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

选择性必修3

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

长江出版传媒
崇文書局

# 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及同分异构现象 …… 099
第二节　研究有机化合物的一般方法 …… 103
第 1 课时　有机化合物的分离、提纯 …… 103
第 2 课时　有机化合物实验式、分子式及分子结构的确定 …… 108
本章素养提升 …… 114

02 第二章　烃
PART TWO

第一节　烷烃 …… 117
第二节　烯烃　炔烃 …… 121
第 1 课时　烯烃 …… 121
第 2 课时　炔烃 …… 125
**拓展微课 1　烯烃和炔烃的加成、氧化规律** …… 128
第三节　芳香烃 …… 130
第 1 课时　苯的结构及性质 …… 130
第 2 课时　苯的同系物 …… 134
**拓展微课 2　烃分子中原子共线、共面的判断　烃分子同分异构体判断与书写** …… 138
本章素养提升 …… 140

03 第三章　烃的衍生物
PART THREE

第一节　卤代烃 …… 142
第二节　醇　酚 …… 146
第 1 课时　醇 …… 146
第 2 课时　酚 …… 150

第三节　醛　酮 …… 154
第四节　羧酸　羧酸衍生物 …… 159
第 1 课时　羧酸　酯 …… 159
第 2 课时　羧酸衍生物——油脂、胺、酰胺 …… 165
**拓展微课 3　多官能团有机物的性质与定量分析** …… 169
**拓展微课 4　限定条件下有机物同分异构体的书写** …… 171
第五节　有机合成 …… 173
第 1 课时　有机合成的主要任务 …… 173
第 2 课时　有机合成路线的设计与实施 …… 179
**拓展微课 5　基于反应条件的有机合成推断** …… 181
本章素养提升 …… 183

04 **第四章　生物大分子**
PART FOUR
第一节　糖类 …… 186
第二节　蛋白质 …… 191
第三节　核酸 …… 195
本章素养提升 …… 198

05 **第五章　合成高分子**
PART FIVE
第一节　合成高分子的基本方法 …… 200
第二节　高分子材料 …… 204
本章素养提升 …… 209

◆ **参考答案** …… 211

# 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

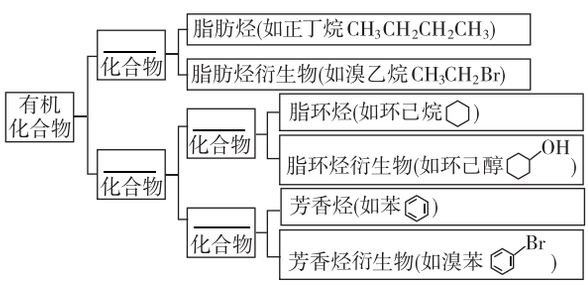
**新课探究**　知识导学　素养初识

### ◆ 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**

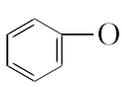
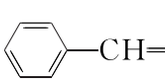
(1)定义：只由碳、氢两种元素组成的有机化合物。

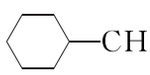
(2)分类

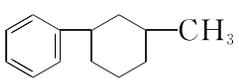
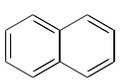
烃
- 链烃(脂肪烃)
  - 烷烃：碳原子间都以_____相连
  - 烯烃：碳原子间有_____
  - 炔烃：碳原子间有_____
- 环烃
  - 脂环烃
    - 环烷烃：碳环中的碳原子完全以_____相连
    - 环烯烃：碳环中的碳原子间有_____
  - 芳香烃：分子中含有_____结构

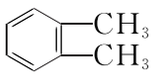
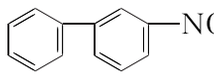
**[问题思考]**

下列有机物分子也具有环状结构：

a. ；b. ；

c. ；d. ；

e. ；f. ；

g. ；h. 。

a～h 分子中属于芳香族化合物、芳香烃、苯的同系物的分子分别有哪些？

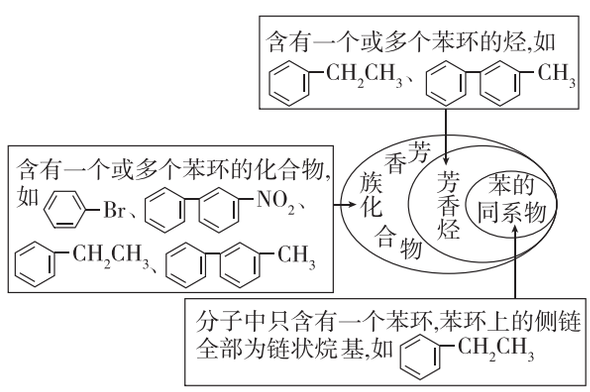
**【核心知识讲解】**

**有机化合物分类中的易错辨析**

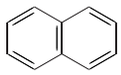
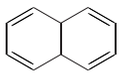
(1)区别烃和烃的衍生物

