

## 有机化学“同系物与同系列”易错点探究

安徽省灵璧中学 234200 张茹英  
安徽省宿州二中 234000 汤伟 郑光满

### 一、同系物与同系列易混淆概念辨析

具有同一通式、结构和性质相似、相互间相差一个或几个  $\text{CH}_2$  的一系列化合物属同系列。同系列中的各个化合物互为同系物。相邻同系物之间的差  $\text{CH}_2$  叫做同系差。

#### 1. 判断是否属于同系物的规律

一看结构是否相似,二看组成是否相差“ $-\text{CH}_2-$ ”,以下是学生特别容易理解错的一些观点。

#### 易错点提醒

(1) 结构必须相似(链状与链状相似,环状与环状相似,含有一个苯环与含一个苯环的为相似)但不一定完全相同,如  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ (无支链)与  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ (有支链)属于同系物。

(2) 同系物必须具有相同的通式,但同一通式未必是同系物,如烯烃和环烷烃。

(3) 组成上必须有系列差(相差一个或几个  $\text{CH}_2$  原子团),但有系列差或式量差为  $14n$ ,未必是同系物如  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$  与  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{OH}$ 。如同碳原子数相同的饱和一元醇(烷)和一元羧酸(醛)式量差均 14,但都不是同系物。

(4) 同系物的官能团的种类与数目都必须相同(即为同类物质),但官能团与数目相同未必属于同系物,如苯酚和苯甲醇。

#### 2. 与同系物相似的几个概念

#### 易错点提醒

(1) 化学中有几个与“同”相关的易混淆的概念,具体见表 1:

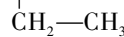
表 1

概念	定义	表达式	结构	性质
同位素	质子数相同,中子数不同的同一种元素的不同原子	元素符号表示式不同,如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$	电子层结构相同,原子核结构不同	物理性质不同,化学性质几乎相同
同素异形体	同种元素形成的不同单质	元素符号相同,分子式大多数不同,如 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$	单质的组成和结构不同	物理性质不同,化学性质基本相同
同分异构体	分子式相同,结构不同的化合物	相同	不同	物理性质不同,化学性质不一定相同

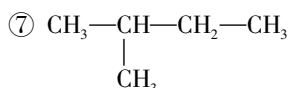
(2) 针对同分异构体而言,它是中学有机化学的重点,在学习过程中有如下易错点:同分异构体分子式相同,相对分子质量相同,但相对分子质量相同的化合物不一定是同分异构体,如  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  与  $\text{HCOOH}$  不属于同分异构体;同分异构体的最简式相同,但最简式相同的化合物不一定是同分异构体,如  $\text{C}_2\text{H}_2$  与  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{HCHO}$  与  $\text{CH}_3\text{COOH}$  不是同分异构体。

例 1 下列物质中,互为同系物的有\_\_\_\_,互为同分异构体的有\_\_\_\_,互为同素异形体的有\_\_\_\_,属于同位素的有\_\_\_\_,是同一种物质的有\_\_\_\_。

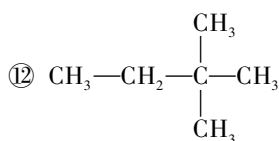
①液氯; ②  $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$  ; ③白磷; ④氯



气; ⑤ 2,2-二甲基丁烷; ⑥氯水;



⑧  $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3$  ; ⑨  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ ; ⑩红磷; ⑪  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ 、



解析 ①④为同一种物质,⑨⑩为同位素,③⑩为同素异形体;然后在有机物中先找同一种物质:②⑦及⑤⑫具有相同碳原子数,且结构相同,为同一种物质;再找同分异构体:⑤⑧⑫具有相同的碳原子数,而⑤⑫是同一种物质,因此⑤⑧互为同分异构体,⑧⑫互为同分异构体;最后确定同系物:②(或⑦)与⑤(或⑫),②(或⑦)与⑧互为同系物,⑥为混合物。

答案:②(或⑦)与⑤(或⑫)、②(或⑦)与⑧,⑤(或⑫)与⑧,③⑩,⑨⑩,①和④、②和⑦、⑤和⑫

例 2 (2013·上海高考) 氰酸铵(NH<sub>4</sub>OCN)与尿素[CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]( )。

- A. 都是共价化合物
- B. 都是离子化合物
- C. 互为同分异构体
- D. 互为同素异形体

解析 氰酸铵是离子化合物,尿素是共价化合物,而同素异形体是针对单质而言,所以选项

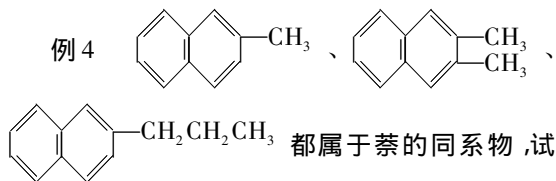
表 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>

