法通过施加一定压力使水分子通过半透膜而将大分子或离子截留，而获得纯净水，利用电渗析法可使相应的离子通过半透膜

以达到硬水软化的效果；溶液的导电能力取决于溶液中的离子浓度大小，检验蒸馏水的纯度时，最简单的方法是测定水的导电率。

【解答】解：（1）通常按水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的多少，把天然水分为硬水和软水。含有较多 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的水叫做硬水；如果水的硬度是由 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 或 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 所引起的，这种硬度叫做暂时硬度。具有暂时硬度的水可以用加热的方法进行软化，方程式为 $\text{Ca}^{2+}+2\text{HCO}_3^-$



故答案为： $\text{Ca}^{2+}+2\text{HCO}_3^- \xrightarrow{\Delta} \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Mg}^{2+}+2\text{HCO}_3^- \xrightarrow{\Delta} \text{MgCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

（2）如果水的硬度是由钙和镁的硫酸盐或氯化物等引起的，这种硬度叫做永久硬度。具有永久硬度的水可以采用离子交换法进行软化。离子交换剂中阳离子与水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 发生离子交换作用，使水得到净化。如果硬水先通过ROH型阴离子交换树脂时可能产生 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等沉淀而影响交换效果，所以先通过RH型阳离子交换树脂。

故答案为：RH；先通过阴离子交换树脂可能生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等沉淀而影响树脂交换效果；

（3）电渗析法是一种利用离子交换膜进行海水淡化的方法。在外加电场的作用下，水溶液中阴、阳离子会分别向两极移动，如果在中间加上一种交换膜，就可能达到分离浓缩的目的。所以电渗析法净化水时，使离子通过半透膜的推动力是电势差或电场力。故答案为：反渗透法；电势差（或电场力）；

（4）因为水的电离程度极小，所以纯水是几乎不导电的，因此要检验蒸馏水的纯度时，最简单易行的方法是测定水的电导率或电阻率。故答案为：电导率（或电阻率）。

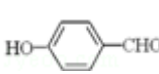
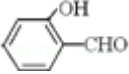
【点评】本题考查硬水软化的原理，做题时注意硬水的主要离子成分以及物质的性质，注意相关基础知识的积累。

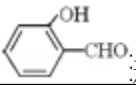
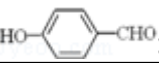
12. (8分) (2011•山东) [物质结构与性质]

氧是地壳中含量最多的元素

(1) 氧元素基态原子核外未成对电子数为 2 个。

(2) H_2O 分子内O-H键、分子间的范德华力和氢键从强到弱依次为

O-H键、氢键、范德华力。  沸点比  高，原因是

 形成分子内氢键，而  形成分子间氢键，分子间氢键使分子间作用力增大。 。

(3) H^+ 可与 H_2O 形成 H_3O^+ ， H_3O^+ 中O原子采用 sp^3

杂化。 H_3O^+ 中H-O-H键角比 H_2O 中H-O-H键角大，原因是

H_2O 中O原子有两对孤对电子， H_3O^+ 中O原子有一对孤对电子，排斥力较小 。

(4) CaO 与 NaCl 的晶胞同为面心立方结构，已知 CaO 的密度为 $a\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ， N_A 表示阿伏伽德罗常数，则 CaO 晶胞的体积为 $\frac{224}{aN_A}$

cm^3 。

【考点】化学键和分子间作用力的区别；原子核外电子的能级分布；晶胞的计算；分子间作用力对物质的状态等方面的影响。

【专题】压轴题.

【分析】(1) s能级有一个轨道, 最多排2个电子, p能级有3个轨道, 每个轨道最多排2个电子, 结合洪特规则分析;

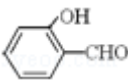

(2) 化学键的键能大于氢键的键能, 氢键的键能大于分子间作用力; 氢键对物质的物理性质产生影响, 分子间氢键使物质的沸点升高, 分子内氢键使物质的沸点降低;

(3) 先确定VSEPR模型, 然后在确定中心原子的杂化轨道类型; 一般来说, 相互之间排斥力的大小为: 孤电子对间的排斥力 > 孤电子对与成键电子对间的排斥力 > 成键电子对间的排斥力;

(4) 先计算一个氧化钙分子的质量, 再用均摊法求出一个晶胞含有的阴阳离子数, 然后根据 $V = \frac{m}{\rho}$ 求出其体积.

【解答】解: (1) 氧元素基态原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$, 4个电子在三个轨道中排布, 故未成对电子数为2个, 故答案为: 2;

(2) 共价键的键能大于氢键的作用力, 氢键的作用力还大于范德华力, 故 H_2O 分子内的 O-H键、分子间的范德华力和氢键从强到弱依次为 O-H键、氢键、分子间的范德华力; 含分子间氢键的物质的沸点大于分子内氢键物质的沸点, 因此原因是前者易形成分子间氢键, 后者易形成分子内氢键.

