CONTENTS 目录

第一章　有机化合物的结构特点与研究方法

一、课标导向 …… 001

二、精讲精练 …… 003

第一节　有机化合物的结构特点 …… 003

第 1 课时　有机化合物的分类方法 …… 003

第 2 课时　有机化合物中的共价键　有机化合物的同分异构现象 …… 007

第二节　研究有机化合物的一般方法 …… 012

第 1 课时　有机化合物的分离、提纯 …… 012

第 2 课时　确定有机化合物实验式、分子式、分子结构的方法 …… 016

三、知能拓展 …… 021

第二章　烃

一、课标导向 …… 027

二、精讲精练 …… 029

第一节　烷烃 …… 029

第二节　烯烃　炔烃 …… 034

第三节　芳香烃 …… 040

三、知能拓展 …… 045

第三章　烃的衍生物

一、课标导向 …… 051

二、精讲精练 …… 053

第一节　卤代烃 …… 053

第二节　醇　酚 …… 058

第 1 课时　醇 …… 058

第 2 课时　酚 …… 064

第三节　醛　酮 …… 069

第四节　羧酸　羧酸衍生物 …… 074

第 1 课时　羧酸 …… 074

第 2 课时　羧酸衍生物 …… 079

第五节　有机合成 …… 084

三、知能拓展 …… 091

目录 CONTENTS

第四章　生物大分子

一、课标导向 …… 100

二、精讲精练 …… 101

第一节　糖类 …… 101

第二节　蛋白质 …… 107

第三节　核酸 …… 112

三、知能拓展 …… 115

第五章　合成高分子

一、课标导向 …… 120

二、精讲精练 …… 121

第一节　合成高分子的基本方法 …… 121

第二节　高分子材料 …… 127

三、知能拓展 …… 133

第一章 有机化合物的结构特点与研究方法

一、课标导向

课标要求

1. 了解有机化合物的分类方法，体会科学分类法在认识事物和科学研究中的作用。

2. 认识官能团的种类（碳碳双键、碳碳三键、羟基、氨基、碳卤键、醛基、酮羰基、羧基、酯基和酰胺基），从官能团的视角认识有机化合物的分类。

3. 认识有机化合物分子中共价键的类型、极性及其与有机反应的关系。

4. 知道有机化合物分子中基团之间的相互影响会导致键的极性发生改变。

5. 能辨识同分异构现象，能写出符合特定条件的同分异构体，能列举说明立体异构现象。

6. 初步学会分离、提纯有机化合物的常用方法。

7. 通过实验探究重结晶法提纯苯甲酸，能够观察并记录实验现象和数据，进行分析和推理，得出合理的结论。

8. 了解李比希法分析仅含 C、H、O 元素的有机化合物实验式的原理，会利用该方法确定实验式。

9. 能说出测定有机化合物分子结构的常用仪器分析方法，能结合简单图谱信息分析判断有机化合物的分子结构。

知识网络

- 有机化合物的结构特点
  - 有机化合物的分类方法
    - 依据碳骨架分类
      - 链状化合物
        - 脂肪烃
        - 脂肪烃衍生物
      - 环状化合物
        - 脂环化合物
          - 脂环烃
          - 脂环烃衍生物
        - 芳香族化合物
          - 芳香烃
          - 芳香烃衍生物
    - 依据官能团分类
      - 烃 — 烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃
      - 烃的衍生物 — 卤代烃、醇、酚、醚、醛、酮、羧酸、酯、胺、酰胺
  - 有机化合物中的共价键
    - 共价键的类型
      - σ键
      - π键
    - 共价键的极性与有机反应
  - 有机化合物的同分异构现象
    - 构造异构
      - 碳架异构
      - 位置异构
      - 官能团异构
    - 立体异构
      - 顺反异构
      - 对映异构

- 研究有机化合物的一般方法
  - 分离、提纯
    - 蒸馏
    - 萃取
      - 液–液萃取
      - 固–液萃取
    - 重结晶
  - 确定实验式——元素分析 — 确定有机化合物分子内各元素原子的最简整数比
  - 确定分子式——质谱法 — 测定相对分子质量
  - 确定分子结构——波谱分析
    - 红外光谱 — 可获得有机化合物分子中所含有的化学键或官能团的信息
    - 核磁共振氢谱 — 可获得有机化合物分子中有几种不同类型的氢原子及它们的相对数目等信息
    - X射线衍射 — 用于有机化合物晶体结构的测定

二、精讲精练

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

自主预习

知新导学

1. 依据碳骨架分类

- 有机化合物
  - 链状化合物
    - 脂肪烃(如丁烷$CH_3CH_2CH_2CH_3$)
    - 脂肪烃衍生物(如溴乙烷CH_3CH_2Br)
  - 环状化合物
    - 脂环化合物
      - 脂环烃(如环己烷⬡)
      - 脂环烃衍生物(如环己醇⬡—OH)
    - 芳香族化合物
      - 芳香烃(如苯⬡)
      - 芳香烃衍生物(如溴苯⬡—Br)

2. 依据官能团分类

(1)烃的衍生物

烃分子中的氢原子可以被其他原子或原子团所取代,得到烃的衍生物。如甲烷中的氢原子被氯原子取代得到氯代甲烷,它还可以经过化学反应,进一步转变为甲醇(CH_3OH)、甲醛(HCHO)等一系列烃的衍生物。

(2)官能团

①定义:决定有机化合物特性的原子或原子团。

②有机化合物的主要类别、官能团及代表物

有机化合物类别		官能团	代表物
烃	烷烃	—	甲烷 CH_4
	烯烃	碳碳双键 $>C=C<$	乙烯 $CH_2=CH_2$
	炔烃	碳碳三键 $-C\equiv C-$	乙炔 $CH\equiv CH$
	芳香烃	—	苯 ⬡
烃的衍生物	卤代烃	碳卤键 $-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-X$ (卤素原子 —X)	溴乙烷 CH_3CH_2Br
	醇	羟基 —OH	乙醇 CH_3CH_2OH
	酚	羟基 —OH	苯酚 ⬡—OH
	醚	醚键 $-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-O-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-$	乙醚 $CH_3CH_2OCH_2CH_3$
	醛	醛基 $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-H$	乙醛 CH_3CHO
	酮	酮羰基(羰基) $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-$	丙酮 CH_3COCH_3
	羧酸	羧基 $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OH$	乙酸 CH_3COOH
	酯	酯基 $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-O-R$	乙酸乙酯 $CH_3COOCH_2CH_3$
	胺	氨基 $-NH_2$	甲胺 CH_3NH_2
	酰胺	酰胺基 $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-NH_2$	乙酰胺 CH_3CONH_2

小试牛刀

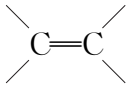
1. 下列物质中，属于有机物的是 （ A ）

A. 乙炔(C_2H_2)　　B. 氰酸铵(NH_4CNO)

C. 氰化钾(KCN)　　D. 小苏打($NaHCO_3$)

2. 下列表示的是有机化合物结构式中的一部分，其中不是官能团的是 （ D ）

A. —OH　　B. —C≡C—

C.  　　D. C—C

3. 下列关于官能团的说法正确的是 （ A ）

A. 羟基跟链烃基直接相连的化合物属于醇

B. 含有苯环的有机物属于芳香烃

C. 含有羟基的物质一定是醇

D. 醛基的结构简式为“—COH”

4. 下列物质中，不属于卤代烃的是 （ D ）

A. 氯乙烯　　B. 溴苯

C. 四氯化碳　　D. 硝基苯

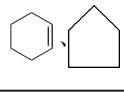
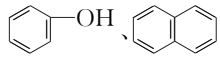
互动课堂

合作探究

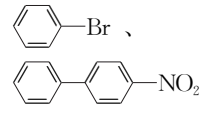
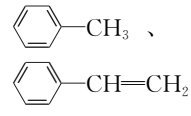
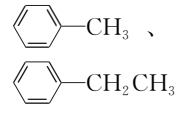
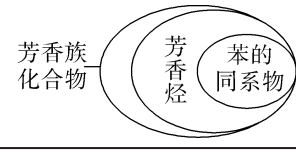
探究1 脂环化合物和芳香族化合物

1. 脂环化合物和芳香族化合物的区别

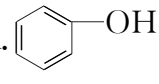
根据碳原子组成的分子骨架，有机化合物主要分为链状化合物和环状化合物。环状化合物依据是否含有苯环又可分为脂环化合物和芳香族化合物。

	脂环化合物	芳香族化合物
定义	不含苯环的环状化合物	含有一个或多个苯环的环状化合物
实例		

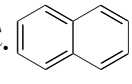
2. 芳香族化合物、芳香烃和苯的同系物的区别与关系

		定义	实例
区别	芳香族化合物	含有一个或多个苯环的环状化合物	
	芳香烃	含有一个或多个苯环的烃类化合物	
	苯的同系物	苯环上的氢原子被烷基取代所得到的一系列产物	
关系			