- A. C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>
- B. C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>
- C. C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>
- D. C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>O

解析 根据表中分子式的规律,通过归纳,可以得出,每 4 项为一组,因此,第 26 项为第 7 组的第二项,分子式为 C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>。

答案: C



推断萘和萘的同系物分子组成通式\_\_\_\_\_。

解析 根据已知提供的结构简式,可以得出其相关的分子式: C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>、C<sub>11</sub>H<sub>10</sub>、C<sub>12</sub>H<sub>12</sub>……借助数学归纳法,可以得出通式: C<sub>n</sub>H<sub>2n-12</sub> (n ≥ 10); 也可以借助等差数列推断得出答案。

### 三、有机物中任意同系列的通式推导

有机化学中,有这样一系列有机物,其结构通式符合 A[w]<sub>n</sub>B,我们常常也称之为同系列物质,该同系列通式中,式中 A、B 是任意一种基团(或氢原子),w 为 2 价的有机基团,又称为该同系列的系差,同系列化合物的性质往往呈现规律性变

A、B、D 错误。

答案: C

### 二、同系物分子的通式推断

推断同系物分子的通式常常可以借助数学归纳法推断,也可以借助中学数学中等差数列的知识,关键找出首项 a<sub>1</sub>、公差 d,借助等差数列的通项公式 a<sub>n</sub> = a<sub>1</sub> + (n - 1)d 求得。

易错点提醒 不能正确使用数学思想分析、推理。高考化学考纲明确提出要求考生能够“将化学问题抽象成为数学问题,利用数学工具,通过计算和推理(结合化学知识),解决化学问题的能力。”因此我们平时遇到相关习题,要能够借助数学知识,将化学问题分解,通过迁移、转换、重组,使化学问题得到顺利的解决。

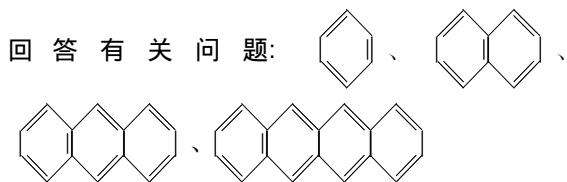
例 3 (2012·新课标全国高考) 分析表 2 中各项的排布规律,按此规律排布第 26 项应为( )。

化。

由同系物分子式通式的推导过程可以总结出求任意同系列通式的三大步骤: 第一步是确定第一种物质的分子式 C<sub>a</sub>H<sub>b</sub>(即首选项); 第二步是设法确定系列差 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>(可以通过再确定第二种物质的分子式作差求得或根据结构特征运用分割法快速求得); 第三步写出分子式通式的表达式: C<sub>a</sub>H<sub>b</sub> + (n - 1)C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, 化简即可(也可以转化为系列差 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> 的 n 倍,再令 n = 1 代入寻求与首项的差值以获得对应的加减值)。

易错点提醒 任意同系列物质中,我们易错误认为系列差就是 CH<sub>2</sub>,从而易得出错误结论。

例 5 仔细观察如下同系列芳香族有机物,



(1) 系列差为\_\_\_\_,通式为\_\_\_\_,该系列第 50 项化合物化学式为\_\_\_\_,该同系列化合物中,碳元素质量分数最大是\_\_\_\_\_。

(2) 仔细分析该系列芳香烃的二氯取代物异构体的数目, 知其很有规律性。请你分析、推出第  $n$  种物质的二氯取代物种数的代数表达式。

解析 (1) 归纳有机物通式关键是确定相邻两物质间的组成差。先写出分子式, 即:  $C_6H_6$ 、 $C_{10}H_8$ 、 $C_{14}H_{10}$ ……得出组成差为  $C_4H_2$ ; 即  $C_6H_6$ 、 $C_6H_6 + C_4H_2$ 、 $C_6H_6 + 2(C_4H_2)$ , …… $C_6H_6 + (n-1)(C_4H_2)$ ; 故通式  $C_{4n+2}H_{2n+4}$  ( $n \geq 1$ , 表示的是第多少种物质, 不是碳原子数)。本题所给一系列结构式依次增加一个“苯环”, 分割法很容易获得组成上依次增加系差“ $C_4H_2$ ”, 由组成差为  $C_4H_2$  也可以知道通式中必含  $C_{4n}H_{2n}$  部分, 当  $n=1$  时为  $C_4H_2$ , 而首选项是  $C_6H_6$ , 故碳原子数应该加 2, 氢原子数加 4, 即通式是  $C_{4n+2}H_{2n+4}$ 。  $n=50$  时 (该系列第 50 项) 化合物化学式为  $C_{202}H_{104}$ 。

