

高考明星——多官能团化合物

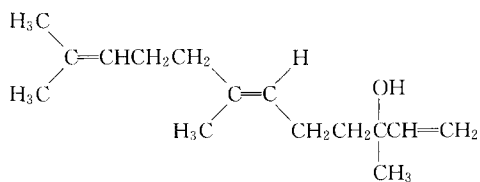
湖北 罗功举

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。

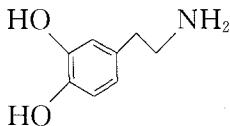
点评: 对有机反应中的重要定量关系要弄清楚,对一些易错点要有清醒的认识,如醛、酮中的 $\text{C}=\text{O}$ 可以与 H_2 发生加成,但酸、酯中的 $\text{C}=\text{O}$ 不能;又如 1mol 一元卤代脂肪烃和 1mol 卤代芳烃(限于苯环上的氢被取代)在碱性溶液(如 NaOH) 中水解,消耗 NaOH 的量是不同的。同时,有机化学反应中的重要规律或关系如醇的消去(或氧化)反应规律、酯化反应中量的关系等一直是考试命题的热点。

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物质,其分子结构为



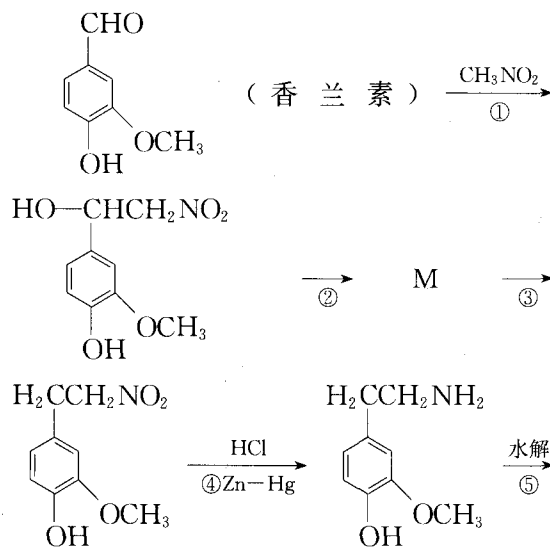
。试

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:



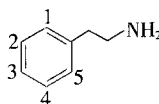
多巴胺

(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。

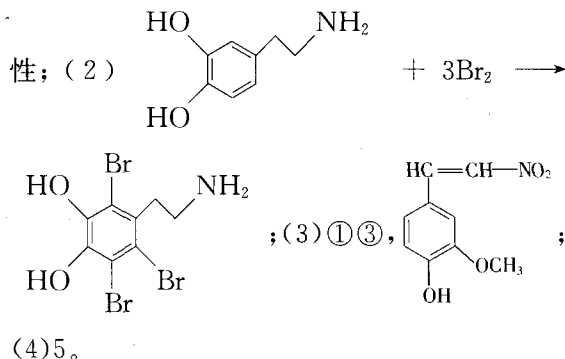
分析:这里主要剖析第(4)

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

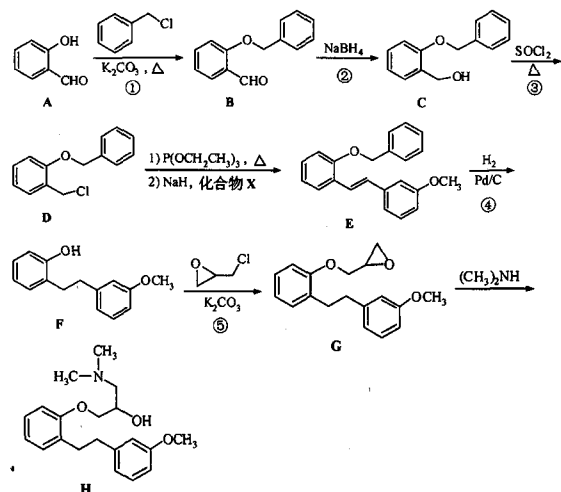
以在 3(即多巴胺分子)、4 号位,共 1 种结构,其余情况均与上述结构重复,不需统计。故符合题意的结构有 5 种。答案为(1) $C_8H_{11}NO_2$,两