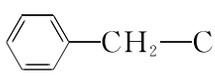
烃是仅含有碳、氢两种元素的有机化合物。烃的衍生物是除了碳、氢两种元素外还含有其他元素的有机化合物。

(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



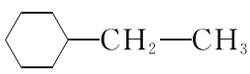
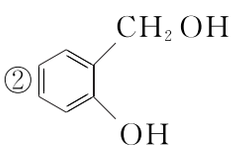

**[注意]**(1)在芳香族化合物中，分为芳香烃和芳香烃衍生物。两者的区别在于含有的元素，芳香烃只含有碳、氢两种元素，芳香烃的衍生物则不是。

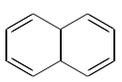
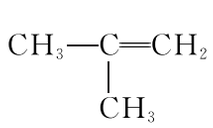
(2)  含有苯环，属于芳香族化合物， 不含有苯环，不属于芳香族化合物，属于脂环化合物中的脂环烃。

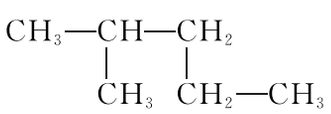
(3)依据碳骨架对有机化合物分类的思路：首先看碳骨架，如果碳骨架中含有环状结构，即属于环状化合物，如果不存在环状结构，即为链状化合物。如果该有机化合物中既有链状结构也存在环状结构，则该有机化合物一般认为是环状化合物。如  应为环状化合物。

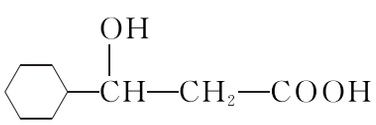
【知识迁移应用】

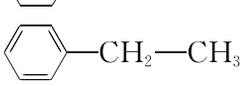
**例 1** 有下列 8 种有机化合物，请根据元素组成和碳的骨架对下列有机化合物进行分类：

① 　② 

③ 　④ 

⑤ 

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。

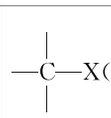
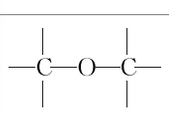
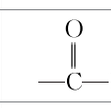
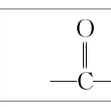
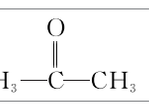
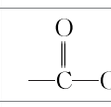
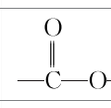
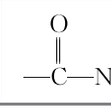
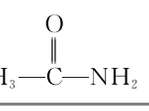
(2)官能团：决定有机化合物_____的原子或原子团。

**2. 有机化合物的主要类别、官能团和代表物**

(1)烃类物质

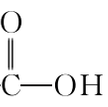
| 类别 | 官能团 | | 典型代表物 | |
|---|---|---|---|---|
| | 结构 | 名称 | 名称 | 结构简式 |
| 烷烃 | — | — | 甲烷 | _____ |
| 烯烃 | _____ | 碳碳双键 | 乙烯 | _____ |
| 炔烃 | _____ | 碳碳三键 | 乙炔 | _____ |
| 芳香烃 | — | — | 苯 | _____ |

(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 |  |

[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) $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ 的结构简式为—COOH，

$HO-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ 的结构简式为 HOOC—，

$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R$ 的结构简式为—COOR，

$R-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ 的结构简式为 ROOC—，

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

(4)有些有机物虽然官能团一样，但性质不同，如醇和酚，羟基与苯环直接相连而形成的化合物为酚，羟基与饱和碳原子相连的化合物为醇。

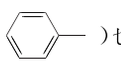
**[问题思考]**

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：$OH^-$、$[\cdot\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{O}}\cdot H]^-$ | 甲基：$-CH_3$、$\cdot\overset{H}{\overset{\cdot\cdot}{C}}\cdot H$ | 羟基：—OH、$\cdot\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{O}}\cdot H$ |
| 联系 | (1)根、基与官能团均属于原子或原子团。<br>(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。<br>(3)基与基能够结合成分子，根与基不能结合成分子。<br>(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 连接在苯环上
- 羧酸：—OH 连接在（酮）羰基（$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$）上

(2)注意醚键与酯基的区别

醚键是两烃基通过 O 原子相连，如 $CH_3OC_2H_5$；

酯基是 $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R$ ，R 为烃基，如 $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OC_2H_5$ 。

