

解题高手

高中化学

主 编	陆惊帆	陆葆谦		
编写人员	杨皓仁	吴 波	邵 前	
	倪同岭	张国华		

第十一章 有机物的推断

有机化学推断题是一类综合性较强的试题,它不仅可考察学生对化学知识的理解程度,更重要的是可检测学生的综合分析能力和思维方法。有机推断题的题型有:根据有机物性质推断结构;应用通式、结构推断分子组成;根据反应条件、结构等通过计算确定分子组成。

有机推断题的解题规律与技巧:首先要熟练掌握烃及重要衍生物间的相互转化关系,掌握各官能团的引入及消除方法,掌握重要的反应条件及途径的选择,剖析结构,寻找突破口。有机物发生反应后常常只是局部发生变化,如羟基在端位先氧化成醛基,再氧化成羧基,另抓特征反应,如醛基的银镜反应、酚的显色反应等等。通过对比剖析有机物的结构,找出“断键”、“接枝”、“愈合”部位及增加了什么原子或原子团,就能抓住有机物变化的本质。这样用分析、综合的方法往往可使较复杂的问题简单化。如果是信息题,还要充分利用信息,进行加工、迁移、创新。

下面就举几例有机推断题进行分析推断。

精选妙题

1. ■某有机物的相对分子质量为 58,根据下列条件回答问题:

(1) ■若该有机物只由碳氢组成,则可能的结构简式为 _____;

(2) ■若为含氧衍生物,且分子中有 $-\text{CH}_3$,则可能的结构简式为 _____;

(3) ■若分子中无 $-\text{CH}_3$,又无 $-\text{OH}$,但能发生银镜反应,则结



构简式为_____；

(4) 分子中有 —OH , 无 $\begin{array}{c} | \\ \text{—C=}\end{array}$ 则结构简式为_____。

常规策略

有机物为烃类 , 可根据所学各类烃的通式 , 用试除法算其分子式 :

$\frac{58}{14} = 4 \text{ 余 } 2$, 则其分子式为 C_4H_{10} , 结构简式为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 或 $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$ 。

有机物为烃的衍生物 , 因 $M = 58$, $O = 1$, $58 - 16 = 42$, 则剩余部分为 $\text{—C}_3\text{H}_6$, 则分子式为 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$; 若 $O = 2$, 则 $58 - 32 = 26$, 则剩余部分为 $\text{—C}_2\text{H}_2$, 则分子式为 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$, 再根据所含官能团及性质 , 推断

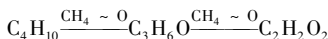
结构简式可能为 (2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$, $\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—CH}_3$ (3)

$\text{H—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—H}$ (4) $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2\text{—CH—OH} \end{array}$ 。

巧妙解法

同上解出 $M = 58$ 的烃为 C_4H_{10} 。

有机物为烃的衍生物 , 根据 C , H , O 的原子量有如下的等量关系 :
C ~ 12H , O ~ CH_4 , 3O ~ 4C。依据这些等量关系进行代换 , 则有 :



$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ 有 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ 或 $\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—CH}_3$ 或 $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2\text{—CH—OH} \end{array}$;

$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$ 有 $\text{H—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—H}$ 。 则 答 案 为 (2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$,

$\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—CH}_3$ (3) $\text{H—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—H}$ (4) $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2\text{—CH—OH} \end{array}$ 。





画龙点睛

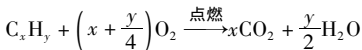
根据质量守恒进行等量代换 $C \sim 12H$, $O \sim CH_4$, $3O \sim 4C$ 。

精选妙题

2. ■某有机物 A 燃烧只生成 CO_2 和 H_2O , 1mol A 完全燃烧时 , 消耗 $3\text{mol } O_2$ 写出 A 的可能分子式 (3 种) _____。