求碳元素质量分数最大值, 可以使用数学上的极限方法: 由通式知道:

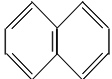
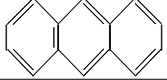
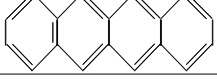
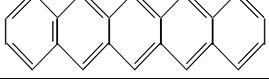
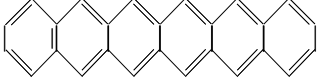
$$w(C) = \frac{12 \times (4n+2)}{12 \times (4n+2) + 1 \times (2n+4)} \times 100\%$$

$$= \frac{48n+24}{50n+28} = \frac{48+24/n}{50+28/n}$$

$$\text{当 } n \rightarrow \infty \text{ 时 } w(C) = \frac{48}{50} \times 100\% = 96\%$$

(2) 该系列芳香烃的二氯取代物的同分异构体见表 3:

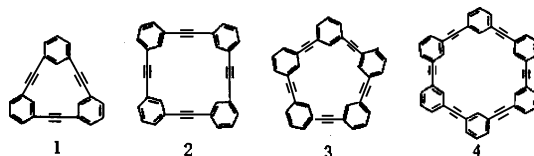
表 3

芳香烃	二氯代物	
	7+3	10
	9+5+1	15
	11+7+3	21
	13+9+5+1	28
	15+11+7+3	36
...	...	...

由表格中稠环芳香烃二氯取代物的同分异构体的数目发现, 10、15、21、28、36… 这一系列数字

是奇偶相间。如果把这一系列数字乘以 2 得到以下偶数为 20、30、42、56、72……, 即  $4 \times 5$ 、 $5 \times 6$ 、 $6 \times 7$ 、 $7 \times 8$ 、 $8 \times 9$ ……, 又可看出此系列数据为两个连续自然数的乘积。如果设这一系列环稠芳香烃的第一种物质序号为 1, 其二氯取代物数为  $\frac{(1+3) \times (1+4)}{2} = 10$ , 则第  $n$  项的二氯取代物数目为  $\frac{(n+3) \times (n+4)}{2}$ 。答案: 略

例 6 自 20 世纪 90 年代以来, 芳炔类大环化合物的研究发展十分迅速, 具有不同分子结构和几何形状的这一类物质在高科技领域有着十分广泛的应用前景。合成芳炔类大环的一种方法是以苯乙炔为基本原料, 经过反应得到一系列的芳炔类大环化合物其结构为:

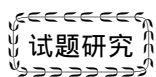


(1) 这一系列化合物中的第 100 个的分子式是\_\_\_\_; 该类化合物的通式为\_\_\_\_ ( $n \geq 1$ ), 随着相对分子质量的增大, 这一系列化合物的含碳量增加。在最大极限情况下, 含碳量为\_\_\_\_。

(2) 以苯乙炔为基本原料, 经过一定反应而得到最终产物。假设反应过程中原料无损失, 理论上消耗苯乙炔与所得芳炔类大环化合物的质量比为\_\_\_\_。

(3) 在实验中, 制备上述系列化合物的原料苯乙炔可用苯乙烯为起始物质, 通过加成、消去反应制得。写出由苯乙烯制取苯乙炔的化学方程式 (所需的无机试剂自选)。

解析 (1) 分割法得系列差为  $C_8H_4$ , 又第一种物质的分子式是  $C_{24}H_{12}$ , 因此分子式的通式是  $C_{8n+16}H_{4n+8}$ , 当  $n=100$  时的分子式为  $C_{816}H_{408}$ , 含碳量的计算式表示为:  $w(C) = (96n+192) \div (100n+200)$ , 显然当  $n \rightarrow \infty$  时,  $w(C) = 96n/100n = 96\%$ 。(2) 根据“以苯乙炔为基本原料且假设反应过程中原料无损失”, 结合结构的简单重复性——结构图中的每一条边实际上是由原料苯乙炔 ( $C_8H_6$ ) 失去 2 个氢原子转化为的结构 (组成为  $C_8H_4$ ) 充当的, 因此理论上消耗苯乙炔与所得芳



## 相同知识背景 不同问题情景

### ——几道相似的化学试题分析

黑龙江省佳木斯市第一中学 154000 周 薇 王兆龙

例 1 (2013 年天津卷第 9 题节选)  $\text{FeCl}_3$  在现代工业生产中应用广泛。某化学研究性学习小组模拟工业流程制备无水  $\text{FeCl}_3$ , 再用副产品  $\text{FeCl}_3$  溶液吸收有毒的  $\text{H}_2\text{S}$ 。