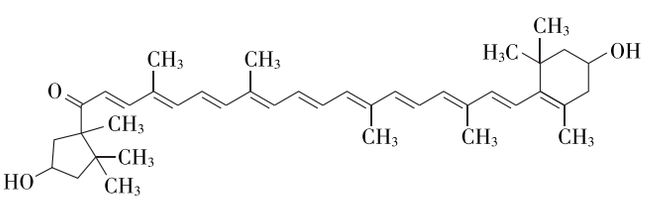
(3)醛与酮的区别：醛是 $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ 中至少一端连接 H，如 $CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$；酮是 $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ 两端连接烃基，如 $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$。

(4)羧基与酯基：$R_1-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R_2$ 中，若 $R_2$ 为氢原子，则为羧基 $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$，若 $R_2$ 为烃基，则为酯基。

(5)胺和酰胺：有机化学中具有 $-N\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}$ 结构的属于胺，具有 $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}$ 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** [2025·河南开封高二期中] 红辣椒中含有多种色泽鲜艳的天然色素，其中呈深红色的色素是辣椒红，其结构简式如图所示。辣椒红分子中不含有的官能团是 (　　)



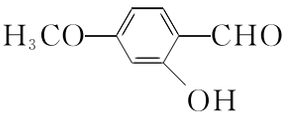
A. 羟基

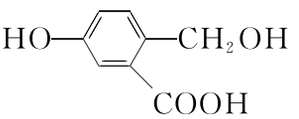
B. 酮羰基

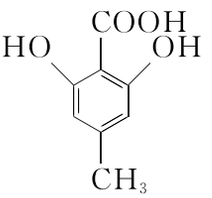
C. 碳碳双键

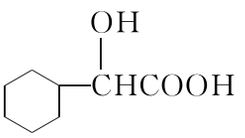
D. 醛基

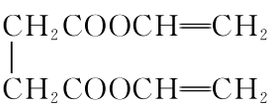
**例 3** 下列有机化合物中：

A. 

B. 

C. 

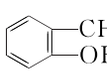
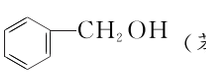
D. 

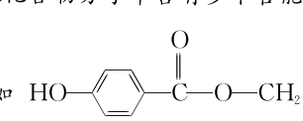
E. 

(1)从官能团的角度看，可以看作醇类的是(填字母，下同)_____；可以看作酚类的是_____；可以看作羧酸类的是_____；可以看作酯类的是_____。

(2)从碳骨架看，属于链状化合物的是_____(填字母，下同)；属于脂环化合物的是_____；属于芳香族化合物的是_____。

[易错警示]

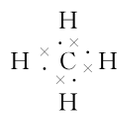
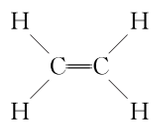
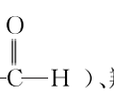
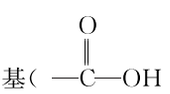
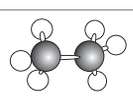
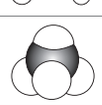
(1)不同的有机化合物可以含有相同的官能团，但不一定属于同一类物质。如 (邻甲基苯酚)和 (苯甲醇)中均含有—OH(羟基)，但不属于同一类物质。

(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。

基础教育行业专研品牌 全品 SINCE 1992 30+年专注教育行业

## ◆ 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 | 乙烯的最简式为 $CH_2$，$C_6H_{12}O_6$ 的最简式为 $CH_2O$ |
| 电子式 | 用“·”或“×”表示原子最外层电子的成键情况 |  |
| 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个共价键，用“—（单键）”“═（双键）”“≡（三键）”将所有原子连接起来 |  |
| 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；<br>②表示碳碳双键的“═”、表示碳碳三键的“≡”不能省略；<br>③醛基（  ）、羧基（  ）可简化成—CHO、—COOH | $CH_3CH{=}CH_2$、$(CH_3)_2CHCH_2CH_3$、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 | $CH_3CH{=}CHCHCH_3$（$CH_3$ 作支链）可表示为  |
| 球棍模型 | 小球表示原子，短棍表示化学键 |  |
| 空间填充模型 | 用不同体积的小球表示不同大小的原子 |  |

**[问题思考]**

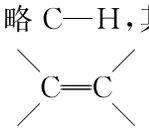
①同一有机化合物的电子式、结构式、结构简式、键线式、球棍模型、空间填充模型之间有什么关系？

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】

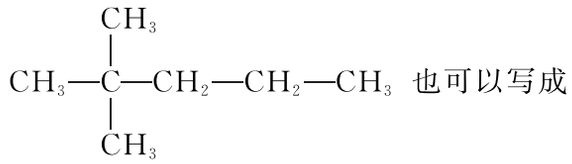
(1)键线式

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有一个碳原子；一般表示含有3个及3个以上碳原子的有机化合物。