常规策略

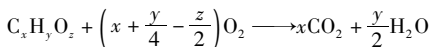
设 A 为烃 , 其分子式为 C_xH_y , 则



因 $x + \frac{y}{4} = 3$, 整理得 ,

$$4x + y = 12 ,$$

经讨论知 $x = 2$, $y = 4$ 时 , 分子式为 C_2H_4 成立。若 A 为烃的含氧衍生物 , 分子式为 $C_xH_yO_z$ 则



因 $x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} = 3$, 若 $z = 1$, 经讨论知

$$x = 2 , \blacksquare y = 6$$

时分子式为 C_2H_6O 成立。若 $z = 2$, 经讨论知 $x = 3$, $y = 4$ 时分子式为 $C_3H_4O_2$ 成立。

讨论 $z = 3$, $z = 4$ 略。

巧妙解法

同上解出 C_2H_4 成立。

再根据有机物耗氧关系的规律 :

$C \sim 2O$, $2H \sim O$, 故按 $C \sim 4H$ 关系进行变换 , 耗 O_2 量不变 , 也可以在分子中增加 (CO_2) , (H_2O) 均不影响耗 O_2 量。则有 :

(1) ■ $C_2H_4 \xrightarrow{mH_2O} C_2H_4 \cdot mH_2O$ 只有当 $m = 1$ 时分子式为 C_2H_6O 成立。



(2) $\blacksquare$ $\text{C}_2\text{H}_4 \xrightarrow{n\text{CO}_2} \text{C}_2\text{H}_4 \cdot n\text{CO}_2$, 当 $n=1$ 时, 分子式为 $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ 成立。

(3) $\blacksquare$ $\text{C}_2\text{H}_4 \xrightarrow[n\text{CO}_2]{m\text{H}_2\text{O}} \text{C}_2\text{H}_4 \cdot n\text{CO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, 当 $n=1, m=1$ 时, 分子式

$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ 成立。

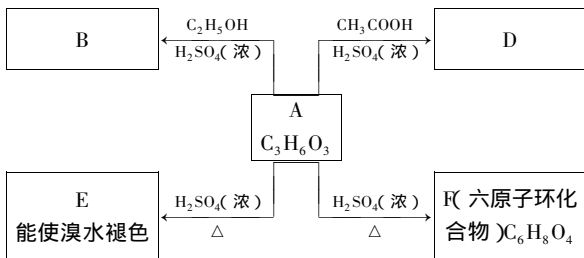


画龙点睛

根据耗 O_2 量相等进行等量代换, 在分子中增加 $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ 均不影响耗 O_2 量。

精选妙题

3. $\blacksquare$ 化合物 A 最早发现于酸牛奶中, 它是人体内糖代谢的中间体, 可由马铃薯、玉米淀粉等发酵制得, A 的钙盐是人们喜爱的补钙剂之一。A 在某种催化剂的存在下进行氧化, 其产物不能发生银镜反应; 在浓硫酸存在下, A 可发生如下附图所示的反应:



试写出:

(1) $\blacksquare$ 化合物的结构简式: $\blacksquare$ A _____, B _____, D _____;

(2) $\blacksquare$ 化学方程式: $\blacksquare$ A $\longrightarrow$ E _____, A $\longrightarrow$ F _____;

(3) $\blacksquare$ 反应类型: $\blacksquare$ A $\longrightarrow$ E _____, A $\longrightarrow$ F _____。

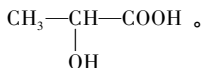
常规策略

本题从题型上看, 属于框图型推断题, 其解题思路是先找入题口——容易确定的物质。本题 A 物质就是入题口, 借助框图反应关系

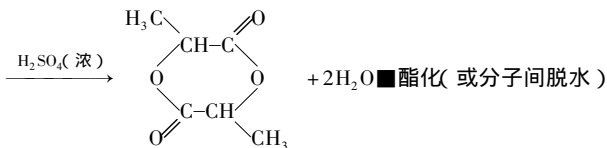
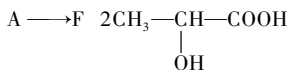
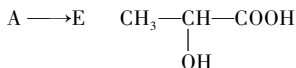
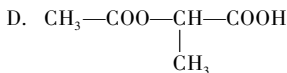
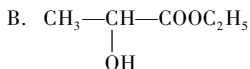


