

高考明星——多官能团化合物

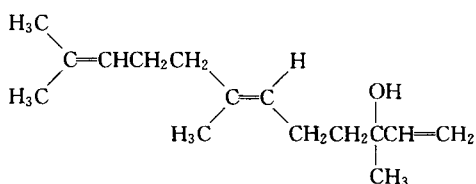
湖北 罗功举

多官能团化合物能集中体现有机化学的主干知识,一直是有机化学考查的重点,也是历年高考命题的热点,可谓高考中的明星。下面将多官能团化合物的常见考查方式归类分析如下,供参考。

一、考查多官能团化合物的组成、结构、性质

一般的,题目给出有机物的结构简式、球棍模型或键线式等,要求写出有机物的分子式、指出所含官能团、分析物质具有的性质等。

例 1 (2012 年高考全国大纲卷)橙花醇具有玫瑰及苹果香气,可作为香料。其结构简式如下:



下列关于橙花醇的叙述,错误的是()

- A. 既能发生取代反应,也能发生加成反应
- B. 在浓硫酸催化下加热脱水,可以生成不止一种四烯烃
- C. 1mol 橙花醇在氧气中充分燃烧,需消耗 470.4L 氧气(标准状况)
- D. 1mol 橙花醇在室温下与溴的四氯化碳溶液反应,最多消耗 240g 溴

分析:本题考查了有机物官能团的性质,特别是醇的消去反应产物的书写、有机物反应的

物质的量的关系。橙花醇分子中含有碳碳双键和醇羟基,故能发生加成反应和取代反应,A 项正确;在浓硫酸催化下加热,醇羟基部位脱水,发生消去反应,能生成 2 种四烯烃,B 项正确;1mol 橙花醇(分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$)在氧气中充分燃烧,需消耗 $(15 + 26/4 - 1/2) \times 1\text{mol} \times 22.4\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} = 470.4\text{L}$ 氧气(标准状况),C 项正确;橙花醇分子中含有 3 个碳碳双键,故 1mol 橙花醇在室温下可与溴的四氯化碳溶液反应,最多消耗 3mol Br_2 , 480g 溴,D 项错误。答案为 D。

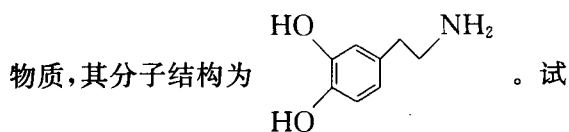
点评:对有机反应中的重要定量关系要弄清楚,对一些易错点要有清醒的认识,如醛、酮中的 $\text{C}=\text{O}$ 可以与 H_2 发生加成,但酸、酯中的 $\text{C}=\text{O}$ 不能;又如 1mol 一元卤代脂肪烃和 1mol 卤代芳烃(限于苯环上的氢被取代)在碱性溶液(如 NaOH)中水解,消耗 NaOH 的量是不同的。同时,有机化学反应中的重要规律或关系如醇的消去(或氧化)反应规律、酯化反应中量的关系等一直是考试命题的热点。

二、考查多官能团化合物的同分异构体

此类问题是有机化合物考查的热点和难点,包括判断有机物同分异构体的数目、书写或补写同分异构体的结构简式、分析有机物间相互关系等。

1. 确定同分异构体数目

例2 多巴胺是一种重要的中枢神经传导

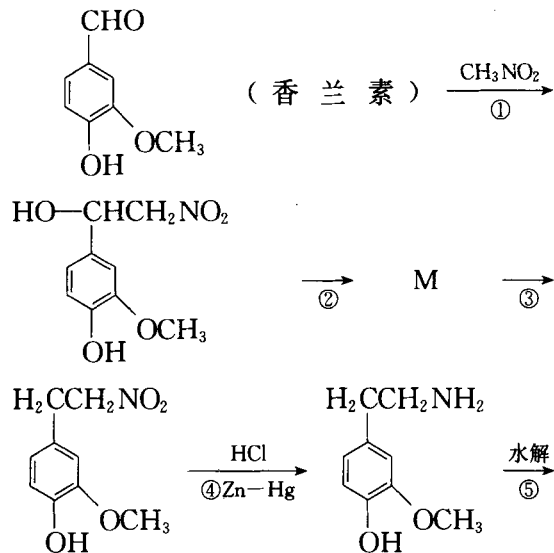


回答下列问题:

(1)多巴胺的分子式为_____;多巴胺属_____ (填“酸性”、“碱性”或“两性”)有机物。

(2)写出多巴胺与浓溴水反应的化学方程式:_____。

多巴胺可由香兰素与硝基甲烷反应后再经锌汞齐还原水解制得。合成过程可表示如下:

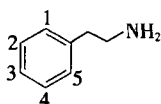


多巴胺

(3)在上述合成多巴胺途径中,属于加成反应的是_____ (填编号)。写出 M 的结构简式:_____。

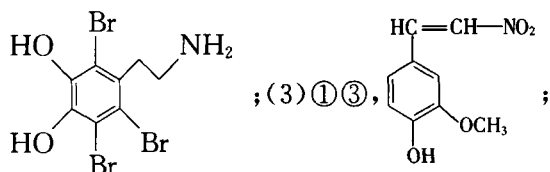
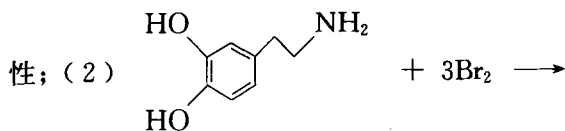
(4)多巴胺分子中两个羟基处于苯环上不同位置时的同分异构体(苯环上的其他基团不变)共有_____ (不包括多巴胺)种。

分析:这里主要剖析第(4)问,将多巴胺分子中苯环上的碳原子编号为右图情况,当一个—OH 在1号位时,另一个



—OH 可以在2,3,4或5号位,共4种结构;当一个—OH 在2号位时,另一个—OH 可

以在3(即多巴胺分子)、4号位,共1种结构,其余情况均与上述结构重复,不需统计。故符合题意的结构有5种。答案为(1) $C_8H_{11}NO_2$,两性;

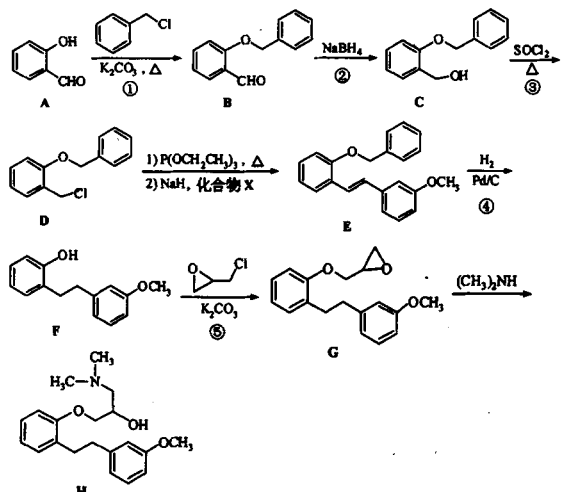


(4)5。

点评:分析同分异构体数目时,一要注意题目要求,是取代产物的同分异构体还是本身的或其他指定的类别异构体;二要注意解题方法,常用方法有直写法、基团法、等效氢法、等价代换法、组合法、“移减反并”四字法(主要适合酸、酯)等。

2. 限定条件型同分异构体的书写

例3 (2012年江苏化学卷)化合物H是合成药物盐酸沙格雷酯的重要中间体,其合成路线如下:



(1)化合物A的含氧官能团为_____和_____ (填官能团的名称)。

(2)反应①→⑤中属于取代反应的是_____ (填序号)。

(3)写出同时满足下列条件的B的一种同

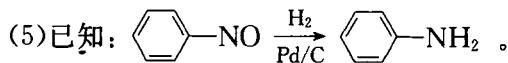
分异构体的结构简式：_____。

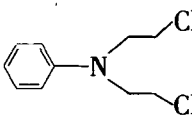
I. 分子含有两个苯环



II. 分子有 7 种不同化学环境的氢

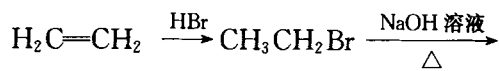
III. 不能与 FeCl_3 溶液发生显色反应, 但水解产物之一能发生此反应

(4) 实现 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 的转化中, 加入的化合物 X 能发生银镜反应, X 的结构简式为_____。