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 年高考江苏化学卷)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:_____。

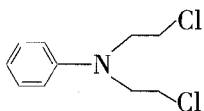
I. 分子含有两个苯环

II. 分子有 7 种不同化学环境的氢

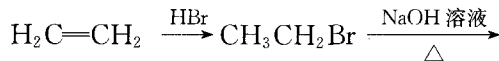
III. 不能与 FeCl_3 溶液发生显色反应,但水解产物之一能发生此反应

(4) 实现 D→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_____。

(5) 已知: $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 \xrightarrow[\text{Pd/C}]{\text{H}_2} \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ 。

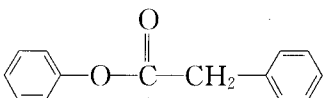
化合物  是合成抗癌药物美法

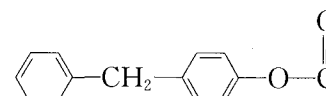
伦的中间体,请写出以  和  为原料制备该化合物的合成路线流程图(无机试剂任用)。合成路线流程图示例如下:

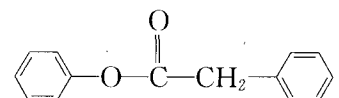


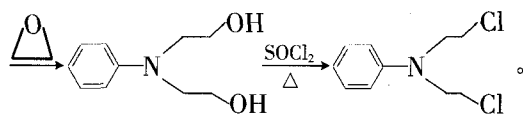
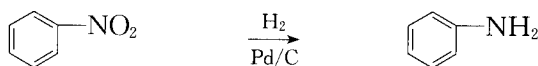
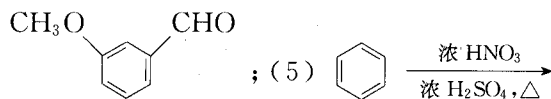
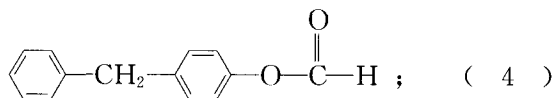
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

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

构简式:  或

。其他问题的答案为(1)羟基,醛基(顺序可调换);(2)①③

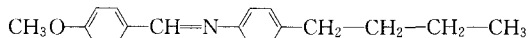
⑤; (3)  或



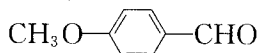
点评:书写限定条件下的同分异构体时,一要理解各限制条件的含义及相互制约关系,有的是限定官能团(种类、数目),有的是限定基团的位置;二要注意将官能团的性质与限制条件相联系,如条件为“使 FeCl_3 溶液显紫色”,则说明羟基直接连在苯环上(酚的结构),不能弄错。

3. 补写同分异构体

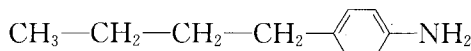
例 4 液晶是一类新型材料,MBBA 是一种研究得较多的液晶化合物,它可以看做是由醛 A 和胺 B 脱水缩合的产物。



MBBA

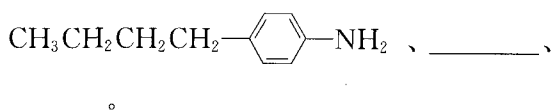
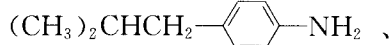