可先确定 $A : A \longrightarrow B$ 结合反应条件可知 A 含 $-\text{COOH}$; $A \longrightarrow D$ 结合反应条件可知 A 含醇羟基 $-\text{OH}$;

$A \longrightarrow F$, F 为六原子环 , 可知醇羟基在 α 位 ; $A \longrightarrow E$, 脱去醇羟基与所在碳原子相邻碳原子上的一个氢原子。综上所述 A 为



确定出 A 后 , 在以上推断的基础上 , 可完成题目中的答案。



巧妙解法

从题干隐含信息确定 A : 据“ A 最早发现于酸牛奶中 ”及“ A 的钙盐是人们喜爱的补钙剂之一 ”可判断 A 为乳酸 $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$,

而 A 被氧化可得 $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COOH} \end{array}$ 或其进一步氧化产物 , 不能发生银镜反应。这就更进一步证实了 A 为乳酸。 A 确定 , 其他也可进一步确定。



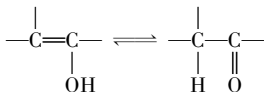


画龙点睛

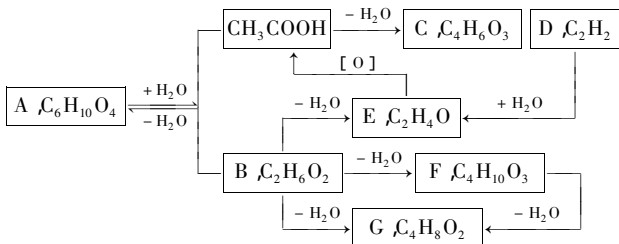
从题干中获取有用信息,直接找到入题口。

精选妙题

4. ■ 烯键碳原子上连接的羟基中的氢原子,容易自动迁移到烯键的另一个碳原子上,形成较为稳定的羰基化合物:



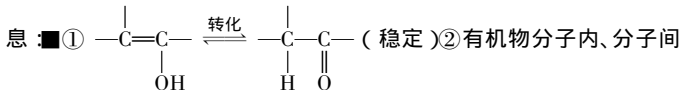
有机分子内,有机分子间常可脱去水分子,下列反应图式中,就有6步可以看作是脱水反应,所有的反应条件和其他无机物都已略去。请从图中情景推断化合物A、B、E、G的结构简式。



A 是_____ B 是_____ E 是_____ G (有六元环)是_____。

常规策略

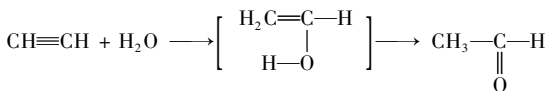
本题综合考查了烃、醇、醛、羧酸和酯的性质。题中提供了两条信息:



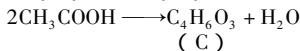
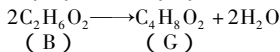
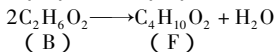
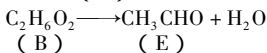
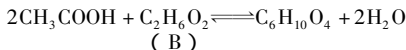
可发生脱水反应。解题的突破口可从D入手。利用上面信息,同时抓住有机物脱水时,组成中碳原子不变,采用顺向、逆向相结合的方法。



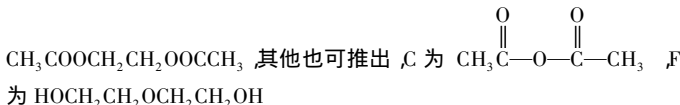
利用信息①推出 E :



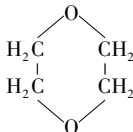
再推出以下转化关系 :



根据酯化反应原理,确定 B 应是 $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$, 这样 A 为



G 为



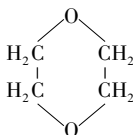
巧妙解法

先按正向观察, A 经水解得到 B 和 CH_3COOH , 估计 A 是醋酸酯, B 是醇, 因 B 还有 2 个氧原子, 而且没有不饱和度, 是酯的水解产物, 因此可以认定 B 是乙二醇 $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$, 乙二醇有三种方式脱水, 分别得到 E、F、G。