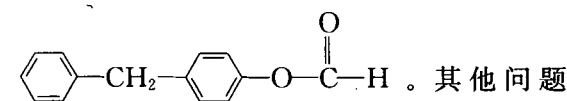
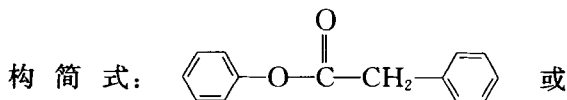
化合物  是合成抗癌药物美法

伦的中间体, 请写出以  和  为原料制备该化合物的合成路线图(无机试剂任用)。合成路线图示例如下:

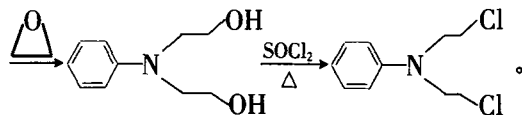
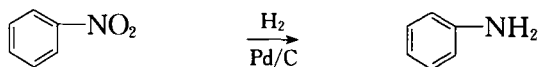
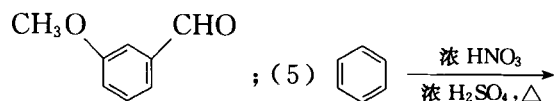
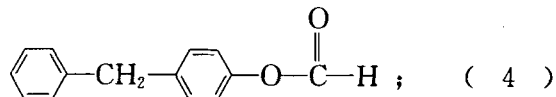
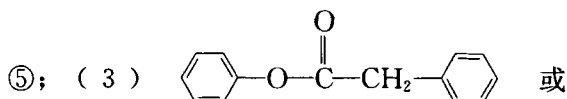


$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

分析: 这里主要分析第(3)问, B 物质的结构简式在合成路线中已给出, 它含 2 个苯环、1 个醛基、1 个氧原子、1 个亚甲基($-\text{CH}_2-$)。“分子有 7 种不同化学环境的氢”是指分子(共 12 个氢原子)中有 5 个氢原子分别与另外的 5 个氢原子为等效氢, 再加两端位上的氢原子, 共有 7 种不同化学环境的氢; “不能与 FeCl_3 溶液发生显色反应”是指不能出现酚羟基; “水解产物之一能发生此反应”有两层意思, 一是含酯基, 二是水解产物中含酚羟基, 即有机物为酚酯。依据上述分析, 则可写出 B 的同分异构体的结



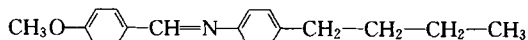
答案为(1)羟基, 醛基(顺序可调换); (2)①③



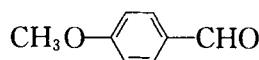
点评: 书写限定条件下的同分异构体时, 一、要理解各限制条件的含义及相互制约关系, 有的是限定官能团(种类、数目), 有的是限定基团的位置; 二要注意将官能团的性质与限制条件相联系, 如条件为“使 FeCl_3 溶液显紫色”, 则说明羟基直接连在苯环上(酚的结构), 不能弄错。

3. 补写同分异构体

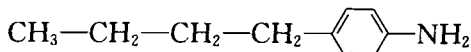
例 4 液晶是一类新型材料, MBBA 是一种研究得较多的液晶化合物, 它可以看做是由醛 A 和胺 B 脱水缩合的产物。



MBBA

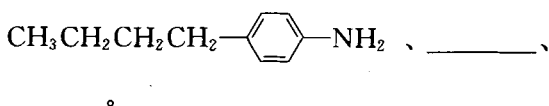
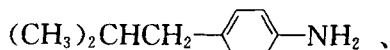


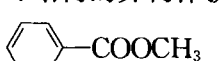
醛 A

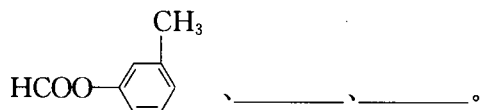
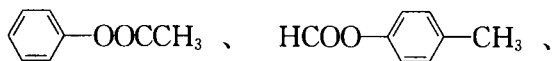


胺 B

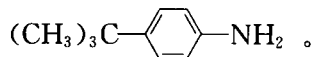
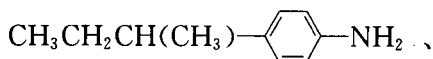
(1) 对位上有 $-\text{C}_4\text{H}_9$ 的苯胺可能有 4 个异构体, 它们是