故答案为: O-H键、氢键、范德华力;  形成分子内氢键, 而  形成分子间氢键, 分子间氢键使分子间作用力增大;

(3) H_3O^+ 价层电子对模型为四面体, 氧原子采取 sp^3 杂化. H_2O 中 O 原子有两对孤对电子, H_3O^+ 中 O 原子有一对孤对电子, 因为孤电子对间的排斥力 > 孤电子对与成键电子对间的排斥力 > 成键电子对间的排斥力, 导致 H_3O^+ 中 H-O-H 键角比 H_2O 中 H-O-H 键角大.

故答案为: sp^3 ; H_2O 中 O 原子有两对孤对电子, H_3O^+ 中 O 原子有一对孤对电子, 排斥力较小

(4) 1个“CaO”的质量为 $\frac{56 \text{ g/mol}}{N_A/\text{mol}} = \frac{56}{N_A} \text{ g}$, 而用均摊法算出一个晶胞含有4个“CaO”, 即一个晶胞质量为 $\frac{56}{N_A} \text{ g} \times 4 = \frac{224}{N_A} \text{ g}$, 又有 $\rho = \frac{m}{V}$, 则 $V = \frac{m}{\rho}$,

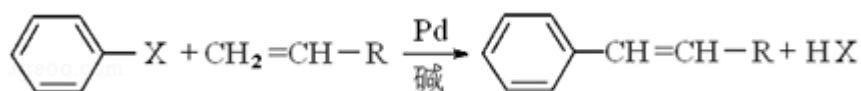
$$V = \frac{224}{N_A} \text{ g} \div \text{ag/cm}^3 = \frac{224}{aN_A} \text{ cm}^3, \text{ 则 CaO 晶胞体积为 } \frac{224}{aN_A} \text{ cm}^3.$$

故答案为: $\frac{224}{aN_A}$.

【点评】本题把物质结构和性质与有机化合物的性质融合成一体, 考查学生对元素推理、原子轨道杂化类型、分子空间结构、氢键、等电子体原理、晶胞结构等知识的掌握和应用能力. 本题基础性较强, 难度较大, 注意晶胞体积的计算方法.

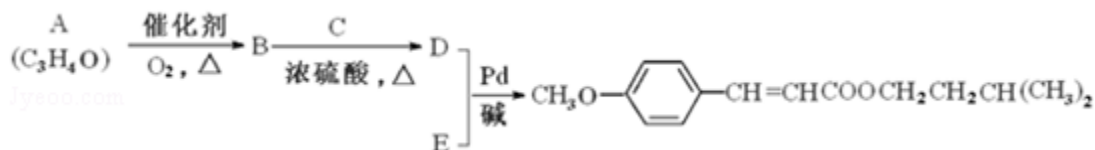
13. (8分) (2011•山东) [有机化学基础]

美国化学家 R. F. Heck 因发现如下 Heck 反应而获得 2010 年诺贝尔化学奖.



(X为卤原子, R为取代基)

经由Heck反应合成M(一种防晒剂)的路线如下:

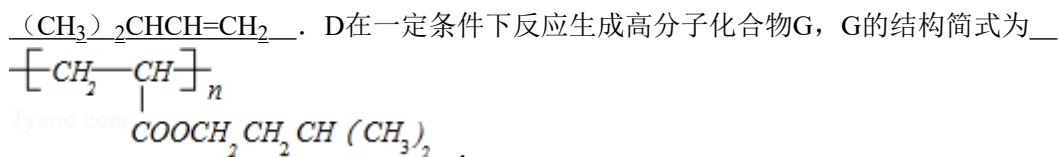


回答下列问题:

(1) M可发生的反应类型是 ad .

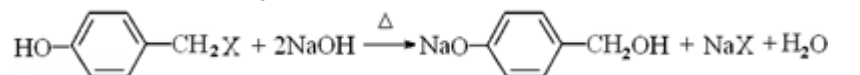
a. 取代反应 b. 酯化反应 c. 缩聚反应 d. 加成反应

(2) C与浓 H_2SO_4 共热生成F, F能使酸性 KMnO_4 溶液褪色, F的结构简式是



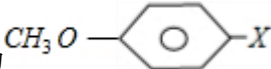
(3) 在 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的反应中, 检验A是否反应完全的试剂是 新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液(或新制银氨溶液).

(4) E的一种同分异构体K符合下列条件: 苯环上有两个取代基且苯环上只有两种不同化学环境的氢, 与 FeCl_3 溶液作用显紫色. K与过量 NaOH 溶液共热, 发生反应的方程式为



【考点】有机物的推断; 有机物的合成; 取代反应与加成反应.