E、 CH_3CHO F、 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

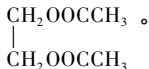


G、



这里 E 可由 D 经加水反应而得 ,可帮助确定“ E 是乙醛 ”,能帮助确定“ G 是 1,4-二氧六环 ”结构的还有(1)这是一个六元环 (2)它既可由 2 个 B 去 2 个 H_2O (从分子式比较可知)得到 ,也可由 1 个 F 去 1 个 H_2O 得到。化合物 C 是乙酸酐 ,从分子式可知是 2 个醋酸分子去 1 分子 H_2O 。

既然 B 是乙二醇。它跟醋酸生成的酯 ,就应该是二乙酸乙二醇 ,故 A 是



画龙点睛

酯水解生成酸和醇 ,顺推得 B 为乙二醇 ,其他迎刃而解。

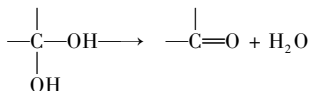
相关链接

1. ■ 喹啉是一种杂环化合物 ,它存在于多种药物的结构中。将蔡(分子量为 128)分子中一个碳原子(α 位)换成氮原子 ,即得到喹啉 ,推测其分子量为_____。
2. ■ 写出燃烧后符合关系 $\frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} = 0.5$ 的所有可能有机物的结构简式。
3. ■ A、B 是式量不相等的两种有机物 ,无论 A、B 以何种比例混合 ,只需混合物的总质量不变 ,完全燃烧后 ,所产生的 CO_2 的质量也不变 ,试写出两组符合上述情况的有机物的化学式_____和_____,_____和_____,并回答 A、B 满足什么条件。
4. ■ A 是一种邻位二取代苯 ,分子量 180 ,有酸性。A 水解生成 B 和 C

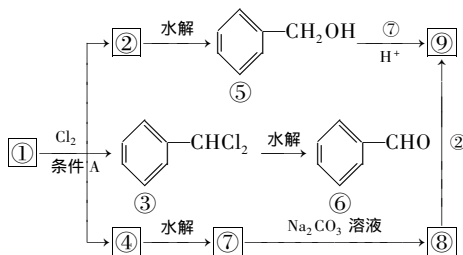


两种酸性化合物。B 分子量 60 ,C 能溶于 NaHCO_3 溶液 ,并使 FeCl_3 显色(酸性大小 :羧酸 > 碳酸 > 酚 > 水)。试写出 A、B、C 的结构简式。A : _____ ,B : _____ ,C : _____。

5. ■ 羧酸 A (分子式为 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$) 可以由醇 B 氧化得到 ;A 和 B 可以生成酯 C (分子量 172) ;符合这些条件的酯只有 4 种 ,请写出这 4 种酯的结构简式。
6. ■ 通常情况下 ,多个羟基连在同一个碳原子上的分子结构是不稳定的 ,容易自动失水 ,生成碳氧双键的结构 :



■ 下面是 9 个化合物的转变关系



■ (1) ■ 化合物 ① 是 _____ ,它跟氯气发生反应的条件 A 是 _____ ;

(2) ■ 化合物 ⑤ 跟 ⑦ 可在酸的催化下去水生成化合物 ⑨ ,⑨ 的结构简式是 _____ ,名称是 _____ ;

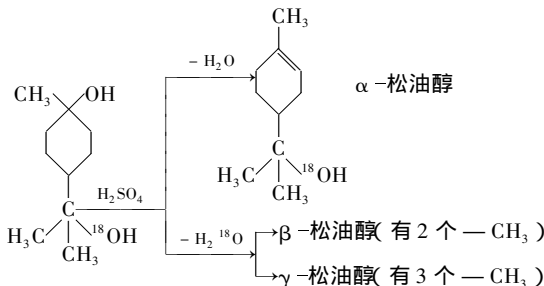
(3) ■ 化合物 ⑨ 是重要的定香剂 ,香料工业上常用化合物 ② 和 ⑧ 直接合成它。此反应的化学方程式是 _____。

7. ■ A、B 都是芳香族化合物 ,1mol A 水解得到 1mol B 和 1mol 醋酸。A、B 的分子量都不超过 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.



