全品
— SINCE 1992 —
教育图书 功能学具 学生之家
基础教育行业专研品牌

30+年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中化学5

选择性必修3 RJ

北京专版

数智教辅

全品AI学伴
7×24小时有问必答
高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS 目录 导学案

01 第一章　有机化合物的结构特点与研究方法
PART ONE

第一节　有机化合物的结构特点 …… 093
第 1 课时　有机化合物的分类方法 …… 093
第 2 课时　有机化合物中的共价键、同分异构现象及表示方法 …… 098
第二节　研究有机化合物的一般方法 …… 102
第 1 课时　有机物的分离、提纯 …… 102
第 2 课时　有机化合物实验式、分子式及分子结构的确定 …… 107
本章素养提升 …… 112

02 第二章　烃
PART TWO

第一节　烷烃 …… 114
第二节　烯烃　炔烃 …… 117
第 1 课时　烯烃 …… 117
第 2 课时　炔烃 …… 121
拓展微课 1　烯烃和炔烃的加成、氧化规律 …… 124
第三节　芳香烃 …… 126
第 1 课时　苯的结构及性质 …… 126
第 2 课时　苯的同系物 …… 129
拓展微课 2　烃的同分异构体判断与书写 …… 133
本章素养提升 …… 134

03 第三章　烃的衍生物
PART THREE

第一节　卤代烃 …… 136
第二节　醇　酚 …… 140
第 1 课时　醇 …… 140
第 2 课时　酚 …… 144

第三节　醛　酮 …… 147
第四节　羧酸　羧酸衍生物 …… 151
第 1 课时　羧酸　酯 …… 151
第 2 课时　羧酸衍生物——油脂、胺、酰胺 …… 157
拓展微课 3　多官能团有机物的性质与定量分析 …… 161
拓展微课 4　限定条件下有机物同分异构体的书写 …… 162
第五节　有机合成 …… 165
第 1 课时　有机合成的主要任务 …… 165
第 2 课时　有机合成路线的设计与实施 …… 170
拓展微课 5　基于反应条件的有机合成推断 …… 173
本章素养提升 …… 175

04 **第四章　生物大分子**
PART FOUR
第一节　糖类 …… 178
第二节　蛋白质 …… 183
第三节　核酸 …… 187
本章素养提升 …… 190

05 **第五章　合成高分子**
PART FIVE
第一节　合成高分子的基本方法 …… 192
第二节　高分子材料 …… 196
本章素养提升 …… 200

◆ **参考答案** …… 203

第一章　有机化合物的结构特点与研究方法

第一节　有机化合物的结构特点

第 1 课时　有机化合物的分类方法

【核心素养要求】

1. 证据推理与模型认知：了解碳原子之间的连接方式，能根据碳骨架对有机化合物进行分类。 能从结构方面认识有机化合物的多样性，能采用模型、符号等多种方式对各种官能团进行表征。

2. 宏观辨识与微观探析：通过认识官能团的结构，微观分析有机化合物的类别，体会与宏观分类的差异，多角度认识有机化合物。

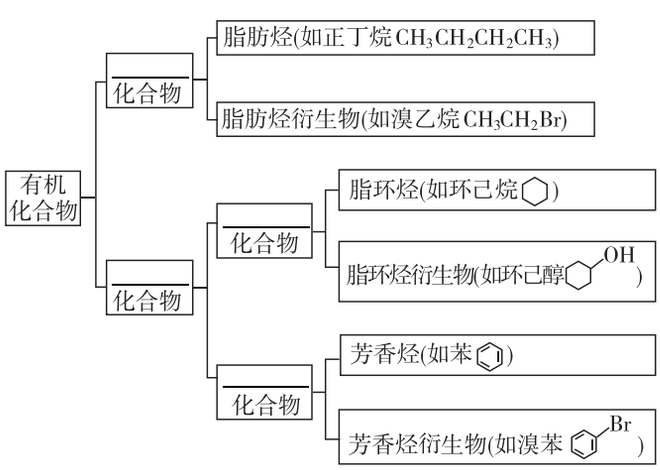
新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　依据碳骨架分类

【课前自主预习】

有机化合物主要有两种分类方法，一是依据构成有机化合物分子的_____来分类，二是依据有机化合物分子中的_____来分类。

1. 按碳骨架分类



2. 烃

(1)定义：只由碳、氢两种元素组成的有机化合物。

(2)分类

烃
- 链烃(脂肪烃)
  - 烷烃：碳原子间都以_____相连
  - 烯烃：碳原子间有_____
  - 炔烃：碳原子间有_____
- 环烃
  - 脂环烃
    - 环烷烃：碳环中的碳原子完全以_____相连
    - 环烯烃：碳环中的碳原子间有_____
  - 芳香烃：分子中含有_____结构

[问题思考]

怎样区别脂环化合物和芳香族化合物？

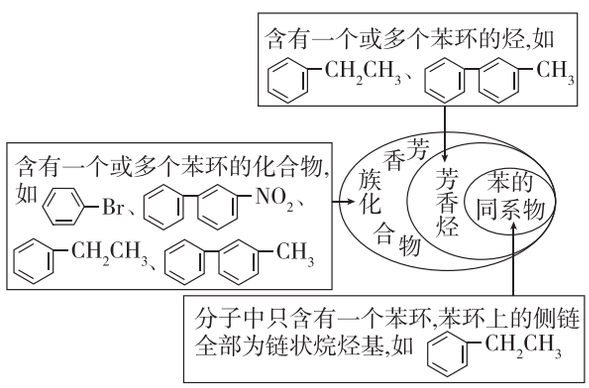
【核心知识讲解】

有机化合物分类中的易错辨析

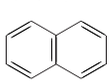
(1)区别烃和烃的衍生物

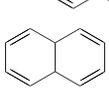
烃是仅含有碳、氢两种元素的有机化合物。烃的衍生物是除了碳、氢两种元素外，还含有其他元素的有机化合物。

(2)用数学中的“集合关系”区分芳香族化合物、芳香烃和苯的同系物

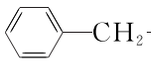


[注意] (1)在芳香族化合物中，分为芳香烃和芳香烃衍生物。两者的区别在于含有的元素，芳香烃只含有碳、氢两种元素，芳香烃的衍生物则不是。

(2)  含有苯环，属于芳香族化合物，

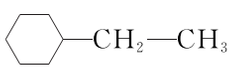
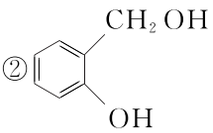
 不含有苯环，不属于芳香族化合物，属于脂环化合物中的脂环烃。

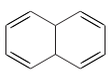
(3)依据碳骨架对有机化合物分类的思路：首先看碳骨架，如果碳骨架中含有环状结构，即属于环状化合物，如果不存在环状结构，即为链状化合物。如果该有机化合物中既有链状结构也存在环状结构，则该有机化合物一般认为是环状化合物。如

 应为环状化合物。

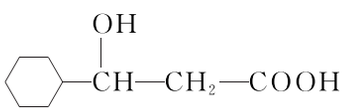
【知识迁移应用】

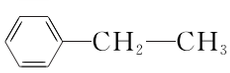
例 1 有下列 8 种有机化合物，请根据元素组成和碳骨架对下列有机化合物进行分类：

① ②

③ ④ $CH_3—\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH_2$

⑤ $CH_3—\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}—\underset{\displaystyle CH_2—CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH_2}}$

⑥

⑦ ⑧$CH_3COOCH=CH_2$

(1)属于链状化合物的是_____(填序号，下同)。

(2)属于环状化合物的是_____。

(3)属于脂环化合物的是_____。

(4)属于芳香族化合物的是_____。

(5)属于脂肪烃衍生物的是_____。

(6)属于脂环烃衍生物的是_____。

(7)属于芳香烃衍生物的是_____。

◆ 学习任务二　依据官能团分类

【课前自主预习】

1. 烃的衍生物及官能团

(1)烃的衍生物：烃分子中的_____被其他_____或_____所取代而生成的一系列化合物。

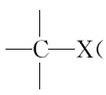
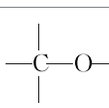
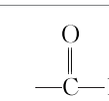
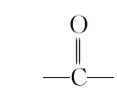
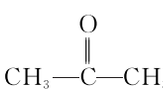
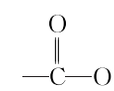
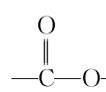
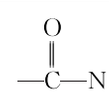
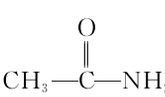
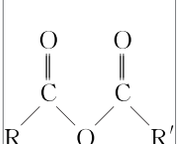
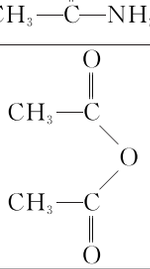
(2)官能团：决定有机化合物_____的原子或原子团。

2. 有机化合物的主要类别、官能团和代表物

(1)烃类物质

类别	官能团		典型代表物	
	结构	名称	名称	结构简式
烷烃	—	—	甲烷	_____
烯烃	_____	碳碳双键	乙烯	_____
炔烃	_____	碳碳三键	乙炔	_____
芳香烃	—	—	苯	_____

(2)烃的衍生物

类别	官能团		典型代表物	
	结构	名称	名称	结构简式
卤代烃		碳卤键(卤素原子)	溴乙烷	_____
醇	—OH	_____	乙醇	_____
酚	—OH	_____	苯酚	_____
醚		醚键	乙醚	$CH_3CH_2OCH_2CH_3$
醛		_____	乙醛	_____
酮		_____	丙酮	
羧酸		_____	乙酸	_____
酯		酯基	乙酸乙酯	_____
胺	$—NH_2$	_____	甲胺	CH_3NH_2
酰胺		_____	乙酰胺	
酸酐		酸酐基	乙酸酐	

[名师提醒]

(1)烷基和苯基不是官能团。

(2)官能团是不可拆分的原子或原子团，如羧基()不能说成酮羰基和羟基。

(3)  的结构简式为—COOH， 的结构简式为 HOOC—， 的结构简式为—COOR， 的结构简式为 ROOC—，

$\begin{matrix}O\\\|\\-C-H\end{matrix}$ 的结构简式为—CHO，不能写成—COH，亚氨基、次氨基的结构分别为—NH—、$\begin{matrix}-\\|\\N-\end{matrix}$ 。

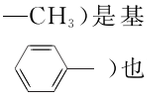
[问题思考]

①烃的衍生物一定含有官能团，含官能团的有机化合物一定是烃的衍生物吗？

②学习官能团对有机化学的学习有什么作用？

【核心知识讲解】

1. 根、基与官能团的区别与联系

	根	基	官能团
概念	带电的原子或原子团，是电解质电离的产物	分子失去中性原子或原子团后剩余的部分	决定有机化合物特性的原子或原子团
电性	带电荷(电子已成对)	电中性(有单电子)	电中性(有单电子)
存在	可以稳定存在	不能稳定独立地存在	不能稳定独立地存在
实例及电子式	氢氧根离子：$[\ddot{O}H]^-$	甲基(—CH_3)：$\cdot\dot{C}H_3$	羟基(—OH)：$\cdot\ddot{O}H$
联系	(1)根、基与官能团均属于原子或原子团。 (2)官能团属于基，但基不一定是官能团，如甲基(—CH_3)是基，但不是官能团，类似的还有苯基()也不是官能团。 (3)基与基能够结合成分子，根与基不能结合成分子。 (4)根与基可以相互转化，如 OH^- 失去 1 个电子可转化为—OH，而—OH 得到 1 个电子可转化为 OH^-		