②只忽略C—H，其余的化学键不能忽略，必须表示出  、—C≡C— 等官能团，省去的是碳原子和氢原子，其余原子必须标注（含羟基、醛基和羧基等官能团中的氢原子）。

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，不足的用氢原子补齐；写分子式时不能忘记两端的碳原子。

(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

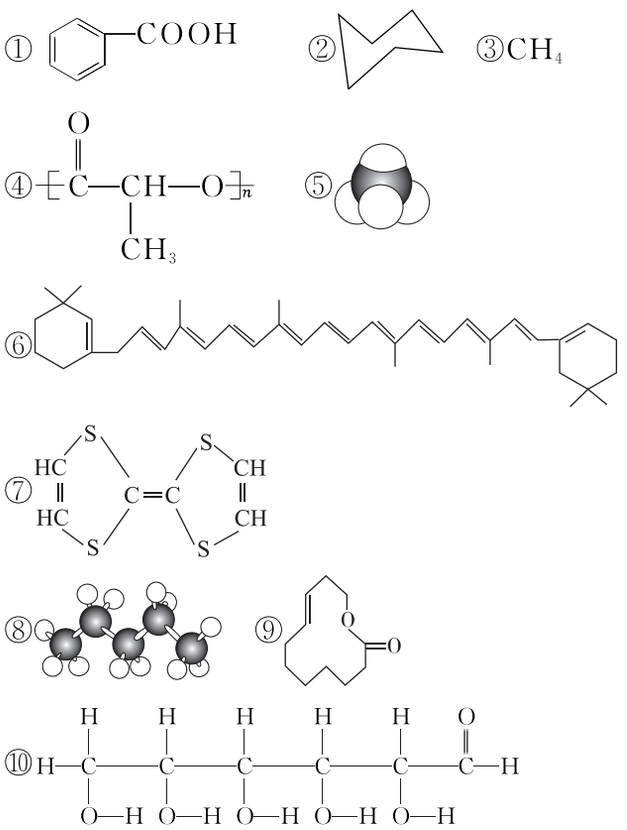


也可以写成 $(CH_3)_3C(CH_2)_2CH_3$。

(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** 有机化合物的表示方法多种多样,常用的有机化合物的表示方法如图所示。



(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:_____、_____。

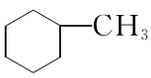
(4)②的分子式为_____,最简式为_____。

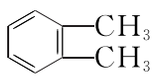
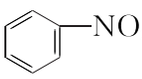
## 课堂评价

知识巩固　素养形成

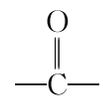
**1.** 判断正误(正确的打"√",错误的打"×")。

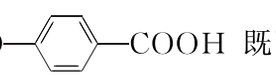
(1)含碳元素的物质一定是有机化合物　(　)

(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　(　)

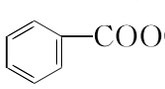
(6)  既可属于酚类,也可属于羧酸类　(　)

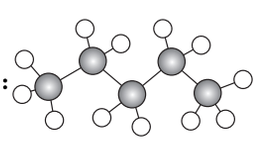
(7)所有的有机化合物都含有官能团,芳香烃的官能团是苯环　(　)

(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　(　)

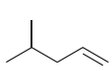
**2.** [2025·四川凉山州宁南中学高二期中] 下列化学用语或图示表示不正确的是　(　)

A.  的分子式:$C_8H_8O_2$

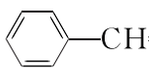
B. 正戊烷的球棍模型:

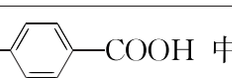
C. 丙炔的结构简式:$CH_3C{\equiv}CH$

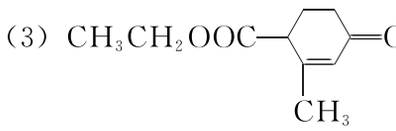
D. $H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2-CH_3$ 的键线式:



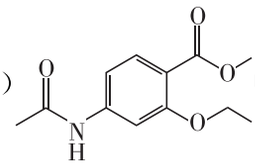
**3.** 写出下列物质所含官能团的名称或物质类别。

(1)  中含有的官能团为_____。

(2)  中显酸性的官能团是_____。

(3)  中含有的官能团是_____。

(4) $CHCl_3$ 所属物质类别是_____，$C_6H_5CHO$ 中的官能团名称是_____。

(5)  中含有的官能团名称是_____。

## 第 2 课时　有机化合物中的共价键及同分异构现象

**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” |
| 存在于 | C—C，C—H，碳碳双键、碳碳三键中的 1 个键 | 碳碳双键中的 1 个键，碳碳三键中的 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；<br>②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？