(2) 醛 A 的异构体甚多, 其中属于酯类化合物, 而且结构简式中有苯环结构的异构体就有 6 种, 它们是 、

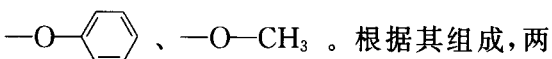
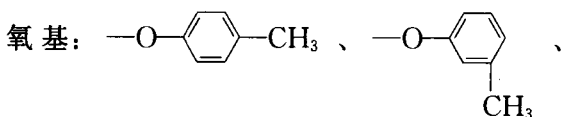


分析: (1) 无类别异构、位置异构之虑, 只有 $\text{—C}_4\text{H}_9$ 的碳架异构, 显然还有

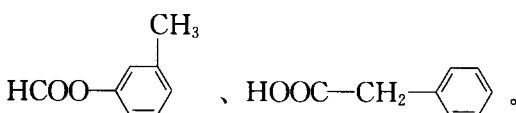


(2) 题中有两个限制条件“属于酯类化合物且结构中有苯环结构”, 则不涉及类别异构。由酯的组成可知, $\text{R}(\text{H})\text{CO—OR}'$, 虚线左侧来源于酸, 右侧来源于醇。将它转化为 3 种酰基:

HCO— 、 $\text{CH}_3\text{CO—}$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO—}$; 6 种烃



根据其组成, 两两相连接, 可写出 6 种结构, 其余 2 种结构为



点评: 列举有机物同分异构体结构的关键有两点: 一是思维有序, 一般是按“类别异构 \rightarrow 碳架异构 \rightarrow 官能团异构或取代基位置异构”顺序有序列举, 同时要充分利用“对称性”防漏剔增; 二是基团连接准确, 基团间位置连接不能出错。

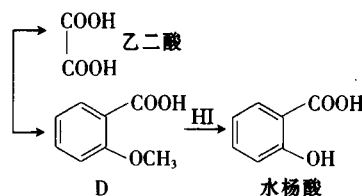
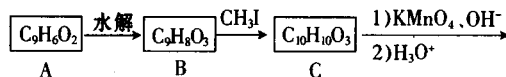
三、考查多官能团化合物的合成与推断

这类问题是有机化合物知识的必考题型, 往往涉及有机化学的基础知识, 如官能团的性质、碳链的变化、有机物间的转化关系及反应类型等。

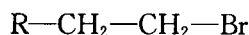
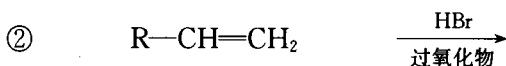
1. 有机合成型

例 5 香豆素是广泛存在于植物中的一类

芳香族化合物, 大多具有光敏性, 有的还具有抗菌和消炎作用。它的核心结构是芳香内酯 A, 其分子式为 $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$ 。该芳香内酯 A 经下列步骤转变为水杨酸和乙二酸。



提示: ① $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$

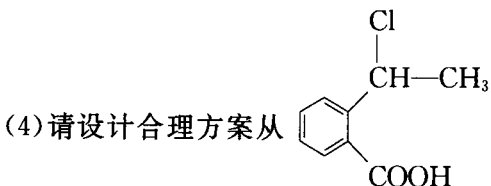


请回答下列问题:

(1) 写出化合物 C 的结构简式: _____。

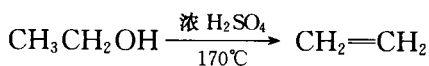
(2) 化合物 D 有多种同分异构体, 其中一类同分异构体是苯的二元取代物, 且水解后生成的产物之一能发生银镜反应。这类同分异构体共有 _____ 种。

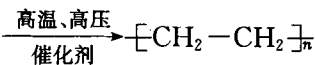
(3) 在上述转化过程中, 反应步骤 B \rightarrow C 的目的是 _____。