2. 辨别常见官能团应注意的事项

(1)含羟基化合物

醇：—OH 连接在饱和碳原子上

酚：—OH 直接连接在苯环上

羧酸：—OH 连接在酮羰基($\begin{matrix}O\\\|\\-C-\end{matrix}$)上

(2)注意醚键、酸酐基与酯基的区别

醚键是两烃基通过 O 原子相连，如 $CH_3OC_2H_5$；

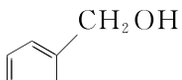
酸酐基是两个 $\begin{matrix}O\\\|\\-C-\end{matrix}$ 和 O 原子相连，如 $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_3$，是两分子乙酸脱一分子水的产物；酯基是 $\begin{matrix}O\\\|\\-C-O-R\end{matrix}$，R 为烃基，如 $H\overset{O}{\overset{\|}{C}}OC_2H_5$ 。

(3)醛与酮的区别：醛是 $\begin{matrix}O\\\|\\-C-\end{matrix}$ 中至少一端连接 H，如 $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}H$；酮是 $\begin{matrix}O\\\|\\-C-\end{matrix}$ 两端连接烃基，如 $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_3$ 。

(4)胺和酰胺：有机化学中具有 $-N\begin{matrix}R_1\\\diagup\\\diagdown\\R_2\end{matrix}$ 结构的属于胺，具有 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-N\begin{matrix}R_1\\\diagup\\\diagdown\\R_2\end{matrix}$ 结构的属于酰胺，其中 R_1 和 R_2 可以是烃基，也可以是氢原子，可以相同也可以不同。

【知识迁移应用】

例 2 [2026·北京牛栏山一中高二月考] 下列物质的类别与所含官能团都正确的是 ( )

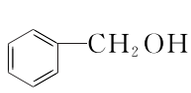
A.  酚 —OH

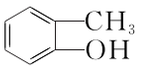
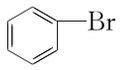
B. $CH_3\underset{\underset{COOH}{|}}{C}HCH_3$ 羧酸 —COOH

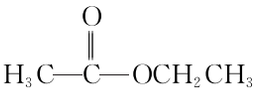
C. $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_6H_5$ 醛 —COOR

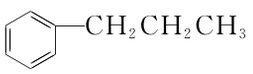
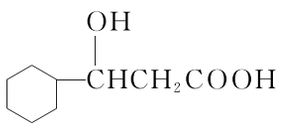
D. CH_3-O-CH_3 酮 $-\underset{|}{\overset{|}{C}}-O-\underset{|}{\overset{|}{C}}-$

例 3 有机化合物种类繁多、数目庞大、应用广泛。请根据官能团的不同对下列有机化合物进行分类：

①  ② $H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$

③  ④  ⑤CH_3CHO

⑥$CH_3—C\equiv CCH_2—CH_3$ ⑦ 

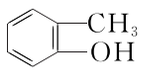
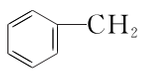
⑧  ⑨ 

(1)从官能团的角度看,可以看作炔烃类的是____(填序号,下同);可看作醇类的是_____;可看作酚类的是_____;可看作羧酸类的是_____;可看作酯类的是_____。

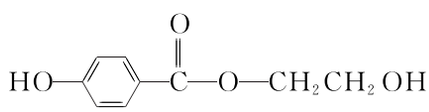
(2)从碳骨架的角度看,属于脂环化合物的是_____;属于芳香烃的是_____。

(3)①的官能团名称为_____,②的官能团名称为_____,⑤的官能团名称为_____,⑧ 的一氯代物有_____种。

[易错警示]

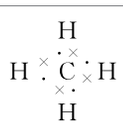
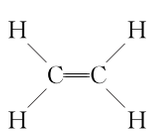
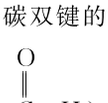
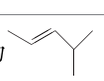
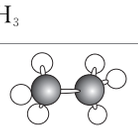
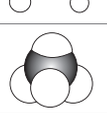
(1)不同的有机化合物可以含有相同的官能团,但不一定属于同一类物质。如 (邻甲基苯酚)和 (苯甲醇)中均含有—OH(羟基),但不属于同一类物质。

(2)一种物质,根据不同的分类方法可以属于不同的类别,如  既属于环状化合物中的脂环化合物,又属于烯烃;当有机化合物分子中含有多个官能团时,它可以属于不同的类别,如

 可属于醇类,也可属于酚类、酯类等。

◆ 学习任务三　有机化合物分子结构的表示方法

【课前自主预习】

种类	表示方法	实例
分子式	用元素符号和数字表示物质的分子组成	CH_4、C_3H_6
最简式(实验式)	表示化合物组成中各元素原子的最简整数比	乙烯、丙烯的最简式均为 CH_2,$C_6H_{12}O_6$ 的最简式为 CH_2O
电子式	在元素符号周围用“·”或“×”表示原子最外层电子的式子	
结构式	表示分子中原子的结合或排列顺序的式子,用一根短线“—”来表示1对共用电子,用“—(单键,即1对共用电子)”“═(双键,即2对共用电子)”“≡(三键,即3对共用电子)”将所有成键原子连接起来的图示	
结构简式	①表示单键的“—”可以省略,将与碳原子相连的其他原子写在其旁边,在右下角注明其个数; ②表示碳碳双键的“═”、表示碳碳三键的“≡”不能省略; ③醛基()、羧基()、酯基()可简化成—CHO、—COOH、—COOR	$CH_3CH═CH_2$、$(CH_3)_2CHCH_2CH_3$、OHCCOOH
键线式	将结构式中碳、氢元素符号省略,只表示分子中键的连接情况和官能团,每个拐点或终点均表示有一个碳原子	$CH_3CH═CHCHCH_3$(其中 CH_3 为支链)可表示为 
球棍模型	小球表示原子,短棍表示化学键,形象地表示分子中原子之间的连接方式	
空间填充模型	用不同体积的小球表示不同大小的原子,表示分子中原子之间的堆积方式	

[问题思考]

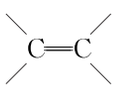
①同一有机化合物的电子式、结构式、结构简式、键线式、球棍模型、空间填充模型之间有什么关系？

②在上述方法中，表示有机化合物分子空间结构的方法有哪些？

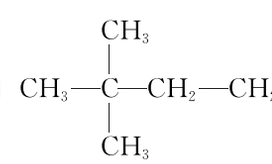
【核心知识讲解】

(1)键线式

①将碳、氢元素符号省去，只表示分子中键的连接情况和官能团，每个拐点或终点均表示一个碳原子。

②只忽略 C—H，必须表示出  、—C≡C— 等官能团，省去的是碳原子和氢原子，碳碳键为骨架，其他的原子和官能团不能省去。

③由键线式判断分子式时，以拐点和终点数判断碳原子数，每个碳原子都形成四个共价键，不足的由氢原子补齐。

(2)写结构简式时，同一个碳原子上的相同原子或原子团可以合并。如  也可以写成$(CH_3)_3C(CH_2)_2CH_3$。

(3)结构简式不能表示有机化合物的真实结构。如从结构简式看，$CH_3CH_2CH_2CH_3$ 中的碳链是直线形的，而实际上是锯齿形的。

【知识迁移应用】

例 4 [2026·北京八一学校高二月考] 下列有关化学用语的说法中不正确的是 (　)

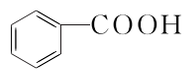
A. —OH 与  都表示羟基

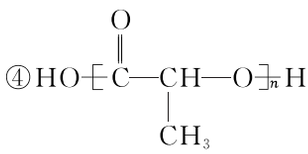
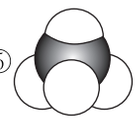
B. 乙烯的结构简式为 CH_2CH_2

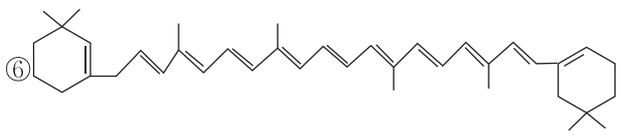
C. CH_4 分子的球棍模型：

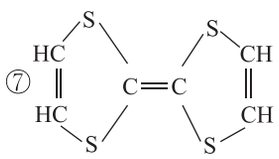
D. 苯分子的空间填充模型：

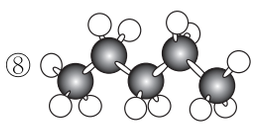
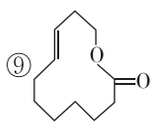
例 5 有机化合物的表示方法多种多样，如图所示是常用的有机化合物的表示方法。

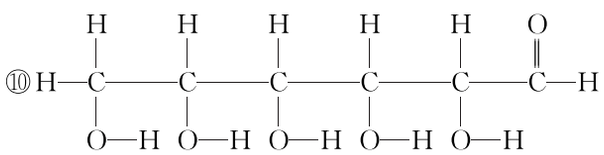
①  ②  ③CH_4

④  ⑤ 

⑥ 

⑦ 

⑧  ⑨ 

⑩ 

(1)上述表示方法中：

属于结构简式的为＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿；

属于结构式的为＿＿＿＿＿＿；

属于键线式的为＿＿＿＿＿＿；

属于空间填充模型的为＿＿＿＿；

属于球棍模型的为＿＿＿＿＿＿。

(2)写出⑨的分子式：＿＿＿＿＿＿。

(3)写出⑩中官能团的电子式：＿＿＿＿＿＿＿＿。

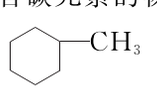
(4)②的分子式为＿＿＿＿＿＿，最简式为＿＿＿＿。

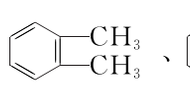
课堂评价

知识巩固　素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

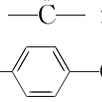
(1)含碳元素的物质一定是有机化合物　(　)

(2)  属于芳香烃　(　)

(3)有机化合物  都属于芳香烃　(　)

(4)乙烯分子中所含官能团的结构简式为“C ═C”　(　)

(5)含有  结构的一定是酮羰基　(　)

(6)HO—  —COOH 既可属于酚类，也可属于羧酸类　(　)

(7)所有的有机化合物都含有官能团,芳香烃的官能团是苯环 (　)

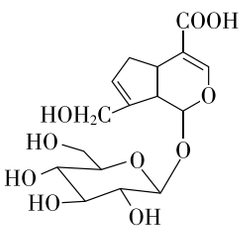
(8)等质量的—OH和OH^-含有的电子数目相等 (　)

(9)甲烷的二氯代物只有一种结构,说明甲烷分子是正四面体结构 (　)

2. 下列有机化合物属于烃的是 (　)

A. 溴乙烷　B. 乙醇　C. 乙酸　D. 苯

3. [2025·北京首师大附中高二期中]京尼平苷酸是从杜仲中提取出的一种生物活性物质,结构简式如图所示,其中不含有的官能团是 (　)

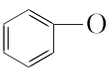


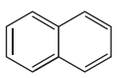
A. 酯基　B. 羟基　C. 醚键　D. 羧基

4. 按碳的骨架对有机化合物进行分类,下列说法正确的是 (　)