醛 A

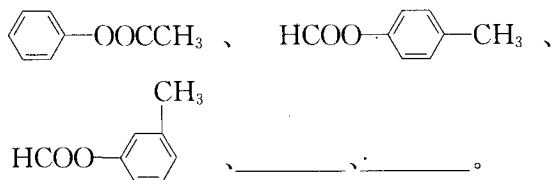


胺 B

(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

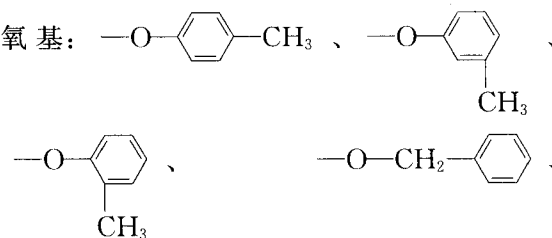


(2) 醛 A 的异构体甚多,其中属于酯类化合物,而且结构简式中有苯环结构的异构体就有 6 种,它们是 、

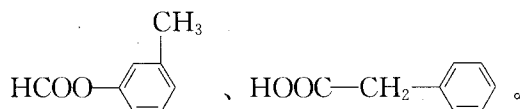


分析：(1)无类别异构、位置异构之虑，只有 $-\text{C}_4\text{H}_9$ 的碳架异构，显然还有 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$ 、
 $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$ 。

(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， $\text{R}(\text{H})\text{CO}-\text{OR}'$ ，虚线左侧来源于酸，右侧来源于醇。将它转化为 3 种酰基：
 $\text{HCO}-$ 、 $\text{CH}_3\text{CO}-$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}-$ ；6 种烃氧基：



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→碳架异构→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。

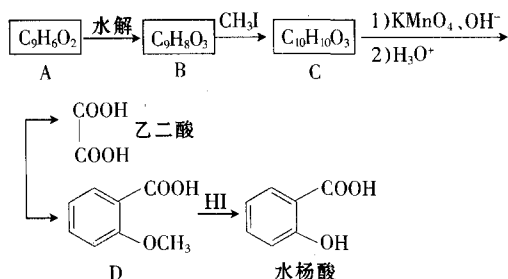
三、考查多官能团化合物的合成与推断

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

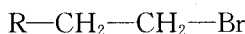
芳香族化合物，大多具有光敏性，有的还具有抗菌和消炎作用。它的核心结构是芳香内酯 A，其分子式为 $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$ 。该芳香内酯 A 经下列步骤转变为水杨酸和乙二酸。



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



② $\text{R}-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow[\text{过氧化物}]{\text{HBr}}$

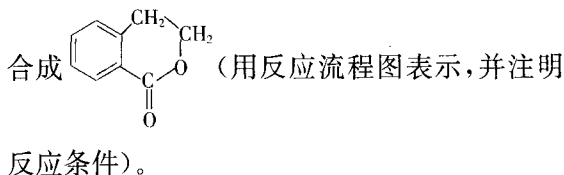
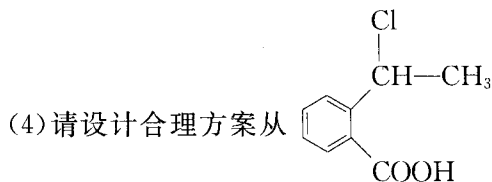


请回答下列问题：

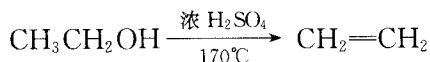
(1)写出化合物 C 的结构简式：_____。

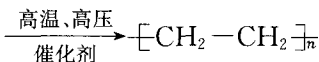
(2)化合物 D 有多种同分异构体，其中一类同分异构体是苯的二元取代物，且水解后生成的产物之一能发生银镜反应。这类同分异构体共有_____种。

(3)在上述转化过程中，反应步骤 B→C 的目的是_____。



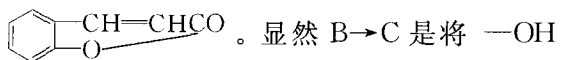
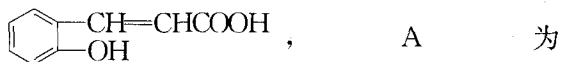
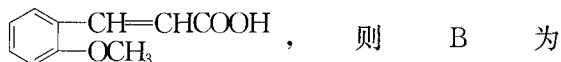
示例 由乙醇合成聚乙烯的反应流程图可表示为