【例1】下列分类正确的是 （　　）

A.  属于醇

B. 属于芳香族化合物

C.  属于脂环化合物

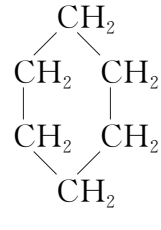
D. $CH_3CH(CH_3)_2$ 属于链状化合物

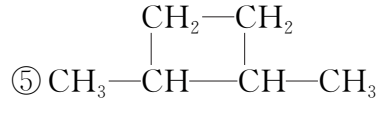
【答案】D

【解析】A项属于酚类；B项不含苯环，属于脂环化合物；C项含有苯环，属于芳香族化合物；D项是链状结构，属于链状化合物。

【变式训练1】(双选)按碳骨架分类，下列有机化合物的分类正确的是 （ CD ）

①CH_3CH_2Cl　　②

③$(CH_3)_2C{=}CH_2$　　④ 

⑤ 

A. 链状烃：①③⑤　B. 链状烃：①③

C. 环状烃：②④⑤　D. 芳香烃：②

【解析】题中给出的物质除了①以外，其余的都是烃，故 A、B 错；②属于芳香烃，④和⑤的结构中都含有碳环（均不是苯环），所以②④⑤属于环状烃，故 C、D 对。

探究 2　官能团、根与取代基

1. 取代基与官能团的区别与联系

	取代基	官能团
区别	有机化合物分子里含有的原子或原子团	决定有机化合物特性的原子或原子团
联系	官能团属于取代基，但取代基不一定是官能团，如甲基（$—CH_3$）不是官能团	

2. “基”与“根”的比较

	基	根
概念	有机化合物分子中去掉某些原子或原子团后剩下的原子团	带电荷的离子，是电解质的组成部分，是电解质电离的产物
电性	电中性	带电荷
稳定性	不稳定，不能独立存在	稳定，可以独立存在于溶液中或熔融状态下
实例及电子式	$—OH$：$\cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:H$	OH^-：$[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:H]^-$
联系	“根”与“基”可以相互转化，OH^- 失去 1 个电子可转化为—OH，而—OH 获得 1 个电子可转化为 OH^-	

【例 2】下列说法错误的是　（　　）

A. OH^- 带负电荷，—OH 不带电荷

B. $—CH_3$ 属于基，但不是官能团，—COOH 既是基又是官能团

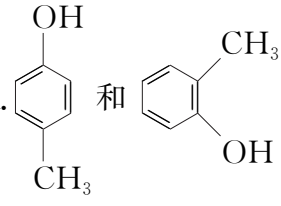
C. —OH（苯酚）和 —CH_2—OH（苯甲醇）属于不同的类别，所以官能团不同

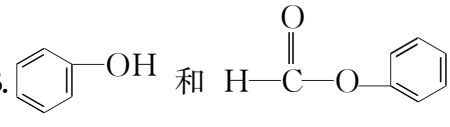
D. OHC— —OH 可看作醛，也可看作酚

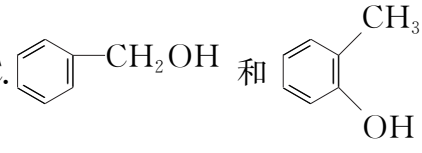
【答案】C

【解析】OH^- 中含有 10 个电子，带有一个单位的负电荷，—OH 中含有 9 个电子，不带电荷；$—CH_3$ 是基，但不是官能团，—COOH 既是基又是官能团；苯酚和苯甲醇分别属于酚类和醇类，但官能团都是羟基；OHC— —OH 属于多官能团化合物，根据所含有的官能团分别属于不同类别，可表现出多种性质。

【变式训练 2】下列物质中，按官能团进行分类，属于同一类物质的是　（ A ）

A. 

B. 

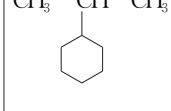
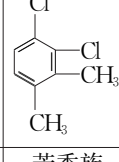
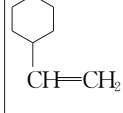
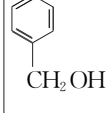
C. 

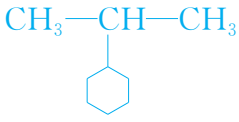
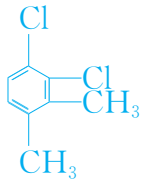
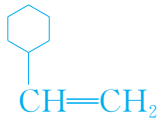
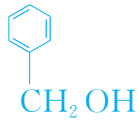
D. $CH_3—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—OH$ 和 $CH_3—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—O—CH_3$

【解析】羟基直接连在苯环上的有机化合物属于酚类，故 A 项中的两种有机化合物均属于酚类；B 项中的两种有机化合物，前者属于酚类，后者属于酯类；C 项中的两种有机化合物，前者属于醇类，后者属于酚类；D 项中的两种有机化合物，前者属于羧酸类，后者属于酯类。

随堂小练

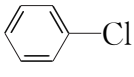
1. 下列有机化合物的分类不正确的是　（ A ）

选项	A	B	C	D
有机化合物				
类别	苯的同系物	芳香族化合物	脂环化合物	醇

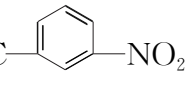
【解析】  分子中不含苯环，不是苯的同系物，属于环烷烃，A 错误；  分子中含有苯环，属于芳香族化合物，B 正确；  分子中不含苯环，属于脂环化合物，C 正确；  分子中—OH 没有直接连在苯环上，是芳香烃侧链中的氢原子被羟基取代，属于醇，D 正确。

2. 下列有机化合物中，含有两种官能团的是 (C)

A. $CH_3—CH_2—Cl$

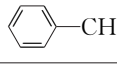
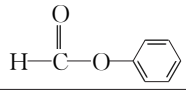
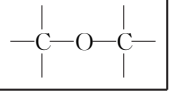
B. 

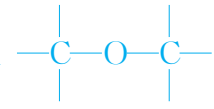
C. $CH_2=CHBr$

D. 

【解析】A、B 项均只含碳氯键，C 项含碳溴键和碳碳双键，D 项只含硝基。

3. (双选)下列物质的类别与所含官能团都正确的是 (BD)

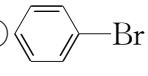
选项	物质	类别	官能团
A		酚	—OH
B	$CH_3CH(COOH)CH_3$	羧酸	—COOH
C		醛	—CHO
D	$CH_3—O—CH_3$	醚	

【解析】A. 该物质是醇类，官能团是—OH，错误；B. 该物质是羧酸类，官能团是—COOH，正确；C. 该物质是酯类，官能团是 $—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—O—R$，错误；D. 该物质是醚类，官能团是  ，正确。

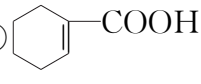
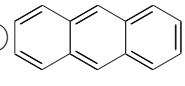
4. 观察下列有机化合物，并按碳骨架将它们分类，完成填空：

①CH_4　　② $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$

③ $CH_3C(CH_3)=CHCH_3$　　④ $CH_3—C\equiv CH$

⑤CH_3CH_2OH　　⑥ 

⑦ $CH_3—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—O—CH_2CH_3$

⑧  　　⑨ 

⑩ $CH_3CH_2CH_2CH(C_6H_5)CH_2CH_3$

(1)属于链状化合物的是 ①②③④⑤⑦ (填序号，下同)；

(2)属于脂环化合物的是 ⑧ ；

(3)属于芳香族化合物的是 ⑥⑨⑩ 。

【解析】根据碳骨架分类，只要观察有机化合物分子中碳原子的连接方式是否成环即可，其中①②③④⑤⑦中无环状结构，属于链状化合物；其他为环状化合物，其中⑥⑨⑩中含有苯环，所以它们属于芳香族化合物，⑧中无苯环，属于脂环化合物。

温馨提示：请自主完成课后作业(一)

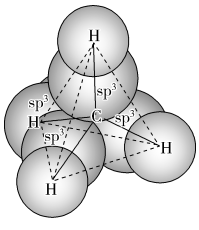
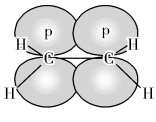
第 2 课时　有机化合物中的共价键　有机化合物的同分异构现象

自主预习

知新导学

1. 共价键的类型

(1)σ 键和 π 键

	实例	形成方式	特点
σ 键	 甲烷分子中的 σ 键示意图	两个原子轨道沿着两个原子核间的键轴，以“头碰头”的形式相互重叠	通过 σ 键连接的原子或原子团可绕键轴旋转而不会导致化学键的破
π 键	 乙烯分子中的 π 键示意图	两个碳原子未参与杂化的 p 轨道以“肩并肩”的形式从侧面重叠	通过 π 键连接的原子或原子团不能绕键轴旋转

(2)一般规律

①有机化合物中的单键是 σ 键，双键中含有一个 σ 键和一个 π 键，三键中含有 一 个 σ 键和 两 个 π 键。

②共价键的类型与有机反应的类型密切相关：σ 键能发生 取代 反应，π 键能发生 加成 反应。

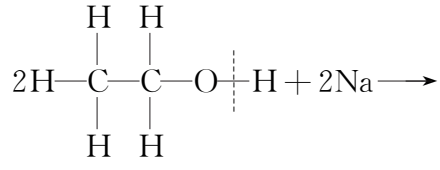
2. 共价键的极性与有机反应

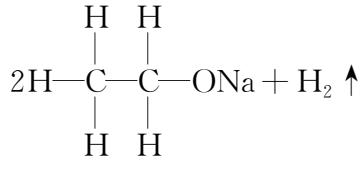
(1)共价键的极性

由于不同的成键原子间 电负性 的差异，共用电子对会发生偏移。偏移的程度越大，共价键 极性 越强，在反应中越 容易 发生断裂。因此有机化合物的 官能团 及其邻近的 化学键 往往是发生化学反应的活性部位。