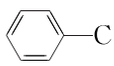
A. $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_3$ 属于脂肪烃衍生物

B.  属于芳香族化合物

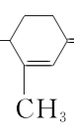
C.  属于芳香族化合物

D.  属于脂环化合物

5. 写出下列物质所含官能团的名称。

(1)  中含有的官能团为_____。

(2) H_2N-$-COOH$ 中显酸性的官能团是_____。

(3) CH_3CH_2OOC-$=O$ 中含有的官能团是_____。

第2课时　有机化合物中的共价键、同分异构现象及表示方法

【核心素养要求】

1. 宏观辨识与微观探析:能从宏观和微观的角度理解有机化合物分子中共价键的类型和极性,正确认识结构对有机化合物性质的影响。

2. 证据推理与模型认知:

(1)通过有机化合物分子的结构模型,建立对有机化合物分子的直观认识。

(2)建立有机化合物同分异构体书写的基本思维模型,并运用模型正确书写和判断有机化合物的同分异构体。

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　有机化合物中的共价键

【课前自主预习】

在有机化合物的分子中,碳原子通过共用电子对与其他原子形成不同类型的共价键,共价键的类型和极性对有机化合物的性质有很大的影响。

1. 共价键的类型

根据原子轨道的重叠方式,有机化合物的共价键有两种基本类型:σ键和π键。

有机化合物中σ键和π键的比较

类型	σ键	π键
成键轨道	杂化轨道-杂化轨道或杂化轨道-s轨道等	p-p轨道等
重叠形式	“头碰头”	“肩并肩”
存在	C—C,C—H,C—O,C—N,碳碳双键、碳碳三键、C═O、C═N中的1个键	双键中的1个键,三键中的2个键
相对稳定性	键能相对较大,不易断开	键能相对较小,容易断开
成键原子能否绕键轴旋转	能	不能
断键与反应类型的关系	主要发生取代反应	主要发生加成反应
举例	烷烃分子中只存在C—C σ键和C—H σ键,没有π键	烯烃和炔烃分子中既存在σ键,又存在π键

2. 共价键的极性与有机反应

(1)不同成键原子间电负性(描述不同元素的原子对键合电子吸引力的大小)的差异,会使共用电子对发生偏移,使共价键产生极性,在一定条件下发生断裂。有机化合物的官能团及其邻近的化学键往往是发生化学反应的_____部位。

形成共价键的两种元素的电负性的大小 ⟹(差值越大) 两原子间形成的共用电子对偏移程度越大 ⟹ 共价键的极性越强

(2)共价键的断裂需要吸收能量,而且有机化合物分子中共价键断裂的位置存在多种可能。相对无机反应,有机反应一般反应速率较_____,副反应较____,产物比较复杂。

(3)乙醇的性质实验探究

实验操作	向两只分别盛有蒸馏水和无水乙醇的烧杯中各加入同样大小的钠(约绿豆大),观察现象
现象对比	均有_____产生,但乙醇与钠的反应没有水与钠的反应_____
化学方程式	_____(钠与乙醇反应)
实验分析	①乙醇分子中的氢氧键极性较强,能够发生断裂;②乙基是推电子基,乙醇分子中氢氧键的极性比水分子中氢氧键的极性_____
实验结论	基团之间的相互影响使官能团中化学键的_____发生变化,从而影响官能团和物质的性质

另外,由于羟基中氧原子的电负性_____,乙醇分子中的碳氧键极性也较强,在乙醇与氢溴酸的反应中,碳氧键发生了断裂。

_____ $\xrightarrow[\triangle]{\text{浓硫酸}}$ _____

[问题思考]

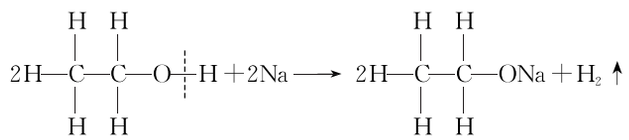
①乙烷、乙烯、乙炔分子中的碳原子杂化方式分别是什么?三种分子中的碳碳单键(双键或三键)和C—H成键方式分别是什么?

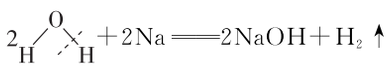
②CH_4为什么具有正四面体的空间结构?

③某有机化合物的结构简式为$CH_2{=}CH{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}OH$,该分子中有几个σ键,几个π键?根据共价键的类型和极性可推测该物质可发生哪些反应?与钠反应时断裂的是什么键?与乙醇发生酯化反应时断裂的是什么键?与溴的四氯化碳溶液反应时断裂的是什么键?

【核心知识讲解】

1. 从共价键的极性角度解释乙醇、水与钠反应的差异





乙醇、水分别与钠反应时,断裂的都是分子中的O—H,但由于乙醇分子中的乙基(—CH_2CH_3)是推电子基团,将电子推向羟基,使乙醇分子中羟基的极性弱于水分子中羟基的极性,所以乙醇分子中羟基的活性弱于水分子中羟基的活性,因此相同条件下,乙醇与钠的反应没有水与钠的反应剧烈。

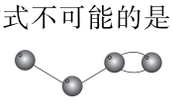
2. 共价键的类型不同引起不同的有机反应

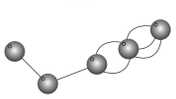
与碳原子相连的原子数	4	3	2
结构示意	—C—	C=	—C≡
碳原子的杂化方式	sp^3	sp^2	sp
碳原子的成键方式	σ键	σ键、π键	σ键、π键
碳原子与相邻原子形成的结构单元的空间结构	四面体形	平面形	直线形
容易发生的反应类型	取代反应	加成反应和氧化反应	加成反应和氧化反应
实例	烷烃	烯烃	炔烃

【知识迁移应用】

例1 [2025·北京师大实验顺义学校高二期中]下列有机化合物中碳原子的连接方式不可能的是 ( )

A. 

B. 

C. 

D. 

例 2 乙酸、水和乙醇的分子结构如表所示，三者结构中的相同点是都含有羟基，下列说法错误的是（　）

乙酸	水	乙醇
$CH_3—C(=O)—OH$	$H—O—H$	$CH_3—CH_2—OH$

A. 羟基的极性：乙酸＞水＞乙醇

B. 与金属钠反应的剧烈程度：乙醇＜水

C. 羟基连接不同的基团可影响羟基的活性

D. 羟基极性不同的原因是羟基中的共价键类型不同

◆ 学习任务二　有机化合物的同分异构现象及表示方法

【课前自主预习】

1. 同分异构现象和同分异构体

同分异构现象——化合物具有_____的分子式，但具有_____结构的现象

同分异构体——具有同分异构现象的化合物的互称

2. 同分异构的类别

同分异构
- 构造异构
  - _____异构
  - 位置异构
  - _____异构
- 立体异构
  - _____异构
  - 对映异构

3. 有机化合物的构造异构现象

实例	类型	含义
$CH_2=CH—CH_2—CH_3$ 与 $CH_2=C(CH_3)—CH_3$	碳架异构	_____不同而产生的异构
$CH_2=CH—CH_2—CH_3$ 与 $CH_3—CH=CH—CH_3$	位置异构	_____不同而产生的异构
CH_3COOH 与 $HCOOCH_3$	官能团异构	_____不同而产生的异构

[名师提醒]

书写同分异构体时，不能只写碳骨架，要用氢原子补足碳原子的四个价键。

[问题思考]

①相对分子质量相同的两种物质一定互为同分异构体吗？试举例说明。

②同分异构体的化学性质和物理性质一定相似吗？

【核心知识讲解】

同分异构体的书写与判断（不考虑立体异构）

1. 烷烃同分异构体的书写方法——减碳移位法

以烷烃 C_6H_{14} 为例，写出其所有同分异构体。

(1)基本原则

主链由长到短，支链由整到散，位置由心到边，排列由同到邻间，碳满四价。

(2)书写方法

Ⅰ. 成直链，一条线：

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$。

Ⅱ. 摘一碳，挂中间；往边移，不到端：

$CH_3CH_2CH(CH_3)CH_2CH_3$，$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2CH_3$。

Ⅲ. 摘多碳，整到散；多支链，同、邻、间：

$CH_3C(CH_3)_2CH_2CH_3$，$CH_3CH(CH_3)CH(CH_3)_2$。

[注意] 从母链取下的碳原子数不得多于母链剩余部分的碳原子数。

以上方法可总结为“成直链，一条线；摘一碳，挂中间，往边排，不到端；摘两碳，乙基先，两甲基，同邻间，不重复，要写全”。

2. 等效氢法判断有机化合物的一取代物（如一卤代物、一元醇、一元醛、一元酸等）

(1)等效氢的判断依据

①同一碳原子上的氢原子是等效的，如 CH_4 中的 4 个氢原子等效。

②同一碳原子上所连的甲基上的氢原子是等效的，如 $C(CH_3)_4$ 中的 4 个甲基上的 12 个氢原子等效。

③处于对称位置上的氢原子是等效的，如 CH_3CH_3 中的 6 个氢原子等效；乙烯分子中的 4 个氢原子等效；苯分子中的 6 个氢原子等效。

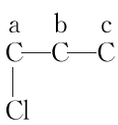
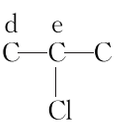
(2)几种常见烷烃的等效氢及烷基的同分异构体数目

烷烃	甲烷	乙烷	丙烷	丁烷	戊烷
化学式	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}
等效氢种类数	1	1	2	4	8
对应烷基	甲基	乙基	丙基	丁基	戊基
烷基化学式	$-CH_3$	$-C_2H_5$	$-C_3H_7$	$-C_4H_9$	$-C_5H_{11}$
烷基数目	1	1	2	4	8

(3)同分异构体的判断方法:有几种等效氢原子,就有几种一取代物。

将有机化合物分子拆分为烃基和官能团两部分,根据烃基同分异构体的数目,确定目标分子的数目,如 $C_5H_{12}O$ 属于醇的同分异构体可看作 $C_5H_{11}-OH$,由于 $C_5H_{11}-$ 共有 8 种结构,故有 8 种同分异构体。$C_6H_{12}O$ 属于醛的同分异构体可看作 $C_5H_{11}-CHO$,也有 8 种结构。

3. 定一移一法

对于二元取代物的同分异构体的判断,可固定一个取代基位置,再移动另一个取代基,以确定同分异构体的数目。如判断 $CH_3CH_2CH_3$ 的二氯代物数目,先固定 1 个 Cl 原子:① ,② ;再固定第 2 个氯原子:①有 3 种,②有 2 种,其中①b 和②d 重复,故 $CH_3CH_2CH_3$ 的二氯代物有 4 种。

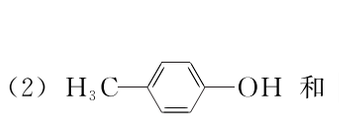
【知识迁移应用】

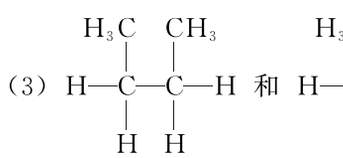
例 3 请分析下列各组物质,用序号填写出它们的对应关系:

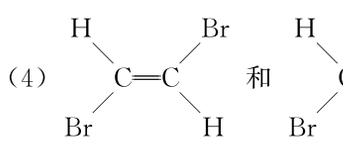
①碳架异构　②位置异构　③官能团异构

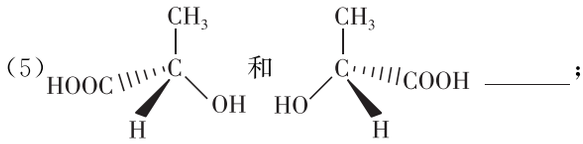
④顺反异构　⑤对映异构　⑥同一种物质

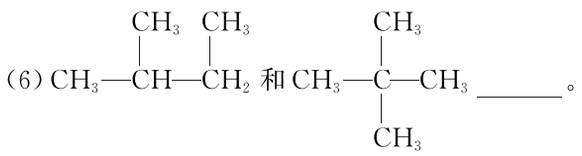
(1)C_2H_5OH 和 CH_3OCH_3 _____;

(2)  _____;

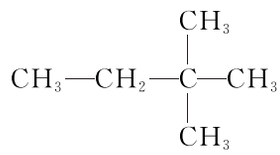
(3)  _____;

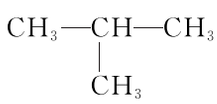
(4)  _____;

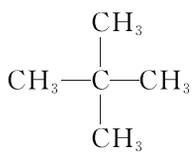
(5)  _____;

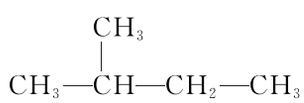
(6)  _____。

例 4 [2026·北京牛栏山一中高二月考] 下列烷烃的一氯代物只有三种的是(不考虑立体异构)　(　)

A. 