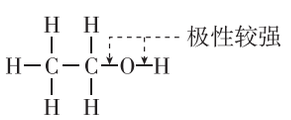
②从结构上分析，乙烯的化学性质为什么比甲烷活泼？

③根据结构推测，乙烯和乙炔性质是否有相似之处？为什么？

④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. 共价键的极性对有机反应的影响




(1)乙醇分子从结构上看是乙烷分子的一个氢原子被羟基取代后的产物，但其分子中的共价键种类却比乙烷分子的多，化学性质也更复杂。

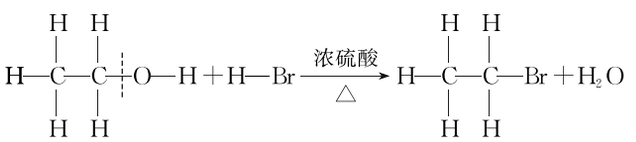
(2)由于受非金属性比较强的氧原子的影响，使得：

①和氧直接相连形成的O—H、C—O极性较强，容易断裂；

②分子中C—H极性也相应增强。

在化学反应中，上述化学键都有断裂的可能，但是①是主角，可以单独断裂，②是配角，一般和①组合在一起断裂。

(3)大多数有机化合物分子中存在两个或多个极性键，决定了断键位置可能有多种情况，导致副反应较多，产物比较复杂。例如，乙醇分子中，不仅O—H能断裂，C—O的极性也较强。




### 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** 下列关于有机化合物中化学键的说法不正确的是 (　　)

A. 烷烃中的化学键均为σ键

B. $CH_3NH_2$中C—H的极性比N—H的极性弱

C. 乙烯分子中含有极性键和非极性键

D. 1个丙炔分子中含有5个σ键和3个π键

**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

### 【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

[名师提醒]

互为同分异构体的化合物之间分子组成相同、相对分子质量相同、分子式相同，但结构不同、性质不一定相同。

**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**

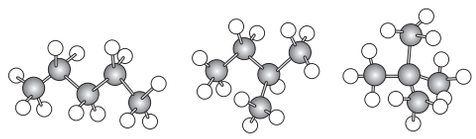
| 实例 | 类型 | 含义 |
| --- | --- | --- |
| $CH_2=CH—CH_2—CH_3$ 与 $CH_2=C(CH_3)—CH_3$ | 碳架异构 | _____不同而产生的异构 |
| $CH_2=CH—CH_2—CH_3$ 与 $CH_3—CH=CH—CH_3$ | 位置异构 | _____不同而产生的异构 |
| $CH_3COOH$ 与 $HCOOCH_3$ | 官能团异构 | _____不同而产生的异构 |

[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写出 a、b、c 三种物质的名称及结构简式。



a　　b　　c

②分析三种分子组成、结构和性质的相同点和不同点有哪些？

③写出 $C_4H_8$ 属于烯烃的构造异构体的结构简式。

### 【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

烷烃只存在碳架异构，书写烷烃同分异构体时一般采用“减碳法”，可概括为“两注意、四顺序”。

减碳法
- 两注意
  - 选择最长的碳链作主链
  - 找出中心对称线
- 四顺序
  - 主链由长到短
  - 支链由整到散
  - 位置由心到边
  - 排布由对到邻到间

(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：

$CH_3CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3$，

$CH_3CHCH_2CH_2CH_3$ 。
$CH_3$

Ⅲ. 摘多碳，整到散；多支链，同、邻、间：

$CH_3CCH_2CH_3$（$CH_3$ 在第二个碳上）， $CH_3CHCHCH_3$（两个 $CH_3$ 分别在第二、三个碳上）。

[注意] (1)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。

(2)甲基不能连在链端，乙基要从第三个碳原子开始连接，不能连接在1号和2号碳原子上。

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。

(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 | $CH_4$ | $C_2H_6$ | $C_3H_8$ | $C_4H_{10}$ | $C_5H_{12}$ |
| 等效氢数目 | 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。

**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$C^{a}—C^{b}(Cl)—C^{c}$，②$C^{d}—C^{e}(Cl)—C$；

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) $H_3C$—（苯环）—OH 和 HO—（苯环）—$CH_3$ _____；

(3) $H_3C—CH(CH_3)—CH_2—H$ 和 $H_3C—CH(H)—CH_2—CH_3$ _____；

(4) $BrHC=CHBr$ 和 $BrHC=CHBr$ _____；

(5) $HOOC—C(CH_3)(H)—OH$ 和 $HO—C(CH_3)(H)—COOH$ _____；

(6) $CH_3—CH(CH_3)—CH_2$ 和 $CH_3—C(CH_3)_2—CH_3$ _____。

## 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)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)乙酸与钠反应比水与钠反应更剧烈,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.** [2025·天津和平区高二期末]下列有机化合物的一氯代物存在同分异构体的是　(　)