合成 (用反应流程图表示, 并注明反应条件)。

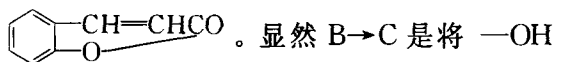
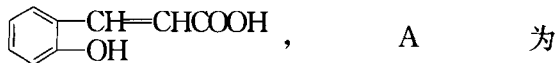
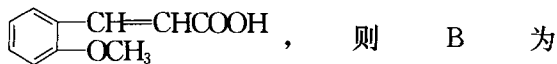
示例 由乙醇合成聚乙烯的反应流程图可表示为





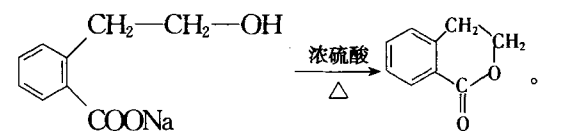
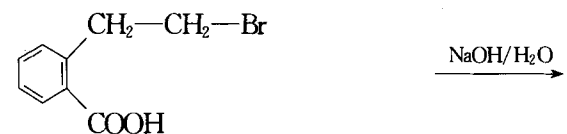
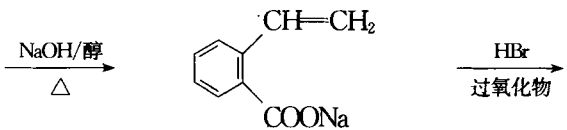
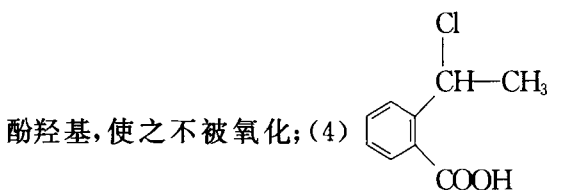
分析:本题涉及根据已知合成路线推物质、写同分异构体等,还要求设计合理的合成路线制物质,综合性强,要求高。用逆推法思考如下:

由提示①及 C→乙二酸+D 可知 C 可能为



(酚羟基)转化为 —OCH₃ 加以保护,最后 D→水杨酸又用 HI 将 —OCH₃“还原”成了 —OH。答案

为(1)  ;(2)9;(3)保护

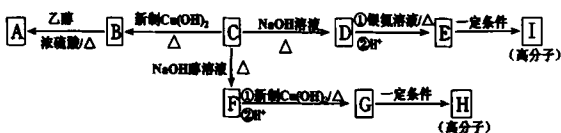


点评:有机物合成题的实质是利用有机物的性质,进行必要的官能团反应。这类试题往往涉及官能团的引入、消除、衍变及碳骨架增减等问题,因此,解答这类问题时,先要判断出合成的有机物带有哪些官能团,再寻找官能团的转化方法,找出目标有机物合成的关键和突破点。

2. 有机推断型

例 6 芳香族化合物 C 的分子式为 C₉H₉OCl。C 分子中有一个甲基且苯环上只有

一条侧链,一定条件下 C 能发生银镜反应,C 与其他物质之间的转化关系如下图所示:



(1)F 中含氧官能团的名称是 _____, B→A 的反应类型是 _____。

(2)C 的结构简式是 _____, H 的结构简式是 _____。

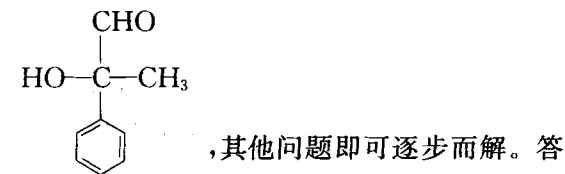
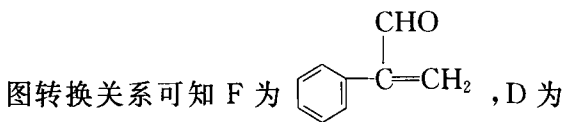
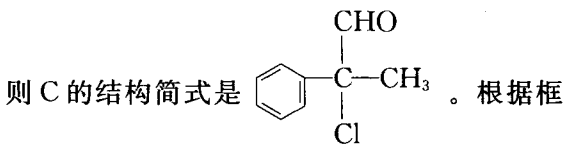
(3)写出下列化学方程式:①D 与银氨溶液反应 _____;②E→I _____。