B. 

C. 

D. 

课堂评价

知识巩固　素养形成

1. 判断正误(正确的打"√",错误的打"×")。

(1)1 个乙烯分子中存在 4 个 σ 键和 1 个 π 键　(　)

(2)同系物之间可以互为同分异构体　(　)

(3)丙烷($CH_3-CH_2-CH_3$)分子中的三个碳原子一定在一条直线上　(　)

(4)$CH_3CH_2CH_2COOH$ 和 $C_2H_5COOCH_3$ 互为官能团异构　(　)

(5)同分异构体具有相同的分子式和不同的结构,其化学性质一定相似　(　)

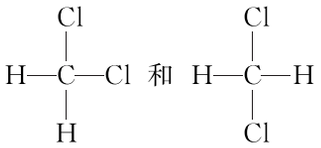
(6)乙酸与钠的反应比水与钠的反应更剧烈,是因为乙酸分子中氢氧键的极性更强　(　)

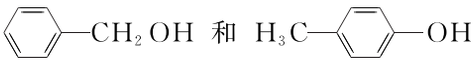
(7)相对分子质量相同、组成元素的百分含量相同的不同有机化合物一定互为同分异构体　(　)

2. [2026·北京师大附中高二期中] 下列各组物质中互为同分异构体的是　(　)

A. 金刚石和石墨

B. $HOCH_2CH_2OH$ 和 CH_3CH_2OH

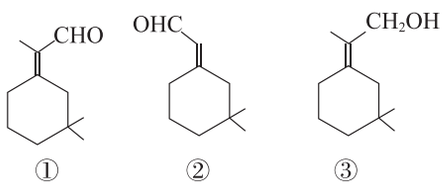
C.  和

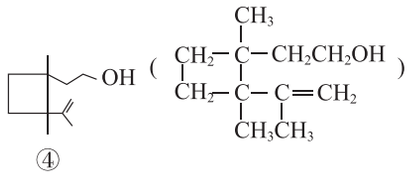
D. 

3. [2024·北京六十六中高二期中] 化学式为 $C_4H_8O_2$ 的羧酸的所有同分异构体有 (　　)

A. 2种　　B. 3种　　C. 4种　　D. 5种

4. 害虫象鼻虫的四种信息素的组成和结构如图所示(括号内表示④的结构简式)。





(1)以上四种信息素中,互为同分异构体的是_____(填序号,下同)。

(2)以上四种信息素中,互为同系物的是_____。

(3)符合下列条件的同分异构体有____种(不考虑立体异构)。

a. 比信息素②相对分子质量小28的同系物少两个氢原子;

b. 含有苯环结构;

c. 属于醇类。

第二节　研究有机化合物的一般方法

第1课时　有机物的分离、提纯

【核心素养要求】

科学探究与创新意识:

(1)通过对蒸馏法、萃取法、重结晶法的实验原理和基本操作的学习,认识科学探究过程的步骤,学会设计科学探究方案,培养严谨的科学态度和科学的思维方式。

(2)结合常见有机化合物分离、提纯方法的学习,能根据有机化合物性质的差异选择有机化合物分离、提纯的正确方法。

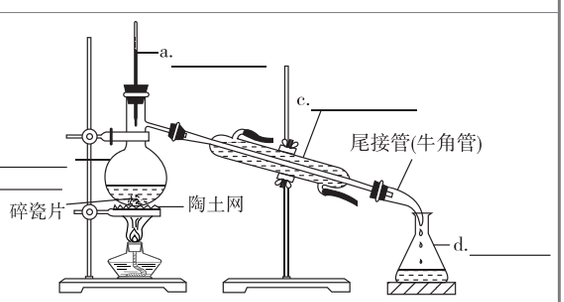
新课探究　知识导学　素养初识

研究有机化合物的基本步骤

分离、提纯 → 确定实验式 → 确定分子式 → 确定分子结构

◆ 学习任务一　蒸馏

【课前自主预习】

原理	利用液态有机化合物与溶解的杂质的_____差异,将有机化合物以蒸气的形式蒸出,然后_____得到产品
装置	

(续表)

适用范围	①有机化合物热稳定性较高 ②有机化合物与杂质沸点相差较大
注意事项	①仪器组装顺序:先下后上,由左至右 ②蒸馏烧瓶内液体的体积不超过容积的_____ ③温度计的水银球应处于_____ ④加入碎瓷片的目的是_____ ⑤冷却水应从冷凝管的_____流入,_____流出 ⑥先通冷凝水再加热蒸馏烧瓶。蒸馏完毕,先撤酒精灯再关冷凝水

[问题思考]

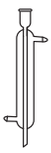
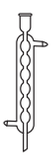
①甲烷与氯气发生取代反应,生成的一氯甲烷是气态,二氯甲烷、三氯甲烷和四氯化碳均为液态,如何分离提纯该混合物?

②蒸馏时,安装好装置后需要进行的操作是什么?通入冷凝水和加热的先后顺序是怎样的?

③若蒸馏进行一段时间后发现忘记加碎瓷片,应该采取的正确操作是什么?

【核心知识讲解】

冷凝管的种类及使用

名称	图例	装置特点	用途
直形冷凝管		一根直形空气冷凝管作为内芯管，在其外面焊有一较粗的外套管（水冷管），在外套管的两端各焊接一个小嘴用以连接冷凝水的进出口（下嘴用以连接冷却水源，上嘴用作冷却水的出口）	一般用作蒸馏时的冷凝装置，适用于沸点为 140 ℃以下物质的蒸馏、分馏操作，主要用于倾斜式蒸馏装置
球形冷凝管		球泡状管作内芯管，与直形管相比，球泡状的内芯管的冷却面积大，冷凝效果好，其他部分与直形冷凝管相同	由于内芯管为球泡状，容易在球部积留蒸馏液，故不适宜作倾斜式蒸馏装置，多用于垂直蒸馏装置，也可用于反应装置，即在反应时考虑到反应物的蒸发流失而用球形冷凝管进行冷凝回流

【知识迁移应用】

例 1 将 CH_3CH_2OH 和 CH_3COOH 分离最合理的方法是（　）

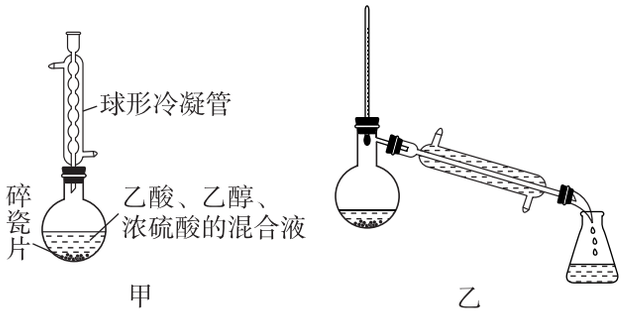
A. 直接加热蒸馏

B. 加入 Na_2CO_3 后，过滤

C. 先加入烧碱蒸出乙醇，再加入浓 H_2SO_4，蒸出乙酸

D. 和 Na 反应后进行分离

例 2 实验室制备和纯化乙酸乙酯的相关装置如图所示（加热及夹持装置已略去），下列关于该实验的说法正确的是（　）



甲　　乙

A. 图甲装置中，球形冷凝管的主要作用是冷凝、回流，冷凝水从下口通入

B. 加热图甲装置后，发现未加碎瓷片，应立即停止加热并趁热补加

C. 图乙装置中的冷凝管也可以换成图甲装置中的球形冷凝管

D. 图乙装置中温度计水银球的位置不正确，应伸入液体中

[方法提炼]

液态有机化合物大都相互溶解，可根据它们沸点的不同，用蒸馏（或分馏）的方法提纯。若混合物中有一种能转化为盐时，一般先将其转化为盐[提高其沸点（或水溶性），从而加大与其他物质的沸点（或在水中溶解度）差值]，分离出其中一种有机化合物（蒸馏或分液），然后把有机盐再转化为有机化合物后分离。

◆ 学习任务二　萃取和分液

【课前自主预习】

1. 萃取原理

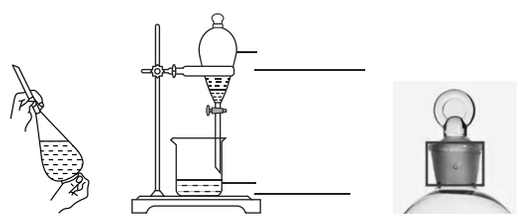
(1)液-液萃取：利用待分离组分在两种_____的溶剂中的_____不同，将其从一种溶剂转移到另一种溶剂的过程。

(2)固-液萃取：用_____从固体物质中溶解出待分离组分的过程。

2. 分液

将互不相溶的两种液体分开的操作方法。

3. 萃取、分液实验操作



甲（萃取）　乙（分液）　丙

加萃取剂后盖上上口玻璃塞，使分液漏斗的上口向下倾斜，充分_____并及时放气，将漏斗正放，静置分层后，移开玻璃塞或旋转带凹槽的玻璃塞，使凹槽对准上口的小孔（如图丙），打开分液漏斗活塞，从下口将_____液体放出，并及时关闭活塞，_____液体从上口倒出。

[问题思考]

①分液漏斗使用的第一步是什么？如何进行？

②分液时，为什么需将漏斗上口的玻璃塞打开，或使玻璃塞上的凹槽对准分液漏斗上的小孔？否则会怎样？

【核心知识讲解】

1. 萃取剂的选择条件及常用的萃取剂

(1)萃取剂的选择条件

①溶质在萃取剂中的溶解度远大于在原溶剂中的溶解度;②萃取剂与原溶剂不互溶;③萃取剂与被萃取物质和原溶剂都不反应。

(2)常用的萃取剂有四氯化碳(CCl_4)、苯、乙醚($C_2H_5OC_2H_5$)、乙酸乙酯($CH_3COOC_2H_5$)、二氯甲烷、三氯甲烷(氯仿)等。