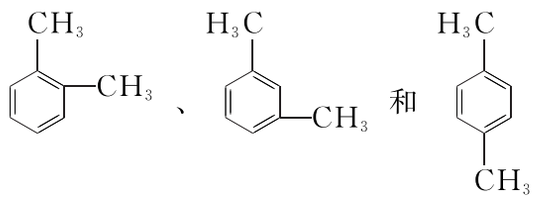
A. $CH_4$　　B. $CH_3CH_3$

C. $HC(CH_3)_3$　　D. $C(CH_3)_4$

**3.** [2025·湖南永州蓝山二中高二期中]同分异构现象是有机化合物种类繁多、数量巨大的原因之一,下列有关同分异构体(不考虑立体异构)的判断正确的是　(　)

A. 分子式为$C_3H_6Cl_2$的有机物的同分异构体有4种

B. 分子式为$C_8H_{10}$的芳香烃有3种,分别为



C. 分子式为$C_4H_8$的烯烃有2种,分别为$CH_2=CHCH_2CH_3$、$CH_3CH=CHCH_3$

D. 分子式为$C_5H_{12}O$的醇有9种不同结构

# 第二节　研究有机化合物的一般方法

## 第1课时　有机化合物的分离、提纯

### 新课探究

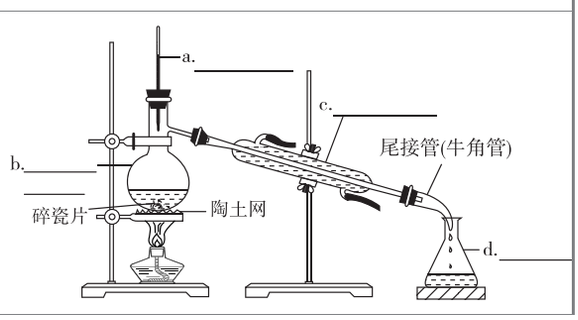
知识导学　素养初识

**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 | 利用有机化合物与杂质的_____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<br>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<br>②蒸馏时液体的体积占蒸馏烧瓶容积的_____<br>③温度计的水银球应处于_____<br>④加入碎瓷片的目的是_____<br>⑤冷却水应从冷凝管的_____流入,_____流出<br>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]**

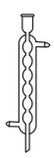
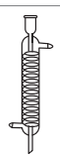
①甲烷与氯气发生取代反应,生成的一氯甲烷是气态,二氯甲烷、三氯甲烷和四氯化碳均为液态,如何分离提纯该混合物?

②蒸馏时，安装好装置后需要进行的操作是什么？通入冷却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 |
| 蛇形冷凝管 |  | 内芯管为螺旋形，增加了玻璃管的长度，冷却面较球泡形更大，其他部分与球形冷凝管相同 | 当反应液体沸点很低时，可用蛇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（　）

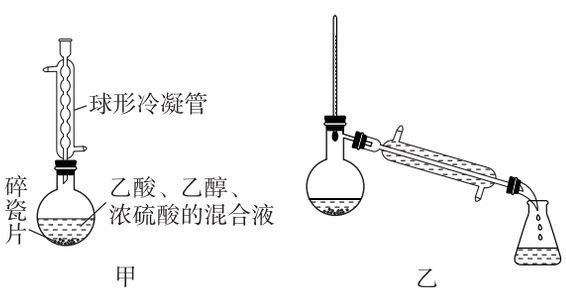
A. 直接加热蒸馏

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，分离出其中一种有机化合物（分液或蒸馏），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。

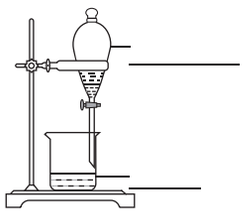
（2）固-液萃取：用_____从固体物质中溶解出待分离组分的过程。

### 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**

加萃取剂后充分_____并及时放气，静置分层后，移开玻璃塞或旋转带凹槽的玻璃塞，使凹槽对准上口径的小孔，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？

③从碘水中提取单质碘，能否用乙醇作萃取剂？

【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

a. 溶质在萃取剂中的溶解度远大于在原溶剂中的溶解度；b. 萃取剂与原溶剂不互溶；c. 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** 下列各项操作错误的是 ( )



A. 把混合液体转移至分液漏斗，塞上玻璃塞，如图所示用力振荡

B. 进行分液时，分液漏斗中的下层液体从下口放出，上层液体则从上口倒出

C. 萃取、分液前需对分液漏斗进行检漏

D. 为保证分液漏斗内的液体顺利流出，可将上口的塞子拿下

[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。因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。若待提取物在某种溶剂中的溶解性特别好，可采用洗涤的方法；若待提取物的溶解度小，则应采用索氏提取器来进行提取。