(4)有的同学认为 B 中可能没有氯原子,你是 _____(填“同意”或“不同意”)该观点,你的理由是 _____。

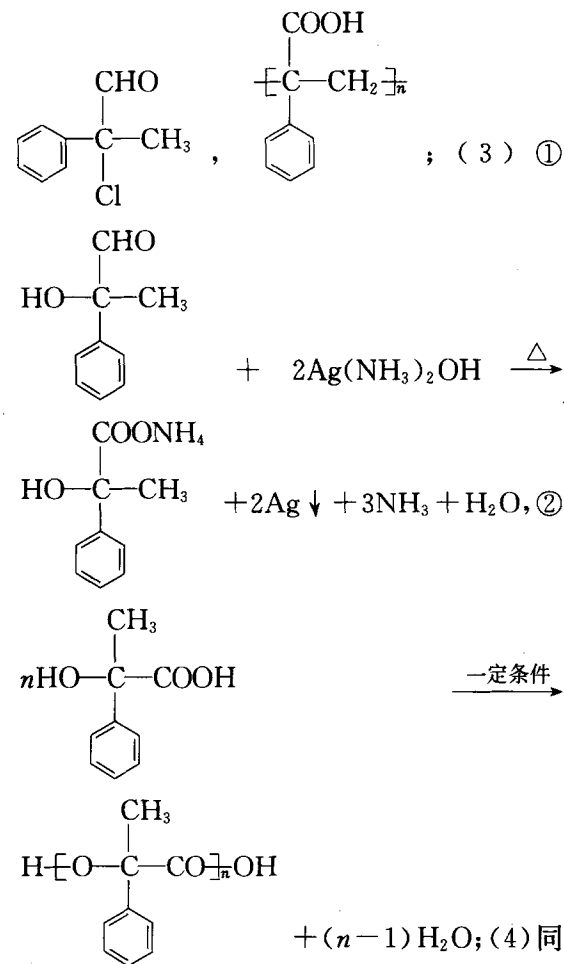
(5)D 的一种同系物 W(分子式为 C₈H₈O₂)有多种同分异构体,则符合以下条件 W 的同分异构体有 _____ 种,写出其中核磁共振氢谱有 4 个峰的物质的结构简式: _____。

①属于芳香族化合物 ②遇 FeCl₃ 溶液不变紫色 ③能与 NaOH 溶液发生反应但不属于水解反应

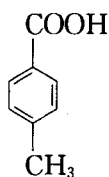
分析:根据题意可知 C 的结构中含苯环、醛基、甲基、氯原子,因它苯环上只有一条侧链,



为(1)醛基,取代反应(酯化反应);(2)



意,在碱性环境中氯原子可能水解;(5)4,

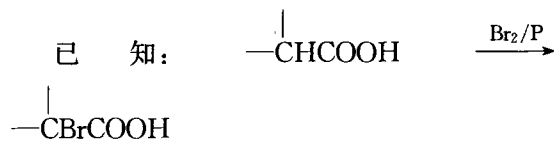
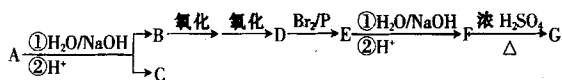


点评:有机框图推断是高考考查的一种常态题型,其解题策略主要为:以特征性内容(如结构、性质、组成、题给信息等)为切入点,抓住有机物转化中碳链的变化情况,并采用正向思维或逆向思维顺藤摸瓜,找出主要物质的结构情况,再对其他问题逐一分析,各个击破。

四、考查多官能团化合物的有关计算

如有机物燃烧问题,根据化学计算确定有机物的组成、分子式或其所含某原子的数目,图像图表分析计算、化学方程式计算等。

例7 (2012年浙江理综卷)化合物A(C₁₂H₁₆O₃)经碱性水解、酸化后得到B和C(C₈H₈O₂)。C的核磁共振氢谱表明含有苯环,且苯环上有2种氢原子。B经过下列反应后得到G,G由碳、氢、氧三种元素组成,相对分子质量为172;元素分析表明,G含碳55.8%,含氢7.0%,且核磁共振氢谱显示只有一个峰。



请回答下列问题:

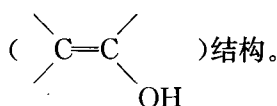
(1)写出G的分子式:_____。

(2)写出A的结构简式:_____。

(3)写出F→G反应的化学方程式:_____,该反应属于_____ (填反应类型)。

(4)写出满足下列条件的C的所有同分异构体的结构简式:_____。

①是苯的对位二元取代化合物;②能与FeCl₃溶液发生显色反应;③不考虑烯醇

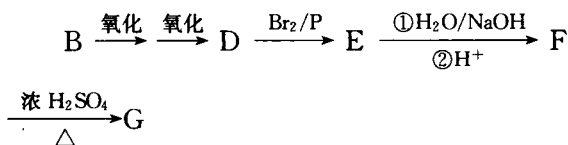


(5)在G的粗产物中,经检测含有聚合物杂质。写出聚合物杂质可能的结构简式(仅要求写出1种):_____。

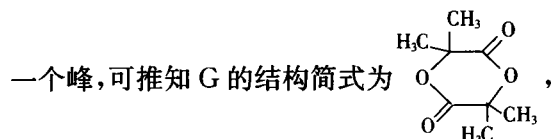
分析:(1)由G的相对分子质量为172,元素分析表明其含碳55.8%,含氢7.0%,可知G分子中含C、H、O的原子个数为C:(172×55.8%)/12=96/12=8,H:(172×7.0%)/1=12/1=12,O:(172-96-12)/16=64/16=4,所以G的分子式为C₈H₁₂O₄。

(2)由题给的信息:化合物A(C₁₂H₁₆O₃)经碱性水解、酸化后得到B和C(C₈H₈O₂),可知A为酯,水解后生成醇和羧酸。据C(C₈H₈O₂)

的核磁共振氢谱表明含有苯环,且苯环上有 2 种氢原子,可推出 C 为 $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$, 则 B 为醇($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$)。又 B 经过下列反应后得到 G:

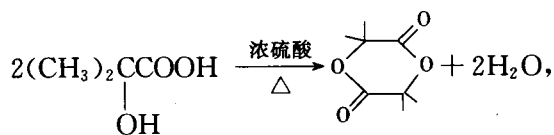


由此可推知:B 为醇,连续氧化生成羧酸 D ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$), 根据 $\begin{array}{c} | \\ -\text{CHCOOH} \end{array} \xrightarrow{\text{Br}_2/\text{P}} \begin{array}{c} | \\ -\text{CBrCOOH} \end{array}$ 转化关系可知 E 为 $\text{C}_3\text{H}_6\text{BrCOOH}$, 其在碱性条件下水解生成 $\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})\text{COONa}$, 酸化 (H^+) 后生成 $\text{F}[\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})\text{COOH}]$; 又根据 G 的分子式 ($\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_4$) 可推知 F 是在浓硫酸和加热条件下缩合成 G。根据 G 的核磁共振氢谱显示只有



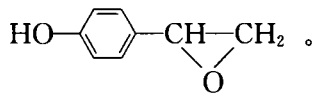
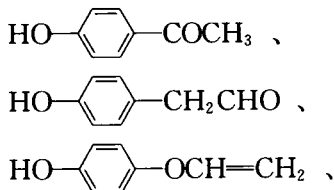
则 F 的结构简式为 $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{COOH}$, B 的结构简式为 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$, A 的结构简式为 $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ 。

(3) F \rightarrow G 反应的化学方程式为

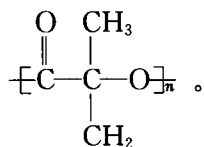


该反应属于取代反应(或酯化反应)。

(4) 根据题目所给的三个满足条件可推知, C ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$) 的所有同分异构体为



(5) 在 G 的粗产物中, 聚合物杂质可能有:



点评: 此类问题一般以化学计算为突破口, 其解题策略为: 先确定有机物中各元素的种类及数目, 再推求有机物化学式, 然后根据题意分析其所含官能团, 进而确定有机物的结构简式等, 再结合具体要求进行答题。

除上述类型的问题外, 还有有机物命名分析、所属物质类别的判断等。总之, 这些问题多为烃或烃的衍生物基础知识的综合。在解题时, 只要注意联系、合理迁移、恰当拆分, 是能够准确答题的。

跟踪练习

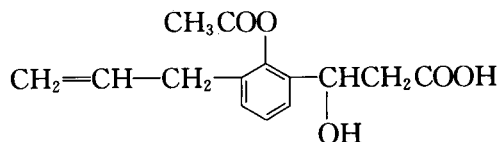
1. 某工厂生产的某产品只含 C、H、O 三种元素, 其分子模型如右图所示(图中球与球之间的连线代表