2. 萃取是使待提取物从一种溶剂转移到另外一种溶剂中的操作,经过反复多次萃取,将绝大部分的待提取物提取出来。萃取之后一般进行分液操作,此时得到的是含有萃取剂、待提取物的混合物,通常需要再进行蒸馏等操作才能得到纯净的物质。

【知识迁移应用】

例 3 [2026·北京师大二附中高二期中] 天然色素的富集会用到萃取操作,现有用大量水提取的天然色素,下列溶剂不能用来富集这些天然色素的是 (　　)

A. 石油醚　　B. 苯

C. 酒精　　D. 四氯化碳

[归纳总结]

1. 萃取和分液的区别与联系

(1)萃取和分液是两个不同的概念,分液是将两种互不相溶的液体组成的混合物分离的操作。分液可单独进行,但萃取之后一般要进行分液。

(2)萃取不一定要在分液漏斗中进行,但是分液必须使用分液漏斗。一般萃取后得到的是两种互不相溶的液体,故萃取通常直接使用分液漏斗。

2. 固体物质的萃取

从固体混合物中萃取所需物质,最简单的方法是将固体混合物粉碎研细后放入容器,接着选择适当的溶剂浸泡,用力振荡,通过过滤的方法将萃取液和残留的固体分开。

◆ 学习任务三　重结晶

【课前自主预习】

1. 结晶

(1)冷却结晶:将热的饱和溶液慢慢冷却后析出晶体,此法适用于溶解度随温度变化较大的物质,如硝酸钾。

(2)蒸发结晶:加热蒸发溶剂,使溶液变为饱和,继续蒸发,过剩的溶质呈晶体析出,此法适用于溶解度随温度变化不大且热稳定性好的物质,如氯化钠。

2. 重结晶

若第一次得到的晶体纯度不合乎要求,可将所得晶体溶于少量溶剂中,然后进行浓缩、结晶、分离,如此反复的操作称为重结晶。

(1)重结晶原理

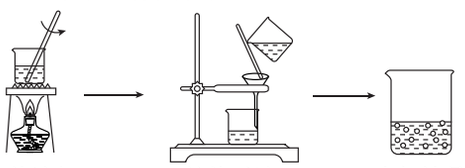
利用被提纯物质与杂质在同一溶剂中的_____不同而将杂质除去,是提纯_____有机化合物常用的方法。

(2)溶剂的选择

①杂质在所选溶剂中溶解度_____,易于除去。

②被提纯的有机化合物在所选溶剂中的溶解度受_____的影响较大,能够进行冷却结晶。

(3)实验探究——重结晶法提纯苯甲酸

实验目的	提纯含有少量氯化钠和泥沙杂质的苯甲酸
资料信息	①苯甲酸可用作食品防腐剂 ②纯净的苯甲酸为无色结晶,其结构可表示为  ,熔点 122 ℃,沸点 249 ℃ ③苯甲酸微溶于水,易溶于乙醇等有机溶剂。苯甲酸在水中的溶解度如下: 温度/℃ | 25 | 50 | 75 溶解度/g | 0.34 | 0.85 | 2.2
实验操作	①观察粗苯甲酸样品的状态 ②将 1.0 g 粗苯甲酸放入 100 mL 烧杯,加入 50 mL 蒸馏水。加热,搅拌,使粗苯甲酸_____ ③使用漏斗_____将溶液过滤至另一烧杯中,将滤液静置,使其缓慢_____ ④待滤液完全冷却后_____,并用少量蒸馏水_____。将晶体铺在干燥的滤纸上,晾干后称其质量  加热溶解　趁热过滤　冷却结晶

[问题思考]

①重结晶法提纯苯甲酸的实验包括哪些步骤?

②在晶体析出后,分离晶体和滤液时,要用少量的冷溶剂洗涤晶体,洗涤的目的是什么?为什么要用冷溶剂?

③溶解粗苯甲酸时加热的作用是什么？趁热过滤的目的是什么？该实验中多次使用玻璃棒，分别起到什么作用？

④苯甲酸的重结晶实验中，是不是结晶的温度越低越好？如何检验提纯后的苯甲酸中氯化钠已被除尽？

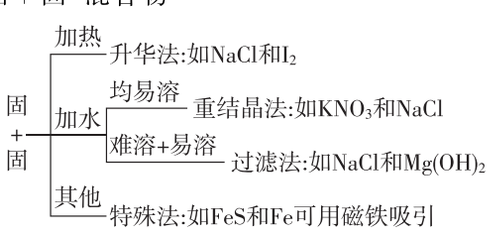
【核心知识讲解】

1. 有机化合物的分离和提纯方法

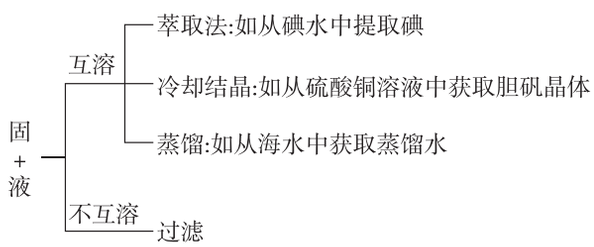
方法	目的	主要仪器	实例	适用范围	注意事项
蒸馏	分离、提纯沸点相差较大的液态混合物	蒸馏烧瓶、冷凝管等	分离二氯甲烷和四氯化碳	互溶的液体	各液体的沸点相差较大
萃取	将有机化合物从一种溶剂转移到另一种溶剂	分液漏斗、烧杯	用四氯化碳将碘水中的碘提取出来	液-液萃取、固-液萃取	萃取剂的选择条件： ①与原溶剂不互溶 ②被提纯物在此溶剂中的溶解度远大于在原溶剂中的溶解度 ③萃取剂与被提纯物及原溶剂不反应
分液	分离互不相溶的液态混合物	分液漏斗、烧杯	分离汽油和水	互不相溶的液体	分液时，下层液体从分液漏斗下口放出（紧靠烧杯壁），并及时关闭活塞，防止上层液体流入烧杯中；待下层液体放完以后，上层液体要从上口倒出
重结晶	利用温度对溶解度的影响提纯有机化合物	烧杯、酒精灯、玻璃棒、漏斗等	提纯苯甲酸	固态混合物	混合物中各成分溶解度相差较大，且被提纯物质的溶解度受温度影响较大
洗气	分离提纯气体混合物	洗气瓶	除去甲烷中的乙烯	混合气体中除去杂质气体的过程	①导管通常长进短出；②溶液不溶解所提纯的气体也不与之发生化学反应；③除杂时不产生新的杂质气体

2. 依据物理性质选择分离和提纯的方法

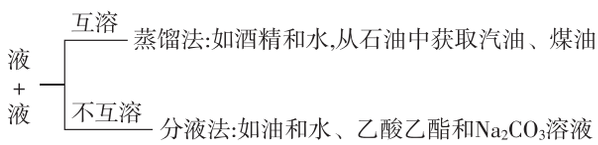
(1)“固＋固”混合物



(2)“固＋液”混合物



(3)“液＋液”混合物



【知识迁移应用】

例 4 [2025·北京陈经纶中学高二期中] 苯甲酸是一种常用的食品防腐剂。某实验小组设计粗苯甲酸(含有少量 NaCl 和泥沙)的提纯方案如下：

粗苯甲酸 $\xrightarrow[\text{Ⅰ}]{\text{加水、加热溶解}}$ 悬浊液 $\xrightarrow[\text{Ⅱ}]{\text{趁热过滤}}$ 滤液 $\xrightarrow[\text{Ⅲ}]{\text{冷却结晶}}$ $\xrightarrow{\text{过滤}}$ $\xrightarrow[\text{Ⅳ}]{\text{洗涤}}$ 苯甲酸

下列说法不正确的是 (　　)

A. 操作Ⅰ中依据苯甲酸的溶解度和粗苯甲酸的质量估算加水量

B. 操作Ⅱ趁热过滤的目的是除去泥沙和 NaCl

C. 操作Ⅲ快速冷却结晶会导致杂质包裹在苯甲酸内

D. 操作Ⅳ可用冷水洗涤晶体

[归纳总结] 结晶与重结晶

		结晶	重结晶
不同点	含义	物质从溶液中以晶体形式析出的过程	将晶体溶于溶剂，使之重新从溶液中结晶析出的过程
	相关操作	分为蒸发结晶和加热浓缩冷却结晶	先溶解，然后结晶
	目的	获得晶体	使不纯净的物质纯化，或使混合在一起的物质彼此分离
相同点		操作方法相同，需要的仪器相同，均需要加热	

例 5 下列实验中，所采取的分离方法与原理都正确的是（ ）

选项	实验	分离方法	原理
A	除去丁醇中的乙醚	蒸馏	丁醇和乙醚的沸点相差较大
B	分离溶于水中的碘	乙醇萃取	碘在乙醇中的溶解度较大
C	除去 KNO_3 固体中混杂的 NaCl	重结晶	NaCl 在水中的溶解度很大
D	分离乙酸乙酯和乙醇	分液	乙酸乙酯和乙醇的密度不同

课堂评价

知识巩固　素养形成

1. 判断正误（正确的打“√”，错误的打“×”）。

(1)分离和提纯都只利用物质的物理性质，不利用物质的化学性质（ ）

(2)蒸馏时，应使温度计水银球靠近蒸馏烧瓶的支管口处（ ）

(3)分液时，为保证分液漏斗内的液体顺利流出，可将其上方的玻璃塞拿掉（ ）

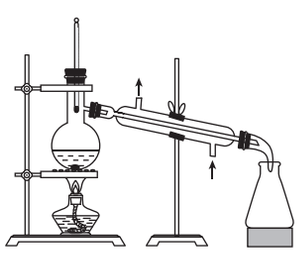
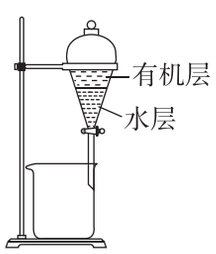
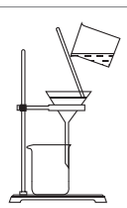
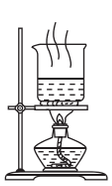
(4)重结晶操作中要求杂质溶解度比被提纯物质小才能进行分离（ ）

(5)重结晶苯甲酸要经历加热溶解、趁热过滤、冷却结晶三个步骤（ ）

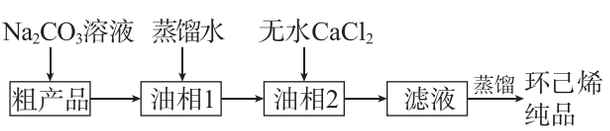
(6)苯萃取溴水分液后，可将苯蒸馏出去得到被提取的溴（已知：液溴沸点为 58.78 ℃，苯的沸点为 80.1 ℃）（ ）