## ◆ 学习任务三　重结晶和色谱法

【课前自主预习】

**1. 结晶**

(1)蒸发结晶：将溶剂蒸发获取晶体，此法适用于溶解度随温度变化不大的物质，如粗盐的提纯。

(2)降温结晶：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。如氯化钠和硝酸钾的分离。

**2. 重结晶**

(1)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

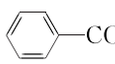
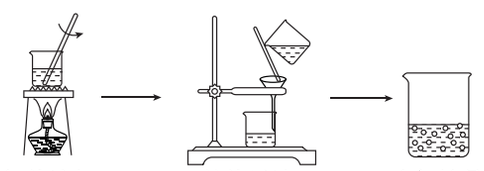
物常用的方法。

(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<br>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 ℃<br>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表所示：<br>温度/℃ \| 25 \| 50 \| 75<br>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<br>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_____<br>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_____<br>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<br><br>加热溶解　趁热过滤　冷却结晶 |

### 3. 色谱法




| | |
|---|---|
| 原理 | 当样品随着流动相经过固定相时，因样品中不同组分在两相间的分配不同而实现分离 |
| 适用范围 | 利用吸附剂对不同有机物吸附作用的不同，分离、提纯有机物的方法 |
| 注意事项 | ①常用的吸附剂：碳酸钙、硅胶、氧化铝、活性炭等<br>②根据物质在两相(气-液、液-液等)间溶解性或吸附能力不同，又相继发展了纸色谱、薄层色谱、气相色谱、高效液相色谱等多种色谱方法 |

[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？

基础教育精品研品牌 全品 SINCE 1992 30+年专注教育行业

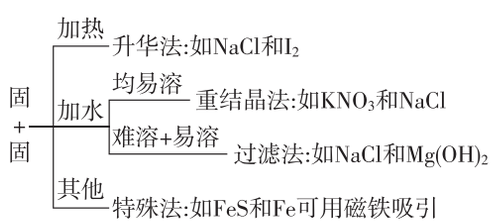
## 【核心知识讲解】

### 1. 有机化合物的分离和提纯方法

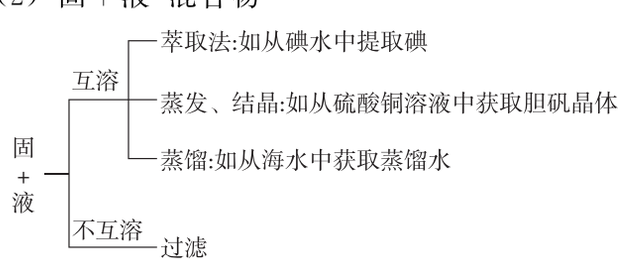
| 方法 | 目的 | 主要仪器 | 实例 | 适用范围 | 注意事项 |
|---|---|---|---|---|---|
| 蒸馏 | 分离、提纯沸点相差较大的液态混合物 | 蒸馏烧瓶、冷凝管等 | 分离二氯甲烷和四氯化碳 | 互溶的液体 | 各液体的沸点相差较大 |
| 萃取 | 将有机化合物从一种溶剂转移到另一种溶剂 | 分液漏斗、烧杯 | 用四氯化碳将碘水中的碘提取出来 | 液-液萃取、固-液萃取 | 萃取剂的选择条件：<br>①与原溶剂不互溶<br>②被提纯物在此溶剂中的溶解度大于在原溶剂中的溶解度<br>③萃取剂与被提纯物不反应 |
| 分液 | 分离互不相溶的液态混合物 | 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，上层液体要从漏斗上口倒出 |
| 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