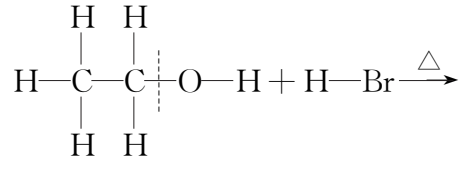
(2)有机反应

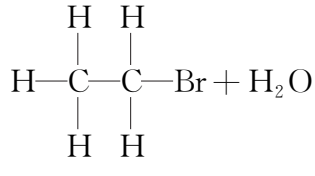
乙醇与钠能发生反应放出氢气，原因在于乙醇分子中的 氢氧 键极性较强，能够发生断裂。同样条件下，乙醇与钠的反应没有水与钠的反应剧烈，这是由于乙醇分子中氢氧键的极性比水分子中氢氧键的极性 弱 。基团之间的相互影响使官能团中化学键的极性发生变化，从而影响官能团和物质的性质。





另外，由于羟基中氧原子的电负性较大，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。





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小，副反应较多，产物比较复杂。

3. 有机化合物的同分异构现象

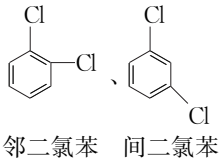
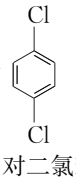
(1)含义:化合物具有相同的分子式,但具有不同结构的现象叫同分异构现象,具有同分异构现象的化合物互为同分异构体。

(2)实例:戊烷的同分异构体如下表所示。

物质名称	正戊烷	异戊烷	新戊烷
分子式	C_5H_{12}		
结构简式	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$	$C(CH_3)_4$
相同点	分子式相同,都属于烷烃		
不同点	碳原子间的连接顺序不同		

(3)类型:有机化合物的同分异构现象主要有构造异构和立体异构。

①构造异构

异构类别	形成途径	实例
碳架异构	由 碳骨架 不同而产生的异构	C_4H_{10}:$CH_3CH_2CH_2CH_3$ 与正丁烷 $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$ 异丁烷
位置异构	由 官能团的位置 不同而产生的异构	C_4H_8:$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ 与1-丁烯 $CH_3-CH=CH-CH_3$ 2-丁烯
		$C_6H_4Cl_2$:  邻二氯苯、间二氯苯 与  对二氯苯
官能团异构	由 官能团 不同而产生的异构	C_2H_6O:CH_3CH_2OH 与乙醇 CH_3-O-CH_3 二甲醚

②立体异构

立体异构有 顺反异构 和 对映异构 (后面将会陆续学习)。

小试牛刀

1. 下列物质的分子中,所有原子都在同一平面上的是 (D)

A. 氨　　B. 丙烷

C. 甲烷　　D. 乙烯

2. 大多数有机物分子里的碳原子与碳原子之间或碳原子与其他原子之间相结合的化学键 (C)

A. 只有极性键

B. 只有非极性键

C. 有极性键和非极性键

D. 只有离子键

3. 下列选项属于官能团异构的是 (D)

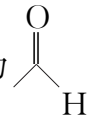
A. $CH_3CH_2CH_2CH_3$ 和 $CH_3CH(CH_3)_2$

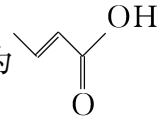
B. $CH_2=C(CH_3)_2$ 和 $CH_3CH=CHCH_3$

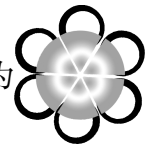
C. CH_3CH_2OH 和 $CH_2(OH)CH_2CH_3$

D. $CH_3CH_2CH_2COOH$ 和 $CH_3CH_2COOCH_3$

4. 下列说法或表示方法正确的是 (C)

A. C_2H_4O 的结构简式为 

B. 键线式为  的有机化合物的分子式为 $C_5H_6O_2$

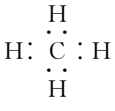
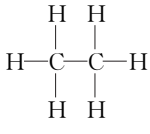
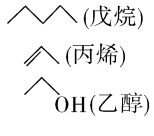
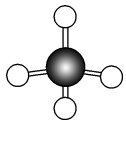
C. 苯的空间填充模型为 

D. 乙炔的结构简式为 CHCH

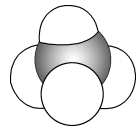
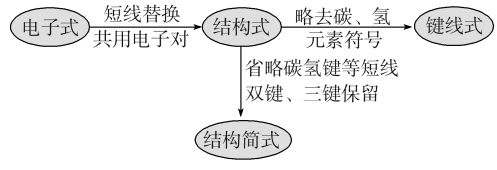
互动课堂

合作探究

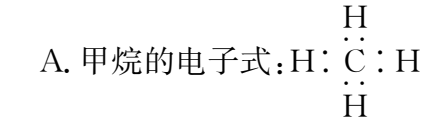
探究 1 有机化合物的组成和结构的表示方法

表示方法	实例	含义
分子式	CH_4	用元素符号和数字表示物质分子组成的式子，可反映出一个分子中原子的种类和数目
最简式（实验式）	乙烷（C_2H_6）的最简式为 CH_3	(1)表示物质组成的各元素原子最简整数比的式子 (2)由最简式可求最简式量
电子式		表示分子中各原子最外层电子成键情况的式子
结构式		表示分子中原子的结合或排列顺序的式子，但不表示空间结构
结构简式	$CH_2{=}CHCH_3$	将结构式中的碳氢键等短线省略后得到的式子，它比结构式书写简单，比较常用，是结构式的简便写法，着重突出结构特点（官能团）
键线式	 (戊烷) (丙烯) OH(乙醇)	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
球棍模型		小球表示原子，短棍表示价键，用于表示分子的空间结构（立体形状）

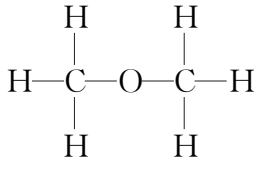
续表

表示方法	实例	含义
空间填充模型		(1)用不同体积的小球表示不同大小的原子 (2)用于表示分子中各原子的相对大小和结合顺序
相互关系		

【例 1】下列化学用语书写正确的是（　　）

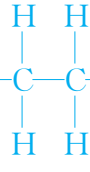
A. 甲烷的电子式： 

B. 丙烯的键线式：

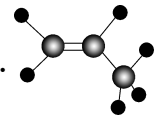
C. 乙醇的结构式： 

D. 乙烯的结构简式：CH_2CH_2

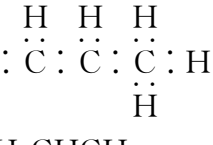
【答案】A

【解析】丙烯的键线式为，乙醇的结构式为  ，乙烯的结构简式为 $CH_2{=}CH_2$。只有 A 项正确。

【变式训练 1】下列有关表示方法能确定为丙烯的是（ A ）

A. 

B. C_3H_6

C. 

D. CH_2CHCH_3

探究 2 同分异构体的书写与判断

1. 烷烃同分异构体的书写方法

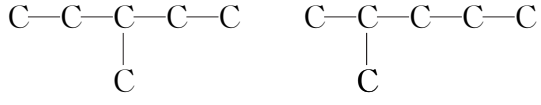
减碳对称法口诀："主链由长到短，支链由整到散，位置由心到边不到端，排列由对到邻间"。

以己烷(C_6H_{14})为例：(为了简便易看，在所写结构式中省去了 H 原子)

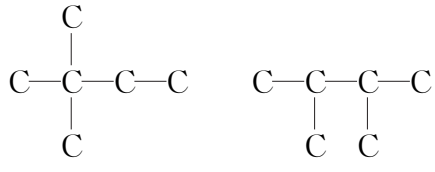
(1)将分子中的全部碳原子连成直链作为母链。

C—C—C—C—C—C

(2)从母链上取下 1 个碳原子作为支链(即甲基)，依次连接在主链中心对称线一侧的各个碳原子上，此时碳骨架结构有 2 种，如下图所示：



(3)从母链上取下 2 个碳原子，使这 2 个碳原子相连(整连，即乙基)或分开(散连，即 2 个甲基)，依次连接在主链中心对称线一侧的各个碳原子上，乙基不合适，故舍去，2 个甲基的位置依次相同、相邻，此时碳骨架结构有 2 种，如下图所示：



故己烷(C_6H_{14})共有 5 种同分异构体。

以上写法也可记为"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. 同分异构体数目的判断方法

(1)基元法，如丁基有 4 种结构，则丁醇有 4 种结构。

(2)换元法，如二氯苯 $C_6H_4Cl_2$ 有 3 种结构，则四氯苯也有 3 种结构(将 H 替代 Cl)。

(3)对称法(又称等效氢法)：等效氢法的判断可按下列三点进行。

①同一甲基上的氢原子是等效的；

②同一碳原子上所连甲基上的氢原子是等效的；

③处于镜面对称位置上的氢原子是等效的。

(一元取代物的判断：有几种等效氢原子，则一元取代物的结构就有几种。)

(4)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。

【例 2】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

【答案】C

【解析】C_4H_8BrCl 可看成是 C_4H_{10} 分子中的 2 个 H 被 1 个 Br 和 1 个 Cl 取代得到的产物。C_4H_{10} 有正丁烷和异丁烷 2 种，被 Br 和 Cl 取代时，可先确定 Br 的位置，再确定 Cl 的位置。正丁烷的碳骨架结构为 $\overset{1}{C}—\overset{2}{C}—\overset{2}{C}—\overset{1}{C}$，Br 分别取代 1 号碳原子和 2 号碳原子上的氢原子时，Cl 均有 4 种位置关系；异丁烷的碳骨架结构为 $\overset{1}{C}—\overset{2}{C}(\overset{1}{C})—\overset{1}{C}$，Br 分别取代 1 号碳原子和 2 号碳原子上的氢原子时，Cl 分别有 3 种和 1 种位置关系。综上可知，C_4H_8BrCl 共有 12 种结构，C 项正确。