(1) A、B 分子量之差为____ (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____、____、____。

8. ■松油醇是一种调香香精,它是 α 、 β 、 γ 三种同分异构体组成的混合物,可由松节油分馏产品 A(下式中的 18 是为区分两个羟基而人为加上去的)经下列反应制得:



(1) α -松油醇的分子式

(2) α -松油醇所属的有机物类别是 (多选扣分);

(a) ☐ 醇 (b) ☐ 酚 (c) ☐ 饱和一元醇

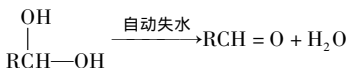
(3) α -松油醇能发生的反应类型是 (多选扣分):

(a) 加成 (b) 水解 (c) 氧化

(4) 在许多香料中松油醇还有少量以酯的形式出现, 写出 RCOOH 和 α -松油醇反应的化学方程式 _____;

(5) 写结构简式: β -松油醇 _____ γ -松油醇 _____。

9. ■已知：■ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightleftharpoons[\text{乙酸酐}]{\text{乙酸}} \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
(分子量46) (分子量88)



■(不稳定, R 代表烃基)

■现有只含 C、H、O 的化合物 A ~ F, 有关它们的某些信息, 已注明在下面的方框内。

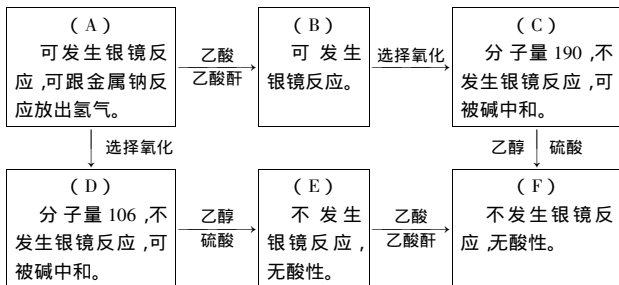
(1) ■在化合物 A ~ F 中有酯的结构的化合物是(填字母代号)

_____ ;

(2) ■把化合物 A 和 F 的结构简式分别填入下列方框中。

(A) ■

(F) ■



§12 图象在解题中的应用

有机化学计算是从量的方面来反映物质的组成、结构、性质及其变化规律的,它具有情境新颖、信息量大、化学知识丰富、综合性强等特点。它不但能用来考查学生的思维能力和自学能力,还用来考查学生应用各方面知识进行判断、推理和分析、综合的逻辑思维、抽象思维的能力。高考中,有机计算通常出现在选择题、填空题和有机综合计算中。这部分题阅读量大、灵活性强、难度较大、分值高。解题务求迅速、简捷、准确。有机化学计算在高考试卷中已占有举足轻重的地位。那么如何解答有机计算题呢?

第一 认真审题。就是要挖掘题给信息,明确试题的已知条件是什么,需求是什么。

第二 科学析题。就是在审题的基础上,运用有关的化学概念对题目进行分析和解剖,找出已知条件和未知条件之间量的关系,探求解题突破口和解题途径。

第三 仔细解题。在确定解题途径后,列出各步算式,然后计算求解。

精选妙题

1. 0.1 mol 某烃在 20 L (标况) 过量氧气中完全燃烧后,将生成的混合气体与足量的 Na_2O_2 反应增重 15 g, 剩余气体 14.4 L (标况), 则该烃是()。