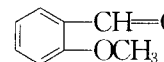


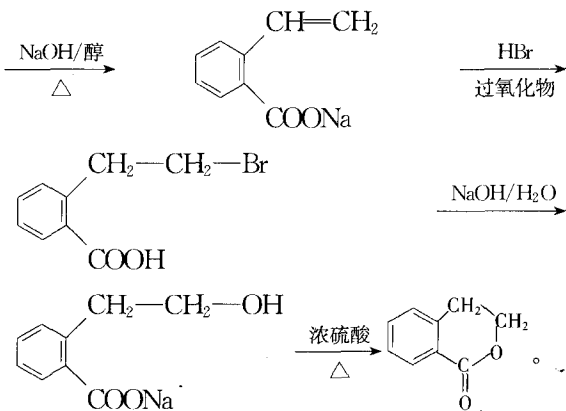
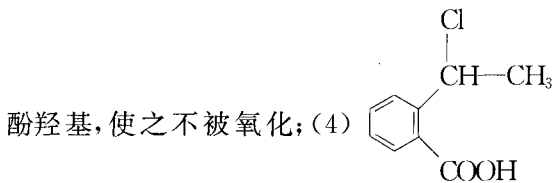
分析:本题涉及根据已知合成路线推物质、写同分异构体等,还要求设计合理的合成路线制物质,综合性强,要求高。用逆推法思考如下:

由提示①及 $C \rightarrow$ 乙二酸 + D 可知 C 可能为



(酚羟基)转化为 $-OCH_3$ 加以保护,最后 $D \rightarrow$ 水杨酸又用 HI 将 $-OCH_3$ “还原”成了 $-OH$ 。答案

为(1)  $CH=CHCOOH$; (2) 9; (3) 保护

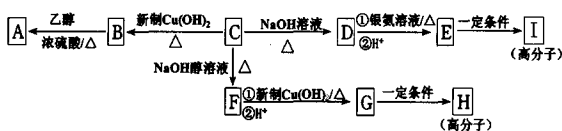


点评:有机物合成题的实质是利用有机物的性质,进行必要的官能团反应。这类试题往往涉及官能团的引入、消除、衍变及碳骨架增减等问题,因此,解答这类问题时,先要判断出合成的有机物带有哪些官能团,再寻找官能团的转化方法,找出目标有机物合成的关键和突破点。

2. 有机推断型

例 6 芳香族化合物 C 的分子式为 C_9H_9OCl 。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 _____, $B \rightarrow A$ 的反应类型是 _____。

(2) C 的结构简式是 _____, H 的结构简式是 _____。

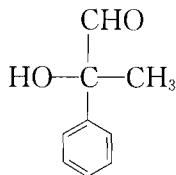
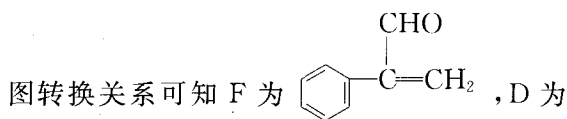
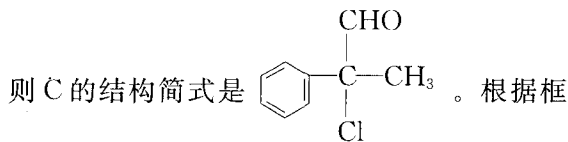
(3) 写出下列化学方程式:① D 与银氨溶液反应 _____; ② $E \rightarrow I$ _____。

(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 _____。

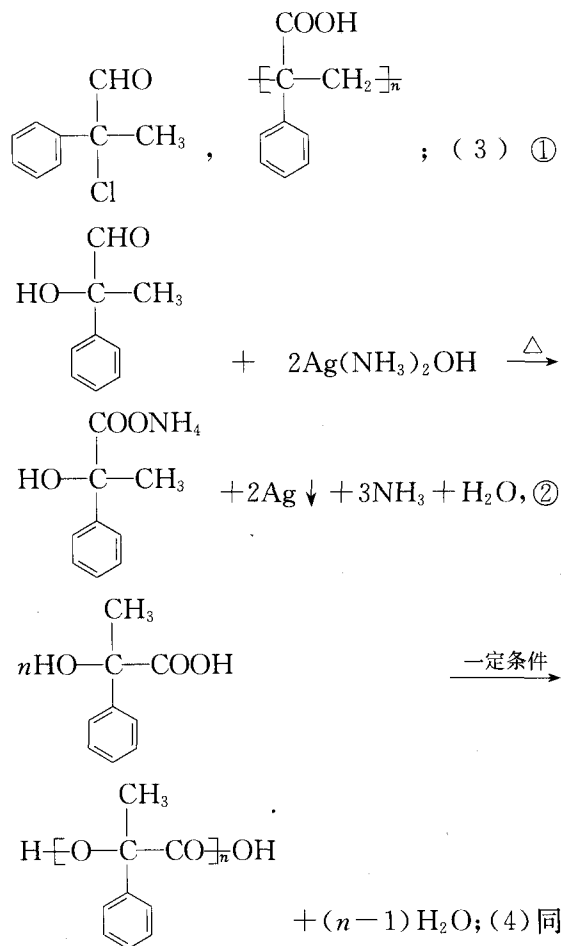
(5) D 的一种同系物 W (分子式为 $C_8H_8O_2$) 有多种同分异构体,则符合以下条件 W 的同分异构体有 _____ 种,写出其中核磁共振氢谱有 4 个峰的物质的结构简式: _____。