【变式训练 2】已知丁基有 4 种结构，则分子式为 $C_5H_{10}O$ 且属于醛类的有机化合物有　　(B)

A. 3 种　　B. 4 种

C. 5 种　　D. 6 种

【解析】分子式为 $C_5H_{10}O$ 的醛类有机化合物可写成 C_4H_9—CHO，即可看作是由丁基与醛基(—CHO)相连形成的，因丁基(—C_4H_9)有 4 种结构，故 C_4H_9—CHO 也有 4 种结构。

随堂小练

1. 根据碳原子的成键特点，下列关于分子式为 C_4H_6 的物质说法错误的是 （ D ）

A. 分子中含有环和一个碳碳双键

B. 分子中含有两个碳碳双键

C. 分子中含有一个碳碳三键

D. 分子中含有环和碳碳三键

【解析】根据碳原子的四价原理可知，D 错误。

2. 下列说法正确的是 （ A ）

A. 碳骨架为 的烃的结构简式为 $(CH_3)_2C{=}CH_2$

B. 有机化合物分子中，一定既有非极性键又有极性键

C. 有的烃分子中，一个碳原子形成 3 个共价键

D. 乙烷的键线式为 ／＼

【解析】根据碳原子的成键特点，碳原子之间可形成非极性共价键，碳原子与其他原子之间则以极性共价键结合，但是甲烷分子中只有极性键，B 项错。有机化合物中碳原子通过 4 个共价键与其他原子相连，C 项错。乙烷的键线式为—，／＼ 应为丙烷的键线式，D 项错。

3. 有机化合物 $CH_3CH_2\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HCH_2CH_3$ 的一氯代物有 （ B ）

A. 3 种　　B. 4 种

C. 5 种　　D. 6 种

【解析】由 $\overset{①}{CH_3}\overset{②}{CH_2}\overset{③}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}\overset{②}{H}\overset{①}{CH_2}\overset{④}{CH_3}$ 可知，该有机化合物有 4 种等效氢原子，故有 4 种一氯代物。

4. （双选）下列各组物质中，互为同分异构体的是 （ BD ）

A. $CH_3CH_2CH_3$ 和 $CH_3CH_2CH_2CH_3$

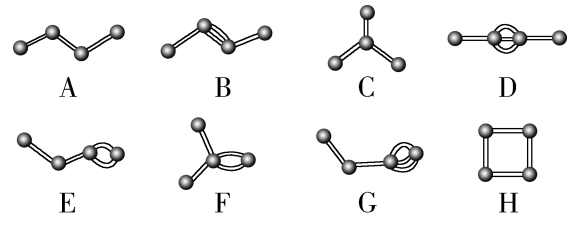
B. H_2NCH_2COOH 和 $CH_3CH_2NO_2$

C. CH_3CH_2COOH 和 $CH_3COOCH_2CH_3$

D. $CH_2{=}CHCH_2CH_3$ 和 $CH_3CH{=}CHCH_3$

【解析】A 项，互为同系物；B 项，分子式相同，结构不同，互为同分异构体；C 项，分子式不同，不互为同分异构体；D 项，分子式相同，结构不同，互为同分异构体。

5. 如图表示 4 个碳原子相互结合的方式。小球表示碳原子，小棍表示化学键，假如碳原子上其余的化学键都与氢原子结合。



(1)图示中属于烯烃的是 BEF （填字母）。

(2)在图示的有机化合物中，碳原子与碳原子之间不仅可以形成单键，还可以形成 双键 和 三键 ；不仅可以形成 碳链 ，还可以形成碳环。

(3)图示中互为同分异构体的是 A 与 C ；B 与 EFH ；D 与 G 。（填字母）

【解析】分析题中所给球棍模型，根据碳原子的四价原理，写出各物质的结构简式。

A：$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$；

B：$CH_3—CH{=}CH—CH_3$；

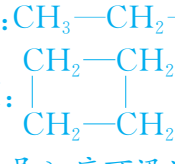
C：$CH_3—\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}H—CH_3$；

D：$CH_3—C{\equiv}C—CH_3$；

E：$CH_3—CH_2—CH{=}CH_2$；

F：$CH_3—\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{=}CH_2$；

G：$CH_3—CH_2—C{\equiv}CH$；

H：  。

对号入座可迅速得出正确答案。

温馨提示：请自主完成课后作业（二）

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

自主预习

知新导学

1. 蒸馏

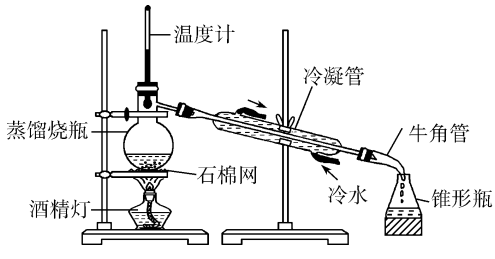
(1)原理：分离和提纯沸点不同的 液态 有机化合物。

(2)适用条件

①有机化合物 热稳定性 较高。

②有机化合物的沸点与杂质的沸点相差较大。

(3)装置示意图



(4)注意事项

①温度计水银球的位置：蒸馏烧瓶支管口处。

②加碎瓷片的作用：防止暴沸。

③冷凝管中水的流向：下口 流入，上口 流出。

2. 萃取

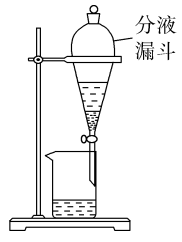
(1)液-液萃取

①含义：利用待分离组分在两种 不互溶 的溶剂中的 溶解度 不同，将其从一种溶剂转移到另一种溶剂的过程。

②萃取剂：萃取用的溶剂。常用的萃取剂有乙醚($C_2H_5OC_2H_5$)、乙酸乙酯、二氯甲烷等。

③分液：将萃取后的两层液体分开的操作。

④装置及操作要求

装置	操作要求
	加萃取剂后充分振荡，静置分层后，打开分液漏斗上方的玻璃塞和下方的活塞，从下口将下层液体放出，并及时关闭活塞，上层液体从上口倒出

(2)固-液萃取：用 溶剂 从固体物质中溶解出待分离组分的过程。

3. 重结晶

(1)原理：利用被提纯物质与杂质在同一溶剂中的溶解度不同而将杂质除去。

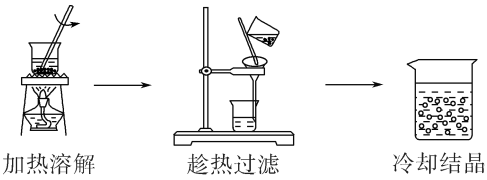
(2)溶剂的选择

①杂质在所选溶剂中溶解度 很小 或溶解度 很大 ，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 温度 的影响较大，能够进行 冷却结晶 。

[注意] 如果重结晶所得的晶体纯度不能达到要求，可以再次进行重结晶以提高产物的纯度。

(3)实验仪器与操作步骤(以粗苯甲酸的提纯为例)



小试牛刀

1. 天然提取和人工合成有机物往往得到的是混合物，假设让你研究一种这样的有机混合物，一般要采取的步骤是 （ B ）

A. 分离、提纯→确定分子式→确定实验式→确定分子结构

B. 分离、提纯→确定实验式→确定分子式→确定分子结构

C. 分离、提纯→确定分子结构→确定实验式→确定分子式

D. 确定分子式→确定实验式→确定分子结构→分离、提纯

2. 某溶剂能够溶解碘，但不能把碘从碘水中萃取出来，这种溶剂是 （ B ）

A. 汽油　　B. 酒精

C. 苯　　D. 四氯化碳

3. 下列各组混合物，不能用分液漏斗分离的是 （ A ）

A. 甘油和乙醇　　B. 正己烷和水

C. 硝基苯和水　　D. 汽油和水

4. 现有一瓶 A 和 B 的混合液，已知 A 和 B 的某些性质如下：

物质	分子式	熔点/℃	沸点/℃	密度/($g \cdot cm^{-3}$)	水溶性
A	$C_3H_6O_2$	−98	57.5	0.93	可溶
B	$C_4H_8O_2$	−84	77	0.90	可溶

由此，分离 A 和 B 的最佳方法是 （ C ）

A. 萃取　　B. 升华

C. 蒸馏　　D. 分液

互动课堂

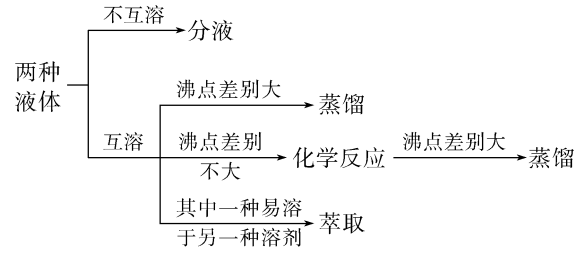
合作探究

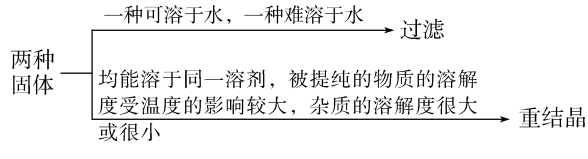
探究　有机化合物分离、提纯方法选择的一般步骤

1. 首先要熟记各种分离、提纯方法的适用范围。常用的分离、提纯有机化合物的方法及其适用范围如下表：

方法	适用范围
分液	不互溶、密度不同的两种液体
萃取	相同温度下溶质在两种不互溶的溶剂中的溶解度相差很大
蒸馏	液态有机化合物的沸点与杂质的沸点相差较大且热稳定性较高
重结晶	固体混合物；被提纯的有机化合物在所选溶剂中的溶解度受温度的影响较大；杂质在所选溶剂中的溶解度很大或很小