I. 经查阅资料得知: 无水  $\text{FeCl}_3$  在空气中易潮解 加热易升华。他们设计了制备无水  $\text{FeCl}_3$  的实验方案, 装置如图 1 所示(加热及夹持装置略去) 及操作步骤如下:

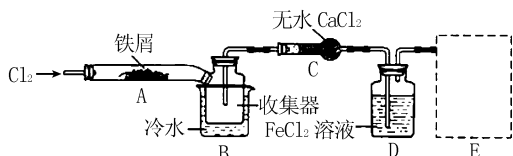


图 1

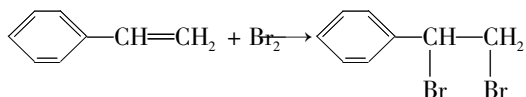
- ①检验装置的气密性;
- ②通入干燥的  $\text{Cl}_2$  赶尽装置中的空气;
- ③用酒精灯在铁屑下方加热至反应完成;
- ④……
- ⑤体系冷却后 停止通入  $\text{Cl}_2$  并用干燥的  $\text{N}_2$  赶尽  $\text{Cl}_2$  将收集器密封。

请回答下列问题:

- (1) 装置 A 中反应的化学方程式为 \_\_\_\_\_。
- (2) 第③步加热后 生成的烟状  $\text{FeCl}_3$  大部分进入收集器 少量沉积在反应管 A 右端 要使沉积的  $\text{FeCl}_3$  进入收集器 第④步操作是 \_\_\_\_\_。
- (3) 操作步骤中 为防止  $\text{FeCl}_3$  潮解所采取的措施有(填步骤序号) \_\_\_\_\_。

► 炔类大环化合物的质量比为  $M(\text{C}_8\text{H}_6)$  :  $M(\text{C}_8\text{H}_4) = 102:100 = 51:50$ 。

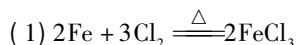
(3) 由苯乙烯制取苯乙炔 显然不饱和程度增大 1 必然要经过消去反应才可以实现 而能够发生消去反应的物质在中学化学中只有卤代烃或者醇 因此合成的方法如下:



(4) 装置 B 中冷水浴的作用为 \_\_\_\_\_; 装置 C 的名称为 \_\_\_\_\_; 装置 D 中  $\text{FeCl}_2$  全部反应后 因失去吸收  $\text{Cl}_2$  的作用而失效 写出检验  $\text{FeCl}_2$  是否失效的试剂: \_\_\_\_\_。

(5) 在虚线框中画出尾气吸收装置 E 并注明试剂。

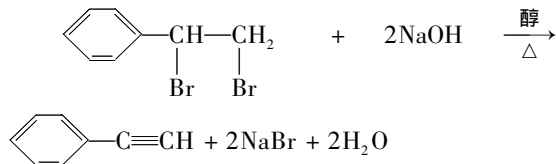
试题分析 本题以无水  $\text{FeCl}_3$  物理性质为载体 以其制备为背景在知识层面上考查了化学方程式的书写、实验基本操作、仪器识别、离子检验、实验作图等知识。在能力层面上又考查学生接受、吸收、整合化学信息的能力 以及综合运用相关知识解决简单化学问题的能力 是一道推陈出新的题。



(2) 要使沉积的  $\text{FeCl}_3$  进入收集器 根据题干中所提供的  $\text{FeCl}_3$  加热易升华的性质 第④的操作应该是: 在沉积的  $\text{FeCl}_3$  固体下方加热。

(3) 为防止  $\text{FeCl}_3$  潮解所采取的措施有②通入干燥的  $\text{Cl}_2$  ⑤用干燥的  $\text{N}_2$  赶尽  $\text{Cl}_2$ 。

(4) B 中的冷水作用是冷却  $\text{FeCl}_3$  使其沉积 便于收集产品; 装置 C 的名称为干燥管 装置 D 中  $\text{FeCl}_2$  全部反应完后 因为失去吸收  $\text{Cl}_2$  的作用而失效 检验  $\text{FeCl}_2$  是否失效就是检验  $\text{Fe}^{2+}$  最好用  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液 产生蓝色沉淀 检验方法出现在人教版选修四第四章第四节【科学探究】实验中。也可以用酸性高锰酸钾溶液或重铬酸钾溶液检验。



答案: 略。

(收稿日期: 2013 - 07 - 15)