①属于芳香族化合物 ②遇 $FeCl_3$ 溶液不变紫色 ③能与 $NaOH$ 溶液发生反应但不属于水解反应

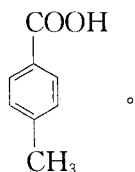
分析:根据题意可知 C 的结构中含苯环、醛基、甲基、氯原子,因它苯环上只有一条侧链,



,其他问题即可逐步而解。答案为(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,

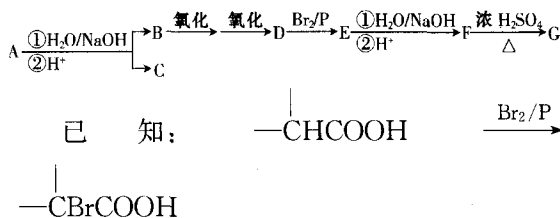


点评:有机框图推断是高考考查的一种常态题型,其解题策略主要为:以特征性内容(如结构、性质、组成、题给信息等)为切入点,抓住有机物转化中碳链的变化情况,并采用正向思维或逆向思维顺藤摸瓜,找出主要物质的结构情况,再对其他问题逐一分析,各个击破。

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 年高考浙江理综卷)化合物 A($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_3$)经碱性水解、酸化后得到 B 和 C($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$)。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:_____。

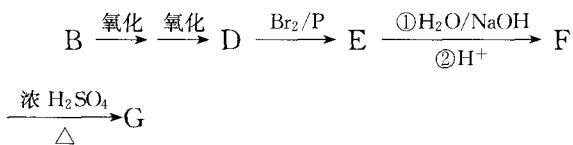
①是苯的对位二元取代化合物;②能与 FeCl_3 溶液发生显色反应;③不考虑烯醇 ($\text{C}=\text{C}-\text{OH}$) 结构。

(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):_____。

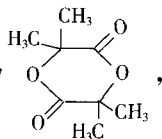
分析: (1) 由 G 的相对分子质量为 172, 元素分析表明其含碳 55.8%, 含氢 7.0%, 可知 G 分子中含 C、H、O 的原子个数为 C: $(172 \times 55.8\%) / 12 = 96 / 12 = 8$, H: $(172 \times 7.0\%) / 1 = 12 / 1 = 12$, O: $(172 - 96 - 12) / 16 = 64 / 16 = 4$, 所以 G 的分子式为 $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_4$ 。

(2) 由题给的信息: 化合物 A($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_3$) 经碱性水解、酸化后得到 B 和 C($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$), 可知 A 为酯, 水解后生成醇和羧酸。据 C($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$)

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:

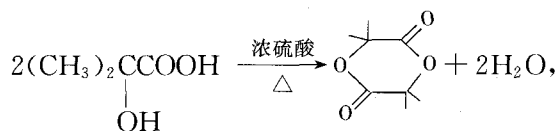


由此可推知:B为醇,连续氧化生成羧酸D($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$),根据 $-\text{CHCOOH} \xrightarrow{\text{Br}_2/\text{P}} -\text{CBrCOOH}$ 转化关系可知E为 $\text{C}_3\text{H}_6\text{BrCOOH}$,其在碱性条件下水解生成 $\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})\text{COONa}$,酸化(H^+)后生成 $\text{F}[\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})\text{COOH}]$;又根据G的分子式($\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_4$)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一个峰,可推知G的结构简式为