2. 根据给定混合物的状态，溶解性，熔、沸点的差异等，选择与以上适用范围相匹配的方法即可。具体如下：





【例 1】（双选）下列有关实验的说法错误的是 （　　）

A. 在蒸馏实验中，温度计的水银球位于蒸馏烧瓶的支管口处是为了测出馏分的沸点

B. 用直接蒸馏的方法可以从含水的乙醇中得到无水乙醇

C. 在重结晶的实验中，使用短颈漏斗趁热过滤是为了减少被提纯物质的损失

D. 作为重结晶实验的溶剂，杂质在此溶剂中的溶解度受温度的影响应该很大

【答案】BD

【解析】温度计水银球的位置由其作用决定，在蒸馏实验中，温度计就是为了测出馏分的沸点，故其水银球应位于蒸馏烧瓶的支管口处，故 A 正确；制无水乙醇时应先加生石灰再进行蒸馏，故 B 错误；在重结晶实验中，被提纯的物质在所选溶剂中的溶解度受温度的影响较大，为减少其损失，应趁热过滤，故 C 正确，D 错误。

【变式训练 1】下列关于蒸馏的实验操作说法正确的是 （ A ）

A. 蒸馏的原理是利用混合物中各组分的沸点不同实现分离

B. 蒸馏烧瓶可以用酒精灯直接加热

C. 开始蒸馏时，应该先加热，再通冷凝水；蒸馏完毕，应该先关冷凝水，再撤酒精灯

D. 苯和水的混合物最好用蒸馏的方法进行分离

【解析】蒸馏是利用液体沸点的不同，分离互溶的液体混合物，故 A 正确。由于蒸馏烧瓶的瓶底面积较大，直接加热受热不均匀，所以必须垫石棉网加热，故 B 错误。冷凝管没有通冷凝水或先加热后通冷凝水会造成受热不均匀，使冷凝管破裂；蒸馏完毕，为防止蒸气外逸，应该先撤酒精灯，再关冷凝水，故 C 错误。蒸馏是分离沸点不同且互溶的液体混合物，苯和水不互溶且分层，应用分液的方法分离，先从下口放出水，然后从上口倒出苯，故 D 错误。

【例 2】下列实验中，所采取的分离或提纯方法与原理都正确的是 （ ）

选项	目的	分离或提纯方法	原理
A	分离溶于水的碘	用乙醇萃取	碘在乙醇中的溶解度较大
B	分离乙酸乙酯和乙醇	分液	乙酸乙酯和乙醇的密度不同
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	除去丁醇中的乙醚	蒸馏	丁醇与乙醚的沸点相差较大

【答案】D

【解析】分离溶于水的碘用萃取的方法，但不能用乙醇作萃取剂，因乙醇和水互溶，A 项错误；分离不互溶的液体混合物用分液法，乙酸乙酯和乙醇互溶，不能用分液法分离，B 项错误；除去 KNO_3 固体中混杂的 NaCl，用重结晶的方法，原理是 KNO_3 在水中的溶解度受温度的影响较大，题中所述原理有误，C 项错误；除去丁醇中的乙醚，利用沸点不同用蒸馏法进行分离，D 项正确。

【变式训练 2】下列说法中错误的是（ A ）

A. 用酒精萃取溴水中的溴的操作可选用分液漏斗，而后静置分液

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. 密度不同、不互溶的液态混合物，可采用分液的方法将它们分离

D. 对于热稳定性较高、沸点较高的液态有机化合物和沸点较低的杂质可用蒸馏法除杂

【解析】酒精易溶于水，与水互溶不能分层，不符合萃取剂的条件，不能达到萃取的目的，A 项错误；分液漏斗中的下层液体只能从下口放出，若从上口倒出，则下层液体与上层液体相混而不纯，同样上层液体从下口放出时也会使上层液体与下层液体相混而不纯，B 项正确；根据分液和蒸馏的实验原理可知，C、D 项正确。

随堂小练

1. 下列能用来分离、提纯液态有机化合物的操作是 (A)

A. 蒸馏　　B. 蒸发

C. 重结晶　　D. 过滤

【解析】分离、提纯液态有机化合物的常用方法是蒸馏。

2. 天然色素的提取往往用到萃取操作，现在有用大量水提取的天然色素，下列溶剂不能用来萃取富集这些天然色素的是 (C)

A. 石油醚　　B. 苯

C. 乙醇　　D. 四氯化碳

【解析】乙醇与水互溶，萃取色素后无法分层。

3. 可以用分液漏斗分离的一组物质是 (D)

A. 溴和四氯化碳　　B. 苯和溴苯

C. 酒精和水　　D. 硝基苯和水

【解析】不互溶的两种液体才能分层，可利用分液漏斗进行分离。A、B、C 三项中的两物质均互溶，而 D 项中的两物质不互溶。

4. (双选)某同学拟用重结晶的方法除去某产品中的杂质，为此需要选用合适的溶剂。具有下列特点的溶剂中，不可取的溶剂是 (AD)

A. 产品在溶剂中的溶解度随温度的变化不大

B. 在溶剂中产品比杂质更难溶解

C. 杂质在溶剂中的溶解度在高温或低温时都很大

D. 室温时产品在溶剂中很容易溶解

【解析】由于采用的是重结晶的方法提纯，故被选择的溶剂应满足条件：①杂质在此溶剂中溶解度很小或溶解度很大，易于除去；②被提纯的物质在此溶剂中的溶解度受温度的影响较大，能够进行冷却结晶。

5. 现有一瓶乙二醇和丙三醇的混合液，已知它们的性质如下表：

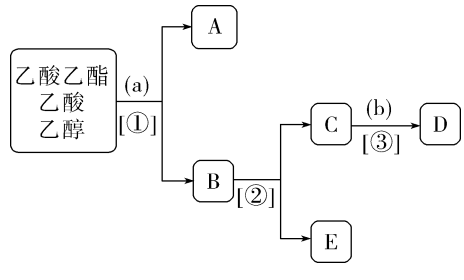
物质	分子式	熔点/℃	沸点/℃	密度/($g \cdot cm^{-3}$)	溶解性
乙二醇	$C_2H_6O_2$	−11.5	198	1.11	易溶于水和乙醇
丙三醇	$C_3H_8O_3$	17.9	290	1.26	与水和乙醇以任意比互溶

据此，将乙二醇和丙三醇分离的最佳方法是 (C)

A. 萃取　　B. 升华　　C. 蒸馏　　D. 蒸发

【解析】二者均属于醇类且互溶。从表中可知，二者的沸点相差较大，故可用蒸馏法将其分离。

6. 现拟分离乙酸乙酯、乙酸和乙醇的混合物，如图是分离操作步骤流程图。请在图中圆括号内填入适当的试剂，在方括号内填入适当的分离方法，在方框内填入所分离出的有关物质的名称。



a 饱和 Na_2CO_3 溶液，b 稀 H_2SO_4；

① 分液，② 蒸馏，③ 蒸馏；

A 乙酸乙酯，B 乙醇、乙酸钠，

C 乙酸钠，D 乙酸，E 乙醇。

【解析】三者为互溶的液体，$CH_3COOCH_2CH_3$ 不溶于饱和 Na_2CO_3 溶液，CH_3COOH、CH_3CH_2OH 均易溶于饱和 Na_2CO_3 溶液，故可先用饱和 Na_2CO_3 溶液分离出 $CH_3COOCH_2CH_3$；CH_3COOH 转化为 CH_3COONa，CH_3CH_2OH 沸点较低，可利用蒸馏法得到 CH_3CH_2OH；最后加入稀 H_2SO_4 将 CH_3COONa 转化为 CH_3COOH，蒸馏即可得到 CH_3COOH。

温馨提示：请自主完成课后作业(三)

课后作业 · 单独成册

第 2 课时 确定有机化合物实验式、分子式、分子结构的方法

自主预习

知新导学

1. 确定实验式

(1)元素的定性、定量分析的目的:用化学方法测定有机化合物的元素组成,以及各元素的质量分数。

(2)元素定量分析的原理:一般是将一定量的有机化合物燃烧,转化为简单的无机物,并通过测定无机物的质量,推算出该有机化合物所含各元素的质量分数,然后计算出该有机化合物分子内各元素原子的最简整数比,确定其实验式(也称最简式)。

(3)元素定量分析的一般方法——李比希法

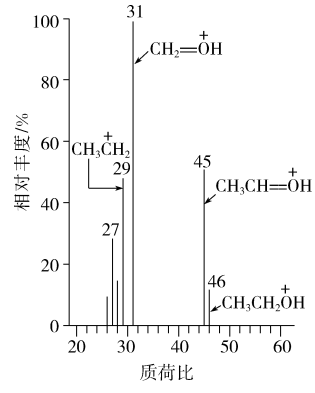
①用 CuO 作氧化剂,将仅含 C、H、O 元素的有机化合物氧化,生成的 CO_2 用 KOH 浓溶液 吸收,H_2O 用 无水 $CaCl_2$ 吸收。