化学键, 如单键、双键等)。下列有关该物质的说法不正确的是()

- 该物质的分子式为 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$
- 该物质能发生加成反应、取代反应和氧化反应
- 该物质的最简单的同系物的结构简式为 $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$
- 该物质是石油分馏的一种产物

2. 某有机物的结构简式如下图, 则关于此有机物的说法不正确的是()



A. 可发生的反应类型有:

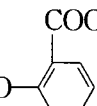
①取代 ②加成 ③消去 ④酯化 ⑤水解 ⑥氧化 ⑦中和

B. 1mol 该物质与足量 NaOH 溶液反应, 消耗 NaOH 的物质的量为 3mol

C. 可与氯化铁溶液发生显色反应

D. 1mol 该有机物一定条件下与足量的 H_2 发生加成反应, 消耗 $4mol H_2$

3. 芳香族化合物 A、B 互为同分异构体, 相对分子质量为 194, 分子中碳、氢的个数相等, 其余为氧, 氧的质量分数为 33%; A、B 分别经 ①NaOH 水溶液, ② H^+ 两步反应后都能得到

水杨酸()。A 水解后还有 C、D 生成, C 能发生银镜反应; B 水解后还有 E、F 生成, E 与 C 互为同系物, F 与 D 互为同系物。

(1) 写出 A、B 的结构简式: _____、_____。

(2) 水杨酸与小苏打反应的化学方程式是 _____。

(3) C 与 F 反应的方程式是 _____, 反应类型是 _____。

(4) D→G→高分子化合物, 写出该变化过程中的反应类型及形成高分子化合物的结构简式: _____、_____、_____。

(5) 写出同时符合下列要求的同分异构体的结构简式: _____。

①与 A 互为同分异构体; ②可以水解; ③苯环上有两个取代基; ④苯环上的一氯代物只有一种。

4. A、B 都是芳香族化合物, 1mol A 水解得到 1mol B 和 1mol 乙酸。A、B 的相对分子质量都不超过 200, 完全燃烧都只生成 CO_2 和 H_2O , 且 B 分子中碳和氢元素总的质量百分含量为 65.2% (即质量分数为 0.652)。A 溶液具有酸

性, 不能使 $FeCl_3$ 溶液显色。

(1) A、B 相对分子质量之差为 _____。

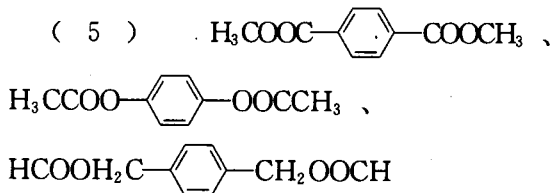
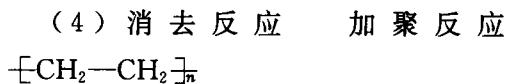
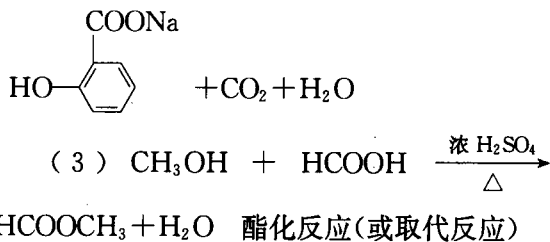
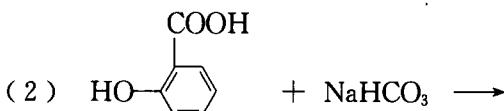
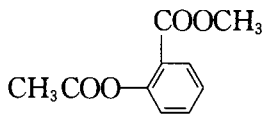
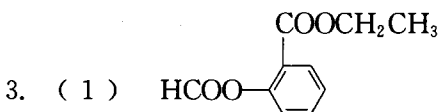
(2) 1 个 B 分子中应该有 _____ 个氧原子。

(3) A 的分子式是 _____。

(4) B 可能的三种结构简式是 _____、_____、_____。

参考答案:

1. D 2. C



4. (1) 42 (2) 3 (3) $C_9H_8O_4$