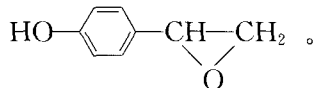
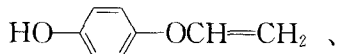
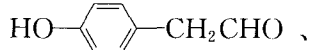
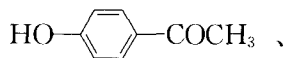
则F的结构简式为 $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{COOH}$,B的结构简式为 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$,A的结构简式为 $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ 。

(3) $\text{F} \rightarrow \text{G}$ 反应的化学方程式为

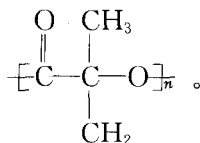


该反应属于取代反应(或酯化反应)。

(4)根据题目所给的三个满足条件可推知, $\text{C}(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2)$ 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:

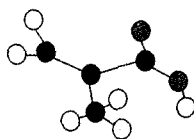


点评:此类问题一般以化学计算为突破口,其解题策略为:先确定有机物中各元素的种类及数目,再推求有机物化学式,然后根据题意分析其所含官能团,进而确定有机物的结构简式等,再结合具体要求进行答题。

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

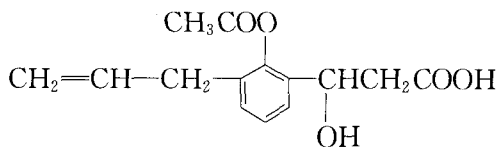
1.某工厂生产的某产品只含C、H、O三种元素,其分子模型如右图所示(图中球与球之间的连线代表



化学键,如单键、双键等)。下列有关该物质的说法不正确的是()

- A. 该物质的分子式为 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$
- B. 该物质能发生加成反应、取代反应和氧化反应
- C. 该物质的最简单的同系物的结构简式为 $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$
- D. 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:

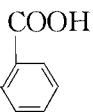
①取代 ②加成 ③消去 ④酯化 ⑤水解 ⑥氧化 ⑦中和

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 _____。

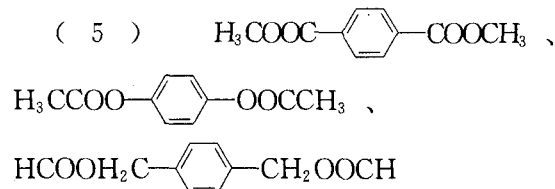
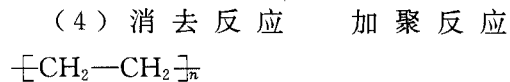
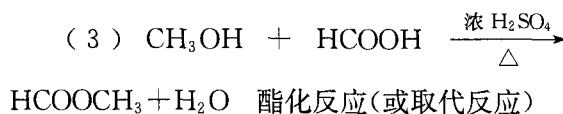
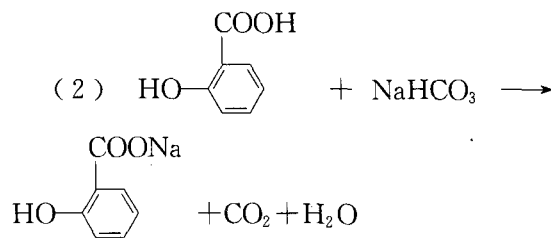
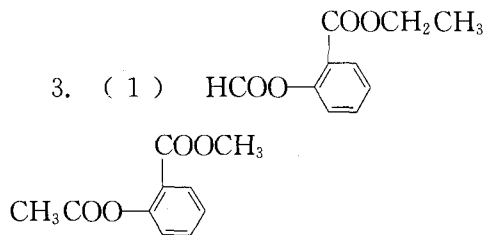
(2) 1 个 B 分子中应该有 _____ 个氧原子。

(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) $C_9H_8O_4$