②根据吸收剂在吸收前后的质量差,计算出有机化合物中碳、氢元素的质量分数,剩余的就是氧元素的质量分数,据此计算可以得到有机化合物的实验式。

2. 确定分子式

(1)质谱法:快速、精确测定 相对分子质量 的重要方法,测定时只需要很少量的样品。

(2)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 质量 不同、 电荷 不同,在电场和磁场中的运动行为不同。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,即质荷比。以质荷比为横坐标,以各类离子的相对丰度为纵坐标记录测试结果,就得到有机化合物的质谱图。如实验式为 C_2H_6O 的有机化合物的质谱图如下:



图中质荷比的最大值就是该分子的相对分子质量,由上图可知,该分子的相对分子质量为 46 ,则该物质的分子式为 C_2H_6O 。

3. 确定分子结构

(1)红外光谱

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。

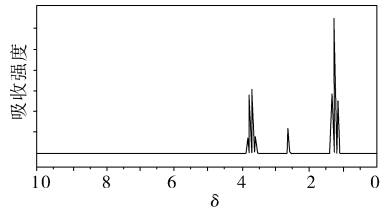
②作用:谱图中不同的化学键或官能团的 吸收频率 不同,因此分析有机化合物的红外光谱图,可获得分子中所含有的 化学键 或 官能团 的信息。

(2)核磁共振氢谱

①原理: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位置也不同,具有不同的化

学位移(用 δ 表示),而且吸收峰的面积与氢原子数成正比。

②作用:可获得有机化合物分子中有几种不同类型的氢原子及它们的相对数目等信息。吸收峰数目= 氢原子种数 ,吸收峰面积比= 不同类型氢原子数目之比 。如分子式为 C_2H_6O 的有机化合物有两种可能的结构:CH_3CH_2OH 和 CH_3OCH_3,其中一种的核磁共振氢谱图如下,则其结构简式为 CH_3CH_2OH 。



(3)X 射线衍射

①原理:X 射线和晶体中的原子相互作用可以产生衍射图。

②作用:经过计算可以从中获得分子结构的有关数据,包括键长、键角等分子结构信息。

小试牛刀

1. 能够快速、微量、精确地测定相对分子质量的物理方法是 (A)

A. 质谱法　　B. 红外光谱法

C. 紫外光谱法　　D. 核磁共振氢谱法

2. 由核磁共振氢谱可知 $(CH_3)_2CHCH_2CH_2OH$ 有多少种化学环境的氢原子 (B)

A. 6 种　　B. 5 种

C. 4 种　　D. 3 种

3. 下列实验式中,不用知道相对分子质量就可以确定分子式的是 (D)

①CH_3　②CH　③CH_2　④C_2H_5

A. ①②　　B. ③④

C. ②③　　D. ①④

互动课堂

合作探究

探究 1 确定有机化合物分子式的方法

1. 直接法

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

2. 最简式法

各元素原子的质量分数→最简式 $\xrightarrow[\text{质量}]{\text{摩尔}}$ 分子式。

3. 余数法

用烃的相对分子质量除以 14,看商和余数。

$$\frac{M_r(C_xH_y)}{M_r(CH_2)}=\frac{M}{14}=A\cdots\cdots\begin{cases}\text{余 } 2 & \text{为链烷烃}\\ \text{除尽} & \text{为单烯烃或环烷烃}\\ \text{差 } 2 & \text{为单炔烃或二烯烃}\\ \text{差 } 6 & \text{为苯或苯的同系物}\end{cases}$$

其中商 A 为烃中的碳原子数,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

利用有机反应中反应物、生成物之间“量”的关系求分子式的方法。在有机化学中,常利用有机化合物燃烧等化学方程式对分子式进行求解。常用的化学方程式:

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

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

【例 1】(双选)6.4 g 某化合物在氧气中完全燃烧，只生成 8.8 g CO_2 和 7.2 g H_2O。下列说法正确的是 ( )

A. 该化合物中仅含碳、氢两种元素

B. 该化合物中碳、氢原子个数比为 1∶4

C. 无法确定该化合物中是否含有氧元素

D. 该化合物的分子式是 CH_4O

【答案】BD

【解析】$n(CO_2)=\frac{8.8\ g}{44\ g\cdot mol^{-1}}=0.2\ mol$，$n(H_2O)=\frac{7.2\ g}{18\ g\cdot mol^{-1}}=0.4\ mol$。$m(C)+m(H)=0.2\ mol\times12\ g\cdot mol^{-1}+0.4\ mol\times2\times1\ g\cdot mol^{-1}=3.2\ g<6.4\ g$，故 $n(O)=\frac{6.4\ g-3.2\ g}{16\ g\cdot mol^{-1}}=0.2\ mol$，则 $n(C):n(H):n(O)=0.2\ mol:(0.4\ mol\times2):0.2\ mol=1:4:1$，该化合物的实验式为 CH_4O。由于 CH_4O 中氢原子已饱和，故该化合物的实验式即为分子式。

【变式训练 1】某有机化合物在氧气中充分燃烧，生成的 CO_2 和 H_2O 的物质的量之比为 1∶2。下列说法正确的是 (B)

A. 该有机化合物中 C、H、O 个数之比为 1∶2∶3

B. 该有机化合物中 C、H 个数之比为 1∶4

C. 该有机化合物中一定含有氧原子

D. 该有机化合物的最简式为 CH_4

【解析】某有机化合物充分燃烧后生成的 CO_2 和 H_2O 的物质的量之比为 1∶2，则在该有机化合物分子中 $n(C):n(H)=1:4$。根据题给信息不能确定该有机化合物中是否含有氧元素。

探究 2 确定有机化合物结构式的方法

1. 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式。例如：C_2H_6 只能是 CH_3CH_3。

2. 通过定性实验确定

实验→有机化合物表现的性质及相关结论→确定官能团→确定结构式。例如：能使溴的四氯化碳溶液褪色的有机化合物分子中可能含有 $>C=C<$、$-C\equiv C-$，不能使溴的四氯化碳溶液褪色却能使酸性高锰酸钾溶液褪色的可能是苯的同系物等。

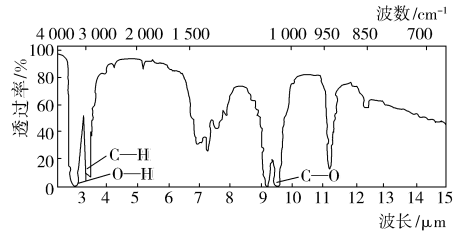
3. 通过定量实验确定

(1)通过定量实验确定有机化合物的官能团。例如：乙醇结构式的确定。

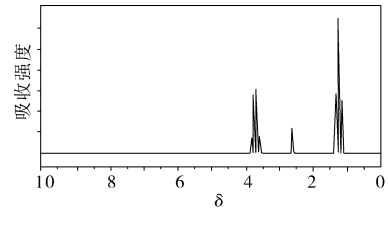
(2)通过定量实验确定官能团的数目。例如：测得 1 mol 某醇与足量钠反应可得到 1 mol 气体，则可说明该醇分子中含 2 个—OH。

4. 可用红外光谱、核磁共振氢谱先确定有机化合物中的官能团和各类氢原子数目，再确定结构式。

【例 2】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：



未知物 A 的红外光谱



未知物 A 的核磁共振氢谱

下列说法中不正确的是 ( )

A. 由红外光谱可知，该有机化合物分子中至少有三种不同的化学键

B. 由核磁共振氢谱可知，该有机化合物分

子中有三种不同的氢原子

C. 仅由核磁共振氢谱无法得知该有机化合物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 $CH_3—O—CH_3$

【答案】D

【解析】$CH_3—O—CH_3$ 的核磁共振氢谱中，仅有一组峰，显然不符合题意。

【变式训练 2】(双选)有机化合物 X 完全燃烧的产物只有二氧化碳和水，经元素组成分析发现，该物质中碳元素的质量分数为 60.00%，氢元素的质量分数为 13.33%，它的核磁共振氢谱图中有 4 组明显的吸收峰。下列关于有机化合物 X 的说法不正确的是 (AD)

A. 只含有 C、H 两种元素

B. 相对分子质量为 60

C. 分子式为 C_3H_8O

D. 结构简式为 $CH_3CH(OH)CH_3$

【解析】有机化合物 X 完全燃烧的产物只有二氧化碳和水，经元素组成分析发现，该物质中碳元素的质量分数为 60.00%，氢元素的质量分数为 13.33%，因此该物质中还含有氧元素，其质量分数是 100% − 60.00% − 13.33%＝26.67%，所以 C、H、O 三种原子的个数之比是 $\frac{60.00\%}{12}:\frac{13.33\%}{1}:\frac{26.67\%}{16}\approx 3:8:1$，即有机化合物 X 的实验式为 C_3H_8O，由于 3 个碳原子最多结合 8 个氢原子，所以分子式是 C_3H_8O，相对分子质量为 60。它的核磁共振氢谱图中有 4 组明显的吸收峰，所以其结构简式为 $CH_3CH_2CH_2OH$。

随堂小练

1. 验证某有机化合物属于烃，应完成的实验内容是 (D)