A. C_2H_6

B. C_3H_6

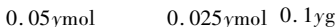
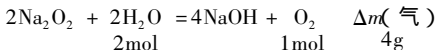
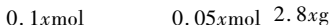
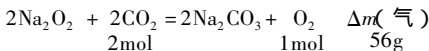
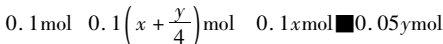
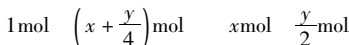
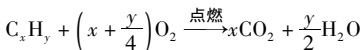
C. C_4H_8

D. C_5H_{10}

常规策略

列方程法: 设烃的化学式为 C_xH_y , 则有:





根据题意有：

$$\begin{cases} 2.8x + 0.1y = 15 \\ 20 + (0.05x + 0.025y) \times 22.4 - 0.1\left(x + \frac{y}{4}\right) \times 22.4 = 14.4 \end{cases}$$

解之得 $\begin{cases} x=5 \\ y=10 \end{cases}$ 故选 D。

巧妙解法

质量守恒法 烃经过充分燃烧后转化为 CO_2 和水,接着又被过氧化钠全部吸收转化为 Na_2CO_3 和 NaOH ,烃中的碳、氢元素完全留在 Na_2O_2 中,而整个反应过程中减少的 5.6L(标况)氧气也留在了过氧化钠中,故反应后 Na_2O_2 增重的 15g 应包括 0.1mol 烃的质量和 5.6L(标况)氧气的质量。

$$\Delta n(\text{O}_2) = \frac{5.6\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.25\text{mol} \quad \Delta m(\text{O}_2) = 32\text{g/mol} \times 0.25\text{mol} = 8\text{g}$$

$$m(\text{烃}) = 15 - 8 = 7\text{g} \quad M(\text{烃}) = \frac{7\text{g}}{0.1\text{mol}} = 70\text{g/mol}$$

故答案应选 D。



画龙点睛

通过质量守恒求解,可以化繁为简。



精选妙题

2. ■ 标况下,某气态烷烃和含一个双键的烯烃组成的混合气 2.24L,完全燃烧后产生的气体通过浓硫酸,浓硫酸增重 4.05g,剩余气体再通入碱石灰,碱石灰增重 6.60g,另取相同状况下 2.24L 混合气体通入过量溴水,溴水增重 1.05g,则 (1) 混合气由哪两种烃组成? (2) 体积分数是多少?

常规策略

$$0.1 \text{ mol 混烃} \begin{cases} \frac{4.05}{18} = 0.225 \text{ mol H}_2\text{O} \\ \frac{6.6}{44} = 0.15 \text{ mol CO}_2 \end{cases}$$

混烃平均分子式 $\text{C}_{1.5}\text{H}_{4.5}$, 所以烷烃一定是 CH_4 。因为烯烃燃烧生成的 H_2O 等于 CO_2 (物质的量), 烷烃燃烧生成的水与 CO_2 物质的量之差等于烷烃的物质的量, 所以烷烃的物质的量 = $0.225 \text{ mol} - 0.15 \text{ mol} = 0.075 \text{ mol}$, 烯烃的物质的量 = $0.1 \text{ mol} - 0.075 \text{ mol} = 0.025 \text{ mol}$, 故烯烃的摩尔质量: $\frac{1.05 \text{ g}}{0.025 \text{ mol}} = 42 \text{ g/mol}$, 所以另一烯烃为 C_3H_6 。体积分数即

$$\text{气体物质的量之比 } n = \frac{0.075 \text{ mol}}{0.025 \text{ mol}} = 3。$$

巧妙解法

因推出烷烃为 CH_4 (理由同上), 设烯烃为 C_nH_{2n} 。

$$\begin{array}{ccc} \text{C 数} & \begin{array}{c} 1 \diagdown \\ 1.5 \\ n \diagup \end{array} & \begin{array}{c} n-1.5 \\ 0.5 \end{array} \\ & & \text{H 数} \end{array} \quad \begin{array}{ccc} & \begin{array}{c} 4 \diagdown \\ 4.5 \\ 2n \diagup \end{array} & \begin{array}{c} 2n-4.5 \\ 0.5 \end{array} \end{array}$$