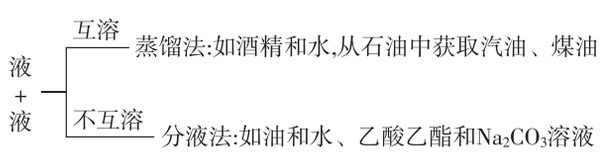
(1)“固＋固”混合物




(2)“固＋液”混合物

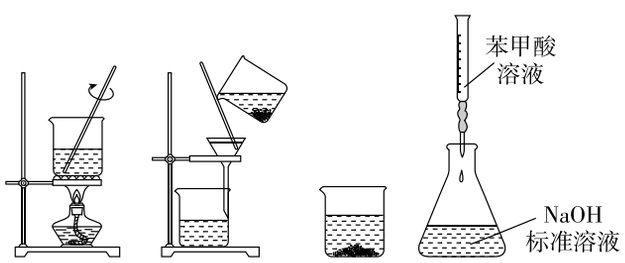



(3)“液＋液”混合物




## 【知识迁移应用】

**例 4** [2025·浙江宁波高二期末] 关于苯甲酸的重结晶和纯度测定(杂质不参与反应)，下列实验装置或操作不正确的是 (　　)




A. 加热溶解：利用图甲装置将粗苯甲酸溶于热水中

B. 趁热过滤：利用图乙装置使用预热过的漏斗将溶液趁热过滤至另一烧杯中

C. 冷却结晶：利用图丙装置将滤液自然冷却得到苯甲酸晶体

D. 纯度测定：利用图丁装置，锥形瓶中滴入2滴酚酞溶液，测定苯甲酸纯度

［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 | 先蒸发，然后结晶 | 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，最后都需要进行过滤 | |

**例 5** ［2024·湖北卷改编］关于物质的分离、提纯，下列说法错误的是（ ）

A. 蒸馏法分离 $CH_2Cl_2$ 和 $CCl_4$

B. 过滤法分离 $Na_2CO_3$ 和 $NaHCO_3$ 溶液

C. 萃取和柱色谱法从青蒿中提取分离青蒿素

D. 重结晶法提纯含有少量食盐和泥沙的苯甲酸

## 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（ ）

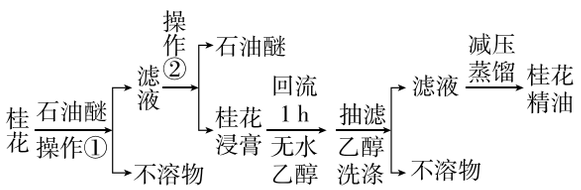
(4)重结晶操作中要求杂质溶解度比被提纯物质小才能进行分离（ ）

(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（ ）

(7)直接蒸馏含水 10%的酒精溶液可得到无水乙醇（ ）

**2.** ［2025·湖南长沙雅礼中学高二期末］实验室提取桂花精油的流程如图所示。下列说法错误的是（ ）




A. 操作①所需的玻璃仪器有烧杯、分液漏斗、玻璃棒

B. 操作②为蒸馏，所得的石油醚可循环利用

C. 抽滤可加快过滤速率，桂花精油在滤液中

D. 减压蒸馏可防止桂花精油在较高温度下变质

**3.** 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

## 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：

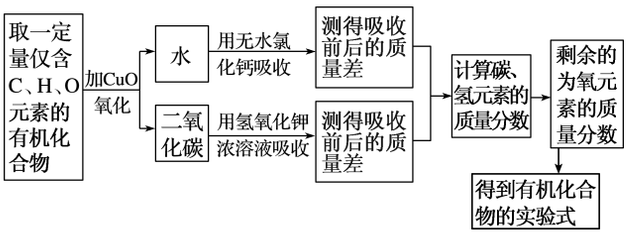
C→_____；H→_____；N→_____；S→_____。

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=(最简式)$_n$。

(4)最简式规律

| 最简式 | 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52.16%,氢的质量分数为13.14%。则:

(1)氧的质量分数为_____。

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

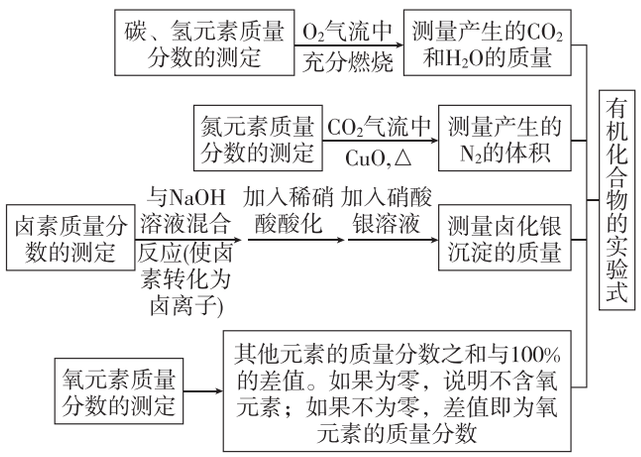
(3)未知物A的实验式为_____。

**[问题思考]**

充分燃烧某有机化合物A 1.50 g,生成1.12 L(标准状况)$CO_2$和0.05 mol $H_2O$。该有机化合物的蒸气对空气的相对密度是1.04,试求A的分子式。

**【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** [2026·贵州铜仁一中高二月考]某化合物6.4 g在氧气中完全燃烧,只生成8.8 g $CO_2$和7.2 g $H_2O$。下列说法正确的是 ( )

A. 该化合物仅含碳、氢两种元素

B. 该化合物中碳、氢原子个数比为1∶8

C. 无法确定该化合物是否含有氧元素

D. 该化合物的实验式为$CH_4O$

**[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元素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