A. 只测定它的 C、H 原子数目比

B. 只要证明它完全燃烧后产物只有 H_2O 和 CO_2

C. 只测定其燃烧产物中 H_2O 与 CO_2 的物质的量的比值

D. 测定该试样的质量及试样完全燃烧后生成 CO_2 和 H_2O 的质量

【解析】A、B、C 三项都不能说明该有机化合物中除 C、H 元素外是否还含有其他元素。

2. 二甲醚和乙醇互为同分异构体，其鉴别可采用化学方法或物理方法。下列鉴别方法中不能对二者进行鉴别的是 (B)

A. 利用金属钠或金属钾

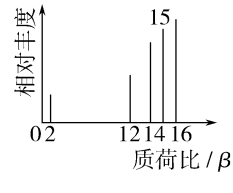
B. 利用燃烧法

C. 利用红外光谱

D. 利用核磁共振氢谱

【解析】利用金属钠或金属钾可以鉴别二甲醚和乙醇，乙醇与之反应会生成气体，二甲醚不反应。利用红外光谱、核磁共振氢谱可分别测出有机化合物分子中的官能团和化学键、H 原子种类和个数比，都可以鉴别二甲醚和乙醇。只有燃烧法不能对二者进行鉴别。

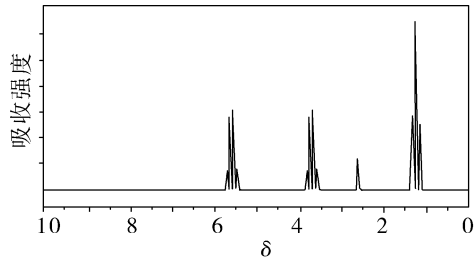
3. 设 H^+ 的质荷比为 β，某有机化合物样品的质荷比如图所示(假设离子均带一个单位正电荷，信号强度与该离子的多少有关)，则该有机化合物可能是 (B)



A. 甲醇　B. 甲烷　C. 丙烷　D. 乙烯

【解析】从题图中可看出最右侧峰的质荷比为 16β，是 H^+ 质荷比的 16 倍，即该有机化合物的相对分子质量为 16，为甲烷。

4. 为测定某有机化合物的结构，用核磁共振仪处理后得到如图所示的核磁共振氢谱，则该有机化合物可能是 (C)



A. C_2H_5OH

B. $CH_3-C(CH_3)=CH_2$

C. $CH_3CH_2CH_2COOH$

D. $H_3C-C_6H_4-CH_3$

【解析】由核磁共振氢谱可知，该物质的分子中存在四种 H 原子，个数比为 3∶2∶2∶1。A. 乙醇的结构简式是 CH_3CH_2OH，A 错误；B. $CH_3-C(CH_3)=CH_2$ 中只有 2 种 H 原子，B 错误；C. $CH_3CH_2CH_2COOH$ 中有 4 种 H 原子，个数比为 3∶2∶2∶1，C 正确；D. $CH_3-C_6H_4-CH_3$ 中有 2 种 H 原子，D 错误。

5. 为测定某有机化合物 A 的结构，进行如下实验。

第一步：分子式的确定

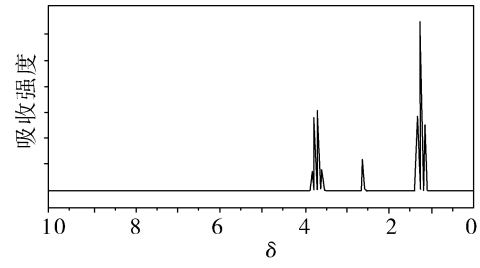
(1)将有机化合物 A 置于氧气流中充分燃烧，实验测得：生成 5.4 g H_2O 和 8.8 g CO_2，消耗氧气 6.72 L(标准状况下)，则该有机化合物中各元素的原子个数比是 $N(C):N(H):N(O)=2:6:1$ 。

(2)用质谱仪测定该有机化合物的相对分子质量为 46，则该物质的分子式是 C_2H_6O 。

(3)根据价键理论，预测 A 的可能结构并写出结构简式： CH_3CH_2OH、CH_3OCH_3 。

第二步：结构式的确定

(4)经测定，有机化合物 A 的核磁共振氢谱如图所示：



则 A 的结构简式为 CH_3CH_2OH 。

【解析】(1)有机化合物 A 中含有：$n(C)=n(CO_2)=\frac{8.8\ g}{44\ g\cdot mol^{-1}}=0.2\ mol$，$n(H)=2n(H_2O)=\frac{5.4\ g}{18\ g\cdot mol^{-1}}\times2=0.6\ mol$，$n(O)=2n(CO_2)+n(H_2O)-n(O_2)\times2=2\times0.2\ mol+0.3\ mol-2\times\frac{6.72\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}=0.1\ mol$，故 $N(C):N(H):N(O)=2:6:1$。

(2)由(1)可知有机化合物 A 的实验式为 C_2H_6O，结合其相对分子质量为 46 可知，该物质的分子式为 C_2H_6O。

(3)C_2H_6O 的结构简式可能为 CH_3CH_2OH 或 CH_3OCH_3。

(4)由于核磁共振氢谱中有 3 组峰，故分子中应有 3 种氢原子，则 A 的结构简式为 CH_3CH_2OH。

温馨提示：请自主完成课后作业(四)

课后作业·单独成册

三、知能拓展

重难突破

要点1 有机化合物的分类方法

1. 依据碳骨架分类

有机化合物
- 链状化合物：分子中碳原子之间的连接呈链状
- 环状化合物
  - 脂环化合物：不含苯环的环状化合物
  - 芳香族化合物：含有一个或多个苯环的环状化合物

［注意］ 芳香族化合物、芳香烃、苯的同系物三者之间的关系

(1)芳香族化合物：含有一个或多个苯环的环状化合物，如苯、溴苯、萘等。

(2)芳香烃：含有一个或多个苯环的烃类化合物(只含碳、氢两种元素)，如苯、甲苯、萘等。

(3)苯的同系物：苯环上的氢原子被烷基取代所得到的一系列产物，符合通式 C_nH_{2n-6} ($n\geqslant7$)，如甲苯、乙苯等。即苯的同系物属于芳香烃，芳香烃属于芳香族化合物。

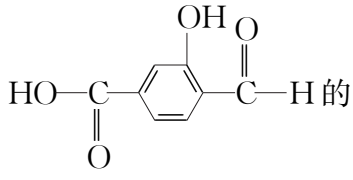
2. 依据官能团分类

官能团是决定有机化合物特性的原子或原子团。按官能团分类，有机物的主要类别有烷烃、烯烃、炔烃、卤代烃、醇、酚、醚、醛、酮、羧酸、酯、胺、酰胺等。

［注意］ 具有同一官能团的物质不一定是同一类有机物。如甲醇(CH_3OH)和苯酚(C_6H_5OH)虽都含有官能团羟基(—OH)，但二者属于不同类型的有机化合物；如乙醛(CH_3CHO)、甲酸($HCOOH$)、甲酸乙酯($HCOOCH_2CH_3$)均含有官能团醛基(—CHO)，但却分别属于醛、羧酸、酯。

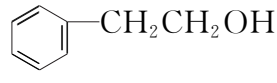
3. 具有多种官能团的复杂有机物

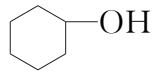
由于官能团具有各自的独立性，因此有机物在不同条件下的化学性质可分别从各官能团进行讨论。如结构为

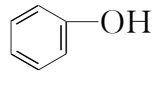


的有机物，具有三种官能团：酚羟基、羧基、醛基，所以该有机化合物具有酚、羧酸和醛的有关性质。

【例1】下列物质中既属于芳香族化合物又属于醇的是 ( )

A. 

B. 

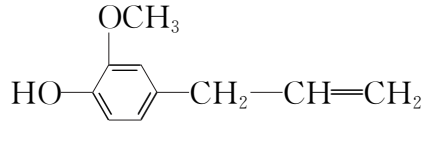
C. 

D. CH_3CH_2OH

【答案】A

【解析】含有苯环属于芳香族化合物，且羟基与苯环侧链相连得到的是醇，A正确；环己基与羟基直接相连得到的是醇，环己基是烃基，B错误；苯环与羟基直接相连得到的是酚，不是醇，C错误；分子式中不含苯环，不属于芳香族化合物，D错误。

【变式训练1】(双选)有机物丁香油酚的结构简式如下所示，按官能团分类，它不属于(AD)



A. 醇　B. 酚　C. 醚　D. 醛

【解析】丁香油酚分子中含有的官能团为

酚羟基、醚键、碳碳双键，按官能团分类，它属于酚类、醚类，不属于醇类、醛类，答案选 AD。

要点 2 有机化合物中碳原子的成键特点

碳原子有 4 个价电子，不易失去或获得电子而形成阳离子或阴离子，碳原子常通过共价键与 H、O、S 等原子形成共价化合物。

1. 有机物中碳碳之间的结合方式有单键、双键或三键。

2. 碳原子与碳原子之间可以结合成链状，也可以结合成环状。

【例 2】下列关于碳原子的成键特点及成键方式的理解中正确的是 ( )