两烃物质的量比关系应为: $\frac{n-1.5}{0.5} = \frac{2n-4.5}{0.5}$, $n=3$, 故烯烃为 C_3H_6 。

两烃的物质的量比关系为 $\frac{3-1.5}{0.5} = 3。$



画龙点睛

利用十字交叉法巧解。



精选妙题

3. 经测定由 C_3H_7OH 和 C_6H_{12} 组成的混合物中氧的质量分数为 8% , 则此混合物中氢的质量分数为()。

A. 78%

B. 22%

C. 14%

D. 13%

常规策略

在混合物中, C_3H_7OH 的碳的质量分数为 $\frac{12 \times 3}{16} \times 8\% = 18\%$, 氢的质量分数为 $\frac{8}{16} \times 8\% = 4\%$, 则混合物中 C_6H_{12} 的质量分数为 $1 - 8\% - 18\% - 4\% = 70\%$, C_6H_{12} 中氢的质量分数为 $:\frac{12}{12 \times 6 + 12} \times 70\% = 10\%$ 。混合物中氢的质量分数为 $10\% + 4\% = 14\%$ 。

巧妙解法

其实,若能类比 C_nH_{2n} 、 $C_nH_{2n}O$ 混合物中已知氧的质量分数,求氢的质量分数的方法,不难发现 C_3H_7OH 可写成 $C_3H_6(H_2O)$ 的形式,则混合物中“ H_2O ”部分的质量分数为 $8\% \times \frac{18}{16} = 9\%$,其中含氢 $(1 - 9\%) \times \frac{2}{12 + 2}$,再加上“ H_2O ”部分的氢,即全部氢的质量分数为 $(1 - 9\%) \times \frac{2}{12 + 2} + 1\% = 14\%$ (其中 H_2O 中氢的质量分数为 $8\% \times \frac{2}{16} = 1\%$)

画龙点睛

化学式变形,寻求巧解。

精选妙题

4. 某种 ABS 工程树脂,由丙烯腈 ($CH_2=CHCN$ 符号为 A), 1,3-丁二烯 ($CH_2=CH-CH=CH_2$ 符号为 B) 和苯乙烯



($\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ 符号为 S)按一定配比共聚而得,经元素分析可知该 ABS 样品的组成为 $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_c$ (a, b, c 均为正整数),则原料中 A 和 B 的物质的量之比为多少?(用 a, b, c 表示)。

常规策略

按常规思路可设 A、B、S 的个数分别为 x, y, z 。则可得三元一次方程组：

$$\begin{cases} 3x + 4y + 8z = a \\ 3x + 6y + 8z = b \\ x = c \end{cases} \quad \text{可得} \quad \begin{cases} x = c \\ y = \frac{b-a}{2} \end{cases}$$

则 A 和 B 的物质的量之比为 $c : \frac{b-a}{2}$ 。

巧妙解法

仔细分析 A、B、S 各自的组成,不难发现 A、S 中 C、H 个数比都相等, B 中 H 比 C 多 2 个这一隐含条件,利用这一隐含条件,立即可以得出答案。每多出 2 个 H 即有一个 B,则 A、B 物质的量之比为： $c : \frac{b-a}{2}$ 。(N 原子的个数 c 即为 A 分子的个数,因丙烯腈分子中只含一个 N。))

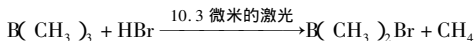


画龙点睛

充分利用 B 中 H 比 C 多 2 个这一隐含条件,即可得出答案。

精选妙题

5. ■美籍埃及人泽维尔用激光闪烁照相机拍摄到化学反应中化学键断裂和形成的过程,因而获得 1999 年诺贝尔化学奖。激光有很多用途,例如波长为 10.3 微米的红外激光能切断 $\text{B}(\text{CH}_3)_3$ 分子中的一个 B—C 键,使之与 HBr 发生取代反应：



而利用 9.6 微米的红外激光却能切断两个 B—C 键,并与 HBr 发生二元取代反应。