【专题】压轴题.

【分析】由合成M的路线可知: E应为 , D为 $\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$.

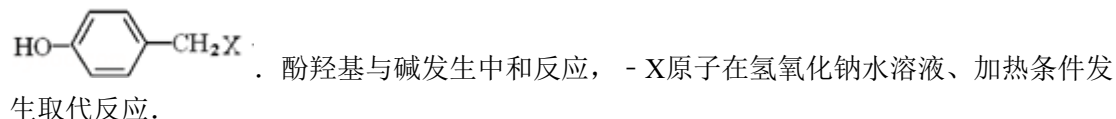
由 $\text{A}(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}) \xrightarrow[\text{O}_2, \Delta]{\text{催化剂}} \text{B} \xrightarrow[\text{浓H}_2\text{SO}_4, \Delta]{\text{C}} \text{D}$ 可知, A为 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$, B为 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$, 故C为 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$.

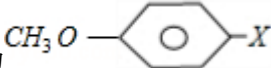
(1) 分子中含有碳碳双键具有烯烃的性质, 含有苯环具有苯的性质, 含有酯基具有酯的性质;

(2) C与浓 H_2SO_4 共热生成F, F能使酸性 KMnO_4 溶液褪色, 则C发生消去反应生成F; D中含有碳碳双键, 发生加聚反应生成高分子化合物G;

(3) 在 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的反应中, 醛基转化为羧基, 用新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液(或新制银氨溶液)进行检验;

(4) E的一种同分异构体K苯环上有两个取代基且苯环上只有两种不同化学环境的氢, 说明两个取代基处于苯环的对位位置, K与 FeCl_3 溶液作用显紫色, 则K中含有酚羟基. 故K为



【解答】解: 由合成M的路线可知: E应为 , D为 $\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$.

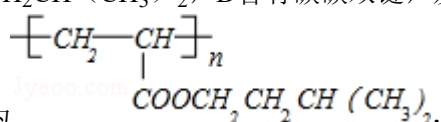
由A (C₃H₄O) $\xrightarrow[0_2, \Delta]{\text{催化剂}}$ B $\xrightarrow[\text{浓H}_2\text{SO}_4, \Delta]{\text{C}}$ D可知, A为CH₂=CH - CHO, B为CH₂=CH - CO

OH, 故C为HOCH₂CH₂CH (CH₃)₂.

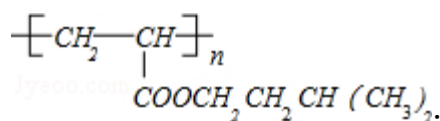
(1) M分子中含有碳碳双键、苯环, 可以发生加成反应; 含有苯环、酯基等可以发生取代反应, 不能发生酯化反应与缩聚反应, 故选: ad;

(2) C为HOCH₂CH₂CH (CH₃)₂, 与浓H₂SO₄共热生成F, F能使酸性KMnO₄溶液褪色, 故C发生消去反应生成F, 所以F为 (CH₃)₂CHCH=CH₂,

D为CH₂=CHCOOCH₂CH₂CH (CH₃)₂, D含有碳碳双键, 发生加聚反应生成高分子化合物



G, 所以G的结构简式为

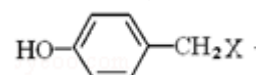


故答案为: (CH₃)₂CHCH=CH₂;

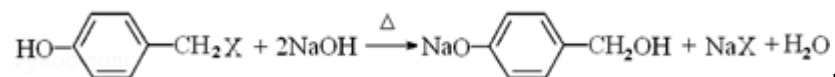
(3) 在A→B的反应中, 醛基转化为羧基, 用新制Cu (OH)₂悬浊液 (或新制银氨溶液) 检验A是否否反应完全,

故答案为: 新制Cu (OH)₂悬浊液 (或新制银氨溶液);

(4) E的一种同分异构体K苯环上有两个取代基且苯环上只有两种不同化学环境的氢, 说明两个取代基处于苯环的对位位置, K与FeCl₃溶液作用显紫色, 则K中含有酚羟基. 故K为



, K与过量NaOH溶液共热, 酚羟基与碱发生中和反应, -X原子在氢氧化钠水溶液、加热条件发生取代反应, 发生反应的方程式为



故答案为: $\text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2\text{X} + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{NaO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2\text{OH} + \text{NaX} + \text{H}_2\text{O}$

【点评】 本题考查有机信息合成与推断、同分异构体、常见有机物的性质与结构等, 难度中等, 掌握常见官能团的性质, 理解题目信息是解题的关键, 有机信息在于根据结构判断断键与成键.