(7)直接蒸馏含水 10%的酒精溶液可得到无水乙醇（ ）

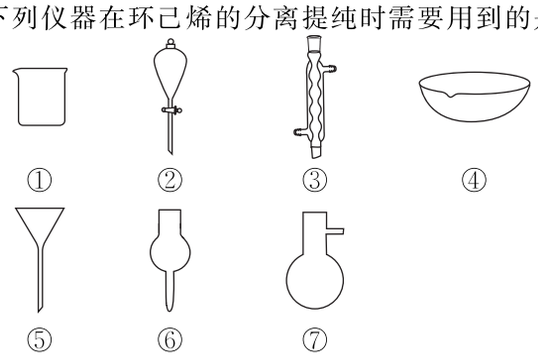
2. 下列实验不能达到实验目的且操作错误的是（ ）

A. 用含 NaCl 的水制备蒸馏水	B. 有机层与水层分开
	
C. 趁热过滤除苯甲酸中难溶性杂质	D. 蒸发溶液得苯甲酸晶体
	

3. 实验室用环己醇和浓磷酸制备环己烯，所得的粗产品可经以下步骤提纯：



下列仪器在环己烯的分离提纯时需要用到的是（ ）



A. ①③④⑤　　B. ③④⑥⑦

C. ①②⑤⑦　　D. ②④⑤⑥

4. 选择下列实验方法分离提纯物质，将分离提纯方法的字母序号填在横线上。

A. 萃取分液　B. 升华　C. 重结晶　D. 分液

E. 蒸馏　F. 过滤　G. 洗气

(1)_____分离食盐水与沙子的混合物。

(2)_____除去硝酸钾固体中混有的少量氯化钠。

(3)_____分离水和汽油的混合物。

(4)_____分离 CCl_4(沸点为 77 ℃)和甲苯(沸点为 111 ℃)的混合物。

(5)_____除去混在乙烷中的乙烯。

(6)_____提取碘水中的碘。

第 2 课时　有机化合物实验式、分子式及分子结构的确定

【核心素养要求】

1. 宏观辨识与微观探析：通过质谱仪、红外光谱仪、核磁共振仪等测定、探析有机化合物的分子组成、结构，揭示有机化合物结构的异同；能认识仪器分析对确定物质微观结构的作用。

2. 证据推理与模型认知：从官能团的鉴别，构建不同有机化合物的结构模型，结合官能团的性质，推理出各类有机化合物的特性。

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　确定实验式

【课前自主预习】

元素的定性、定量分析是用化学方法测定有机化合物的_____组成，以及各元素的_____。

1. 定性分析

用化学方法鉴定有机化合物的元素组成。如完全燃烧后，一般情况下：

C→_____；H→_____；N→_____；

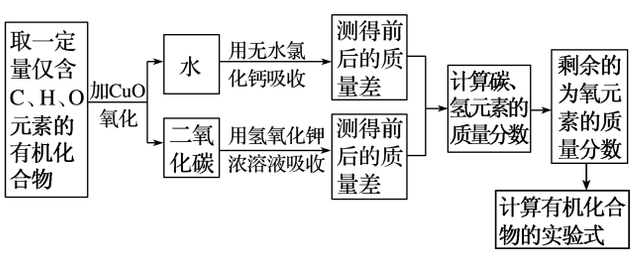
S→_____。

某有机物完全燃烧后，若产物只有 CO_2 和 H_2O，其元素组成肯定有_____，可能有_____。

2. 定量分析

(1)实验式：有机化合物分子内各元素原子的最简整数比，又称为_____。例如，乙酸的分子式为_____，实验式为_____。

(2)测定步骤(李比希法)



(3)实验式(最简式)与分子式的关系：分子式＝(实验式)$_n$。

(4)实验式规律

实验式	对应物质
CH	乙炔和苯
CH_2	烯烃和环烷烃
CH_2O	甲醛、乙酸、甲酸甲酯、葡萄糖、果糖

3. 例题

某种含 C、H、O 三种元素的未知物 A，经燃烧分析实验测得其中碳的质量分数为 52.2%，氢的质量分数为 13.1%。则：

(1)氧元素的质量分数为_____。

(2)C、H、O 的原子个数比 $N(C)：N(H)：N(O)=$_____。

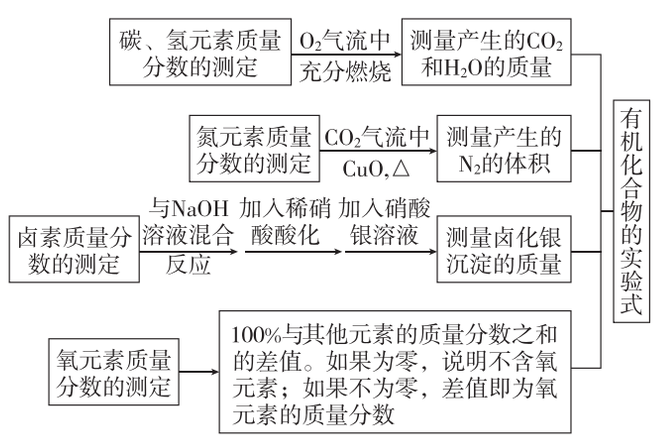
(3)未知物 A 的实验式为_____。

[问题思考]

充分燃烧 1.50 g 某有机化合物 A，生成 1.12 L(标准状况)CO_2 和 0.05 mol H_2O。试求 A 的实验式。

【核心知识讲解】

1. 元素定量分析的方法步骤



2. 实验式与分子式

实验式是表示化合物分子中所含各元素的原子数目最简整数比的式子；分子式是用元素符号表示一个分子中的原子种类和个数的式子。某些特殊组成的实验式，可根据其组成特点直接确定其分子式，如实验式为 CH_3，其分子式为 C_2H_6，氢原子已达到饱和；实验式为 CH_3O，其分子式为 $C_2H_6O_2$。

【知识迁移应用】

例 1 现取 1.8 g 有机化合物 A 在纯氧中完全燃烧，将产物依次通过浓硫酸和碱石灰，产物被完全吸收，浓硫酸质量增加 1.08 g，碱石灰质量增加 2.64 g。回答下列问题：

(1)1.8 g A 中所含氢原子、碳原子的物质的量分别是_____、_____。

(2)通过计算确定该有机化合物的实验式为_____。

[方法规律] 有机化合物中是否含氧元素的确定方法

一般来说，某有机化合物完全燃烧后，若产物只有 CO_2 和 H_2O，其组成元素可能为碳、氢元素或碳、氢、氧元素。欲判断该有机化合物分子是否含氧元素，首先应求出产物 CO_2 中碳元素的质量及 H_2O 中氢元素的质量，然后将 C、H 的质量之和与原有机化合物质量比较，若两者相等，则原有机化合物组成中不含氧元素；否则，原有机化合物组成中含氧元素。

◆ 学习任务二　确定分子式

【课前自主预习】

1. 质谱法

质谱法是快速、精确测定相对分子质量的重要方法。

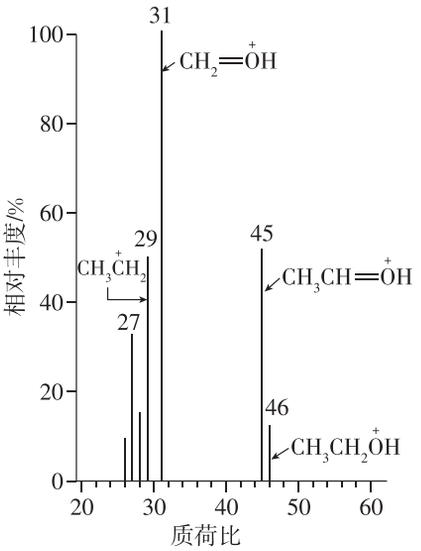
原理：质谱仪用高能电子流等轰击样品，使有机分子失去电子，形成带正电荷的分子离子和碎片离子等。这些离子因_____不同、_____不同，在电场和磁场中运动行为不同。计算机对其进行分析后，得到它们的相对质量与电荷数的比值，即_____。以质荷比为横坐标，以各类离子的_____为纵坐标记录测试结果，就得到有机化合物的质谱图。

2. 相对分子质量确定

质谱图中_____的分子离子峰对应的质荷比或质荷比_____表示样品中分子的相对分子质量。

3. 示例说明

某未知物 A(实验式为 C_2H_6O)的质谱图如图所示，由此可确定该未知物的相对分子质量为_____。



[问题思考]

怎样利用质谱图？

【核心知识讲解】

1. 有机化合物分子式的确定方法

(1)直接法：有机化合物的密度(相对密度)→摩尔质量→1 mol 有机化合物中各原子的物质的量→分子式。

(2)实验式法：各元素的质量分数→实验式 $\xrightarrow{\text{相对分子质量}}$ 分子式。

(3)商余法：用烃的相对分子质量除以 14，看商和余数。

$$\frac{M_r(C_xH_y)}{14}=\underset{\text{(碳原子数)}}{\text{商}}\cdots\cdots\begin{cases}\text{余 2} & \text{为链状烷烃}\\ \text{除尽} & \text{为烯烃或环烷烃}\\ \text{差 2} & \text{为炔烃或二烯烃}\\ \text{差 6} & \text{为苯或苯的同系物}\end{cases}$$

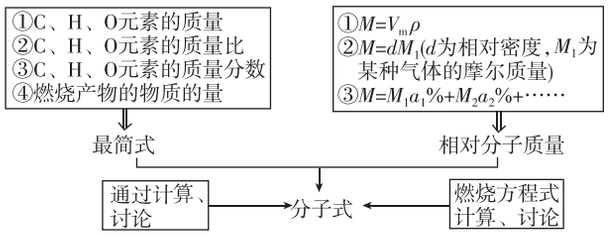
其中商为烃中碳原子数，此法适用于具有特定通式的烃(如烷烃、烯烃、炔烃、苯和苯的同系物等)。

(4)化学方程式法：根据有机反应中反应物、生成物之间“量”的关系，利用有机化合物燃烧的化学方程式确定分子式。常用的化学方程式有

$$C_xH_y+\left(x+\frac{y}{4}\right)O_2\xrightarrow{\text{点燃}}xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$$

$$C_xH_yO_z+\left(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2}\right)O_2\xrightarrow{\text{点燃}}xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$$

由上述几种计算方法，可得出确定有机化合物分子式的基本途径：



2. 常见相对分子质量相同的有机物

(1)同分异构体的相对分子质量相同。

(2)含有 n 个碳原子的一元醇与含($n-1$)个碳原子的同类型一元羧酸和酯相对分子质量相同。

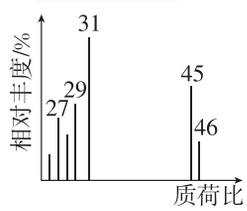
(3)含有 n 个碳原子的链状烷烃与含($n-1$)个碳原子的饱和一元醛(或酮)相对分子质量相同，均为 $14n+2$。

【知识迁移应用】

例 2 为测定某有机化合物 A 的结构，进行如下实验：

(1)将一定量的有机物 A 置于氧气气流中充分燃烧，实验测得：生成 5.4 g H_2O 和 8.8 g CO_2，消耗氧气 6.72 L(标准状况下)，则该物质的实验式是_____。

(2)用质谱仪测定该有机化合物的相对分子质量，得到如图所示的质谱图，则其相对分子质量为_____，该物质的分子式是_____。



(3)根据价键理论，预测 A 的可能结构并写出结构简式：_____。

例 3 某烃 A 蒸气的密度是相同状况下氢气密度的 36 倍，已知该烃中的碳、氢元素质量比为 5∶1，则：

(1)该烃的相对分子质量为_____。

(2)确定该烃的分子式为_____。

(3)该烃的同分异构体有_____种。

[方法规律] 确定有机化合物相对分子质量的方法

①根据标准状况下气体的密度为 ρ($g\cdot L^{-1}$)，求算该气体的摩尔质量($g\cdot mol^{-1}$)(数值上等于该气体的相对分子质量)：$M=22.4\ L\cdot mol^{-1}\times\rho$(仅限于标准状况下)。

②依据气体的相对密度 d，求气体的摩尔质量(数值上等于该气体的相对分子质量)：$M_A=d\cdot M_B$。

③运用质谱法来测定有机化合物的相对分子质量。

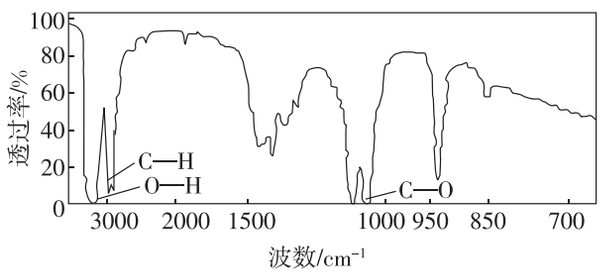
◆ 学习任务三　确定分子结构

【课前自主预习】

1. 红外光谱(IR)

(1)原理：有机化合物受到红外线照射时，能吸收与它的某些化学键或官能团的振动频率相同的红外线，通过红外光谱仪的记录形成该有机化合物的红外光谱图。谱图中不同的化学键或官能团的吸收频率不同，因此分析有机化合物的红外光谱图，可获得分子中所含有的化学键或官能团的信息。

(2)作用：初步判断某有机化合物分子中含有何种_____或_____。若 A 的分子式为 C_2H_6O，红外光谱图如图所示，则 A 的结构简式为_____。

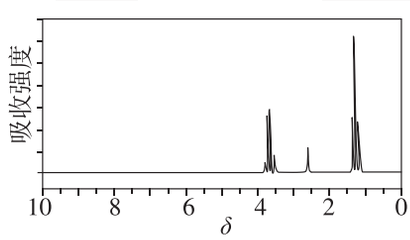


2. 核磁共振氢谱(^{1}H-NMR)

(1)原理：氢原子核具有磁性，如果用电磁波照射含氢元素的化合物，其中的氢核会吸收特定频率电磁波的能量而产生核磁共振现象，用核磁共振仪可以记录到有关信号。处于不同化学环境中的氢原子因产生共振时吸收电磁波的频率不同，相应的信号在谱图中出现的_____也不同，具有不同的化学位移(用 δ 表示)，而且吸收峰的面积与_____成正比。

(2)作用：测定有机化合物分子中不同化学环境氢原子的_____。

(3)分析：吸收峰组数＝_____，吸收峰面积比＝_____。如 CH_3CH_2OH 的核磁共振氢谱如图所示，则乙醇分子中氢原子有_____种，且个数比＝_____。



3. X 射线衍射(XRD)

(1)原理:X 射线是一种波长很短(约 10^{-10} m)的电磁波,它和晶体中的原子相互作用可以产生衍射图。经过计算可以从中获得分子结构的有关数据,包括_____、_____等分子结构信息。

(2)作用:测定物质结构的一种重要技术,用于有机化合物(特别是复杂的生物大分子)晶体结构的测定。

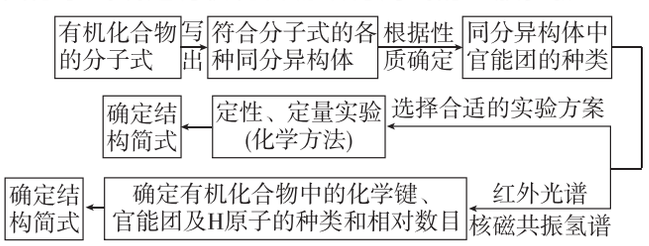
[问题思考]

①除利用红外光谱法判断某种有机化合物中含有的化学键或官能团外,是否还可以利用其他方法判断?

②分子式为 $C_3H_6O_2$ 的有机化合物,有两种核磁共振氢谱图。一种峰面积比为 1∶1,另一种峰面积比为 3∶2∶1。请写出符合该分子式的有机化合物可能的结构简式。

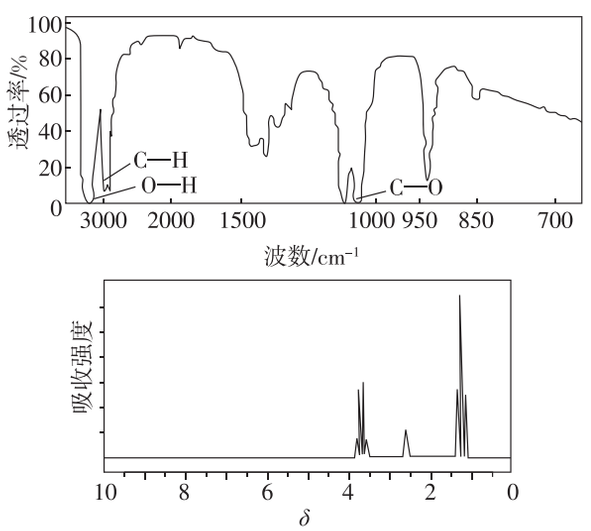
【核心知识讲解】

由分子式确定有机化合物结构简式的一般步骤



【知识迁移应用】

例 4 已知有机化合物 A 的红外光谱和核磁共振氢谱如图所示,下列说法错误的是 (　　)



A. 若 A 的分子式为 C_3H_6O,则其结构简式为 CH_3COCH_3

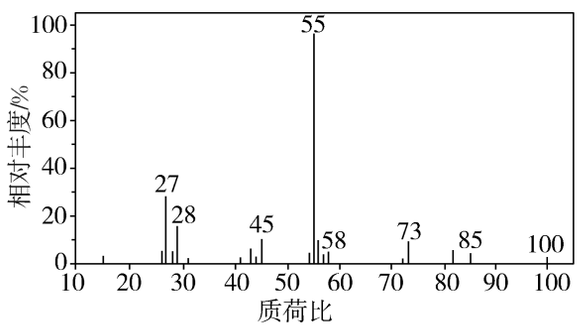
B. 由核磁共振氢谱可知,该有机化合物分子中有三种处于不同化学环境的氢原子

C. 由红外光谱可知,该有机化合物中至少有三种不同的化学键

D. 由核磁共振氢谱可得知该分子中的氢原子种类数及相对数目

例 5 有机化合物 X 是一种重要的有机合成中间体,用于制造塑料、涂料和黏合剂等高聚物。为研究 X 的组成与结构,进行了如下实验:

(1)有机化合物 X 的质谱图如图所示,则其相对分子质量为_____。



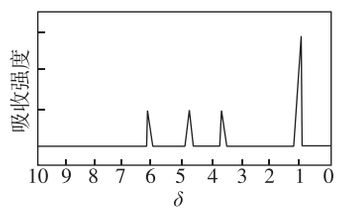
(2)将 10.0 g X 在足量 O_2 中充分燃烧,并将其产物依次通过足量的无水 $CaCl_2$ 和 KOH 浓溶液,发现无水 $CaCl_2$ 的质量增加 7.2 g,KOH 浓溶液的质量增加 22.0 g。该有机化合物 X 的分子式为_____。

(3)经红外光谱测定,有机化合物 X 中含有醛基;有机化合物 X 的核磁共振氢谱图上有 2 组吸收峰,峰面积之比为 3∶1。该有机化合物 X 的结构简式为_____。

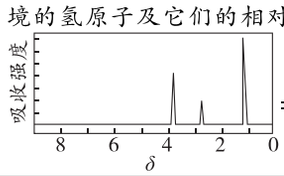
例 6 有机化合物 A 可由葡萄糖发酵得到,也可从酸牛奶中提取。纯净的 A 为无色黏稠液体,易溶于水。为研究 A 的组成与结构,进行了如下实验:

实验步骤	解释或实验结论
(1)称取 9.0 g A,升温使其汽化,测其密度是相同条件下 H_2 的 45 倍	通过计算填空: (1)A 的相对分子质量为_____
(2)将 9.0 g A 在足量 O_2 中充分燃烧,并使其产物依次缓缓通过浓硫酸、碱石灰,发现两者质量分别增加 5.4 g 和 13.2 g	(2)A 的分子式为_____

（续表）

实验步骤	解释或实验结论
(3)另取 9.0 g A，跟足量的 $NaHCO_3$ 溶液反应，生成 2.24 L CO_2（标准状况），若与足量金属钠反应则生成 2.24 L H_2（标准状况）	(3)用结构简式表示A中含有的官能团：_____、_____
(4)A的核磁共振氢谱图  	(4)A中含有____种氢原子
(5)综上所述，A的结构简式为_____	

[方法归纳] 确定有机化合物分子结构的常用方法

常用方法	确定步骤
根据价键规律确定	某些有机化合物根据价键规律只存在一种结构，则直接根据分子式确定其结构简式。例如，C_2H_6 只能是 CH_3CH_3
通过定性实验确定	通过实验，确定有机化合物的性质，得出相关结论，确定官能团，最后确定结构简式
通过定量实验确定	通过定量实验确定官能团的数目。例如，测得1 mol某醇与足量钠反应可得到1 mol气体，则可以说明1 mol该醇分子中含2 mol —OH
通过波谱分析	①红外光谱：红外光谱图可以确定有机化合物分子中含有的官能团、化学键等。 ②核磁共振氢谱：根据核磁共振氢谱可以确定有机化合物分子中含有几种处于不同化学环境的氢原子及它们的相对数目。如  ⇒ 不同氢原子的个数之比＝不同吸收峰的面积之比＝2∶1∶3

课堂评价

知识巩固　素养形成

1. 判断正误（正确的打“√”，错误的打“×”）。

(1)元素分析法和质谱法能分别确定有机化合物的实验式和相对分子质量　（　）

(2)质谱图中最右侧的谱线表示的质荷比数值为该有机化合物的相对分子质量　（　）

(3)有机化合物的实验式和分子式一定不同　（　）

(4)核磁共振氢谱中，有几组吸收峰就说明有几个氢原子　（　）

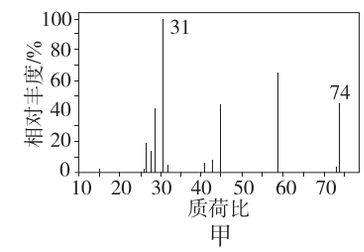
(5)已知某有机化合物的实验式，必须知道相对分子质量才可以确定分子式　（　）

2. [2026·北京清华附中高二期中] 具有下列结构的化合物，其核磁共振氢谱中有两组峰的是　（　）

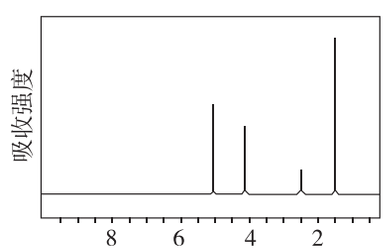
A. CH_3CH_2OH　　B. $HOCH_2CH_2OH$

C. CH_3OCH_3　　D. CH_3CH_3

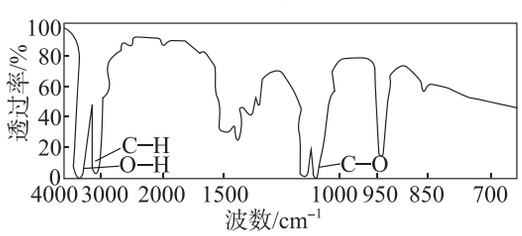
3. 确定较复杂的有机化合物结构需要借助现代分析仪器，根据如图所示图谱进行分析确定。下列有关说法正确的是　（　）



甲



乙



丙

A. 图甲为核磁共振氢谱图，图乙为质谱图

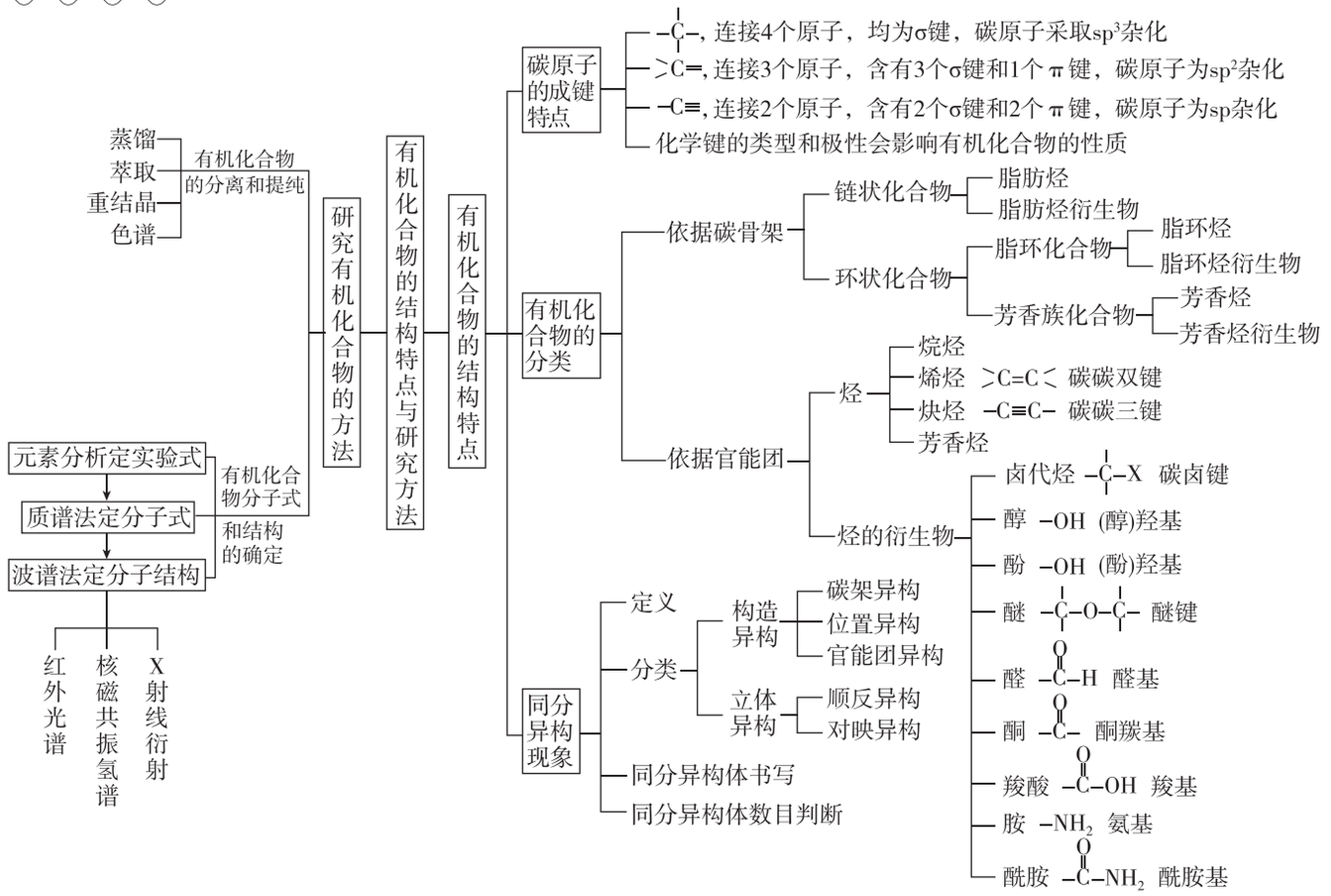
B. 图甲表明该有机化合物的相对分子质量为31

C. 图乙表明该有机化合物中含4种处于不同化学环境的H原子

D. 图丙表明该有机化合物中只含C—H、C—O、O—H三种化学键

▶本章素养提升

知识网络



素养提升

◆ 探究点一　同分异构体的书写与判断

例 1　分子式为 C_4H_8BrCl 的有机化合物共有(不含立体异构)　(　)

A. 8 种　　B. 10 种

C. 12 种　　D. 14 种

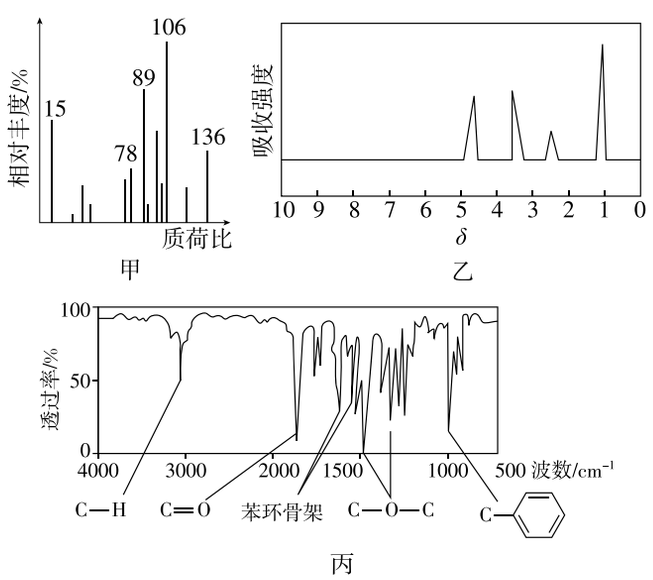
例 2　碳原子数不超过 10 的所有链状烷烃中,其一氯代物只有一种的烷烃共有　(　)

A. 2 种　　B. 3 种

C. 4 种　　D. 5 种

◆ 探究点二　有机化合物分子式和结构的确定

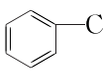
例 3　[2026·北京师大实验中学高二期中]某学习小组研究某烃的含氧衍生物 A 的研究过程如下:称取 6.8 g 有机化合物 A 在足量氧气中充分燃烧,并使产物依次缓缓通过浓硫酸、碱石灰,发现两者质量分别增加 3.6 g 和 17.6 g。A 的质谱图、核磁共振氢谱图、红外光谱图分别如图甲、乙、丙所示,其分子中只含有一个苯环且苯环上只有一个取代基。下列关于有机化合物 A 的叙述错误的是　(　)



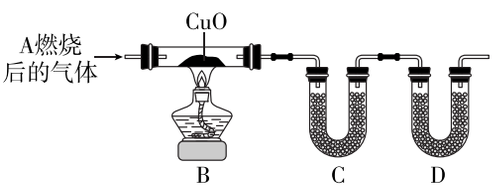
A. A 的分子式为 $C_8H_8O_2$

B. 1 mol A 分子中含有 $18N_A$ 个 σ 键(设 N_A 为阿伏加德罗常数的值)

C. A 属于芳香族化合物的同分异构体中,含有羧基的有机化合物有 3 种

D. 符合题中 A 分子结构的有机化合物的结构简式为 

例 4 [2026·北京八中高二期中] 有机化合物 A 含有 C、H、O 三种元素,为确定其化学式,进行了装置如图所示的实验。将 A 燃烧后的气体通过灼热的 CuO,再用盛有碱石灰和无水 $CaCl_2$ 的 U 形管分别吸收 CO_2 和 H_2O。



(1)C 装置中盛放的试剂是_____。

(2)将 7.4 g A 进行实验,测得生成 9 g H_2O 和 17.6 g CO_2,A 的实验式是_____。

(3)可通过_____法(填仪器分析方法)快速、精确测定 A 的相对分子质量。

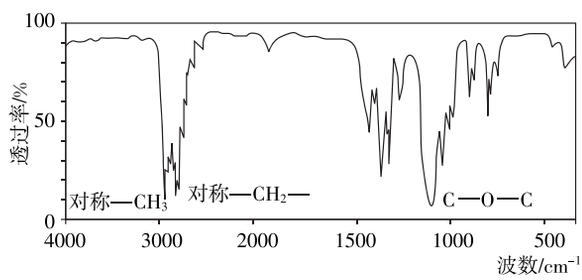
(4)①若 A 为醇,且 A 的核磁共振氢谱图中有两组峰。

ⅰ. A 的结构简式为_____。

ⅱ. 常温下 A 为液体,若 A 中混有少量的苯,为得到较为纯净的 A,可选取的分离方法是_____。

ⅲ. 含 2 个碳原子的 A 的同系物的结构简式是_____。

②若 A 的红外光谱如图所示,则其官能团的名称是_____。



自我检测

1. [2025·北京六十六中高二期中] 有机化合物 $(CH_3)_2CHCH_2CH_2CH_3$ 的一氯代产物的数目为(不含立体异构) ( )

A. 3　　B. 4　　C. 5　　D. 6

2. 某有机化合物由碳、氢、氧三种元素组成,其红外光谱图有 C—H、O—H、C—O 的振动吸收,该有机化合物的相对分子质量是 60,则该有机化合物的结构简式是 ( )

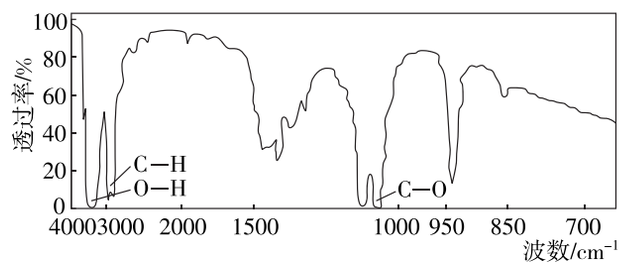
A. $CH_3CH_2OCH_3$

B. $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$

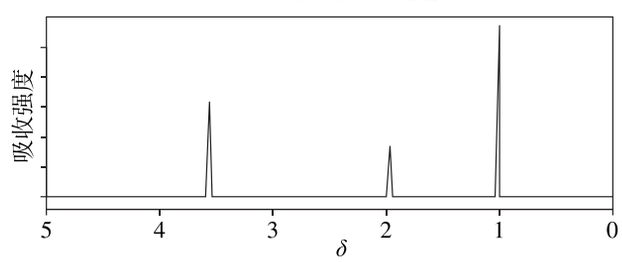
C. $CH_3CH_2CH_2OH$

D. $HCOOCH_3$

3. [2025·北京六十六中高二期中] 已知某有机化合物 A 的红外光谱和核磁共振氢谱如图所示,下列说法中错误的是 ( )



未知物A的红外光谱



未知物A的核磁共振氢谱

A. 由红外光谱可知,该有机化合物分子中至少含有三种不同的化学键

B. 由红外光谱可知,该有机化合物如果只有一个氧原子,则不可能属于醚类

C. 仅由其核磁共振氢谱就可知其分子中的氢原子总数

D. 若 A 的分子式为 C_2H_6O,则其结构简式为 CH_3CH_2OH