A. 饱和碳原子不能发生化学反应

B. 碳原子只能与碳原子形成不饱和键

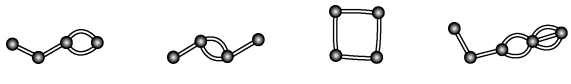
C. 具有六个碳原子的苯与环己烷的结构不同

D. 五个碳原子最多只能形成四个碳碳单键

【答案】C

【解析】不饱和碳原子比饱和碳原子活泼，但并不是饱和碳原子不能发生化学反应，如甲烷可以发生取代反应，A 错误；碳原子也可以与氧原子形成碳氧双键，与氮原子形成碳氮三键等，B 错误；苯环是平面结构，而环己烷中的六个碳原子为饱和碳原子，碳原子之间呈折线结构，不能共面，C 正确；五个碳原子可以成环，最多形成五个碳碳单键，D 错误。

【变式训练 2】下列为有机物中碳原子的连接方式，其中不可能的是 (D)



A B C D

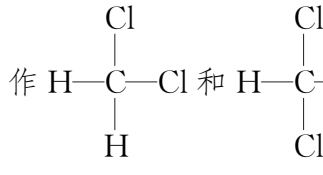
【解析】碳原子最外层有 4 个电子，故碳要达到稳定结构要形成 4 个共用电子对，即碳形成的化学键个数为 4，据此判断。A、B、C 选项中碳原子和碳原子形成的化学键都不超过 4 个，剩余价键与氢结合，D 中三键和双键中间的碳形成了 5 个共价键，违背了碳四价的原则，D 错误。

要点 3 关于同分异构体“四大”要点的深度剖析

1. 同分异构体的概念及其判断依据

(1)同分异构体概念的内涵有两点：一是“同分”，指分子式相同；二是“异构”，指结构不同。判断物质之间是不是互为同分异构体时，二者缺一不可。同分异构体概念的外延是化合物。化合物既包括有机化合物，也包括无机化合物。化合物只要分子式相同，结构不同，就互为同分异构体。如 H—O—C≡N 和 H—N═C═O、H—S—C≡N 和 H—N═C═S 等。

(2)判断依据：一看分子式是否相同，只有分子式相同，才有可能是同分异构体。二看结构是否不同，分两种情况：①属于同类物质但分子中原子的连接顺序不同；②分子式相同但不属于同类物质。

[注意] (1)同分异构体的分子式相同，因此其相对分子质量相同，但相对分子质量相同的化合物不一定是同分异构体。如 NO 和 C_2H_6。(2)同分异构体不仅存在于有机物与有机物之间，也存在于有机物与无机物之间。如尿素[$CO(NH_2)_2$，有机物]和 NH_4CNO(无机物)互为同分异构体。(3)二氯甲烷虽然可写作  和 ，但却是同种物质，不是同分异构体。

2. 同分异构体的类别

(1)碳架异构：碳骨架不同而产生的同分异构现象。如 C_5H_{12} 有三种同分异构体：正戊烷、异戊烷和新戊烷。

(2)位置异构：官能团的位置不同而产生

的同分异构现象。如氯丙烷有两种同分异构体:1-氯丙烷和2-氯丙烷。

(3)官能团异构:官能团不同而产生的同分异构现象。如:①单烯烃与环烷烃;②单炔烃和二烯烃、环烯烃;③饱和一元醇和醚;④饱和一元醛和酮;⑤饱和一元羧酸和饱和一元酯;⑥芳香醇、芳香醚和酚;⑦葡萄糖和果糖;⑧蔗糖和麦芽糖;⑨硝基化合物与氨基酸等。

3. 同分异构体的书写规律

(1)判定类别:根据有机物的分子组成判定其可能的异构类别,常根据通式判定。再按照碳架异构→位置异构→官能团异构的顺序书写同分异构体。

(2)确定碳链:常采用"减碳对称法"书写。可概括为"主链由长到短,支链由整到散,位置由心到边不到端,排列由对到邻间"。

(3)移动位置:一般是先写出不带官能团的烃的同分异构体,然后在各个碳链上依次移动官能团的位置。

(4)加氢"饱和":碳原子剩余的价键用氢原子去"饱和",最后即得到所有同分异构体的结构简式。

4. 同分异构体数目的判断方法

(1)基元法:如丁基有4种不同的结构,则丁醇有4种同分异构体。

(2)替代法(又称换元法):如二氯苯$C_6H_4Cl_2$有3种同分异构体,则四氯苯也有3种同分异构体(将H替代Cl);CH_4的一氯代物只有1种同分异构体,新戊烷$C(CH_3)_4$的一氯代物也只有1种同分异构体。

(3)对称法(又称等效氢法):①同一甲基上的氢原子是等效的;②同一碳原子上所连甲基上的氢原子是等效的;③处于镜面对称位置上的氢原子是等效的(相当于平面成像时,物与像的关系)。

(4)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。

【例3】分子式为$C_4H_{10}O$并能与金属钠反应放出氢气的有机化合物有 ( )

A. 3种 B. 4种 C. 5种 D. 6种

【答案】B

【解析】解题的思路是先确定类别,写出可能的碳链,再移动官能团的位置。与金属钠反应放出H_2,说明分子中含有—OH,可以先写出C_4H_{10}的两种同分异构体,然后再用—OH取代其中的一个氢原子。符合条件的同分异构体有

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$、$CH_3-\underset{}{\overset{OH}{\overset{|}{CH}}}-CH_2-CH_3$、

$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_2-OH$ 和 $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{OH}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$

4种。

【变式训练3】$C_3H_6Cl_2$的同分异构体有 (B)

A. 3种 B. 4种 C. 5种 D. 6种

【解析】分子式为$C_3H_6Cl_2$的有机物可以看作C_3H_8中的两个氢原子被两个氯原子取代,碳链上的3个碳中,两个氯原子取代一个碳上的氢原子,有两种可能的结构:$CH_3CH_2CHCl_2$、$CH_3CCl_2CH_3$;分别取代两个碳上的氢原子,有两种可能的结构:$CH_2ClCH_2CH_2Cl$,$CH_2ClCHClCH_3$。共有四种,答案为B。

要点4 确定有机物实验式及分子式的方法

1. 元素分析法确定实验式

元素定量分析常用的方法是燃烧法,因为有机物中通常含有碳元素和氢元素,在点燃条件下,二者可被氧化为二氧化碳和水,然后分别用无水$CaCl_2$吸收H_2O,用KOH浓溶液吸

收 CO_2，根据吸收前后质量的变化量，得到反应产生的 H_2O 和 CO_2 的质量，从而确定有机物中氢和碳的质量分数，然后计算出该有机物分子中所含元素原子最简单的整数比，即确定实验式。

2. 质谱法测定有机物的相对分子质量

质谱法的原理是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。这些离子因质量不同、电荷不同，在电场和磁场中的运动行为不同。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，即质荷比。以质荷比为横坐标，以各类离子的相对丰度为纵坐标记录测试结果，就得到有机化合物的质谱图。质谱图中质荷比最大的数据表示样品分子的相对分子质量。

3. 巧用方法确定有机物的分子式

(1)直接由相对分子质量用商余法确定烃的分子式：用烃的相对分子质量除以碳原子的相对原子质量 12，所得商的整数部分就是烃分子中所含碳原子数的最大值，余数则为所含氢原子数的最小值。

(2)根据特定条件确定有机物的分子式

①如混合烃的平均相对分子质量小于 26，则混合烃中一定含有甲烷(CH_4)；

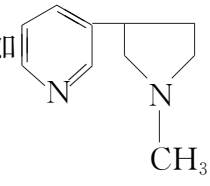
②常温下为气体的烃分子，其碳原子数小于等于 4，常温下烃的含氧衍生物中为气态的只有甲醛(HCHO)；

③气态烃或气态烃的混合物在温度高于 100 ℃时完全燃烧，若反应前后气体体积或压强保持不变，则烃分子或混合烃平均分子式中氢原子个数为 4。

(3)根据有机物结构简式、键线式或结构模型等确定分子式

①给出结构简式的，可以直接“合并”同种元素原子的数目，得其化学式。需要说明的一点是原子书写顺序要注意，一般按 C、H、O、N 等顺序排列。

②对于键线式或结构模型，一要注意折点处表示碳原子；二要注意各原子的价键数，如 C 为四价，如果键数不足，则需用氢原子“饱和”，折点两边的短线即为化学键；O 为二价、N 为三价，分析方法与上述碳原子连接情况相似。

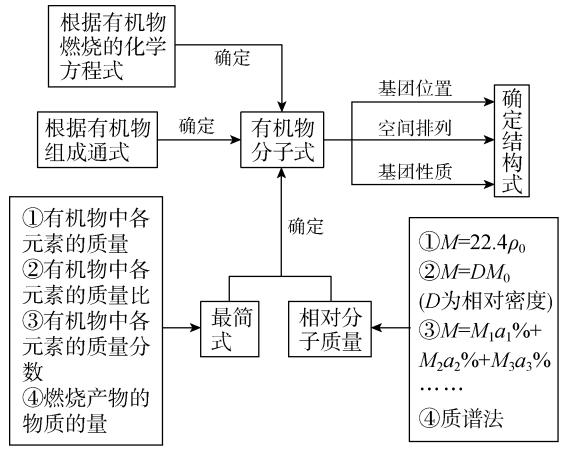
如  的分子式为 $C_{10}H_{14}N_2$。

(4)物质的量关系法：已知密度或其他条件→求摩尔质量→求 1 mol 分子中所含各元素原子的物质的量→求分子式。

(5)化学方程式法(代数法)：利用化学方程式及题干要求→列方程组→求解未知数值→求分子式。

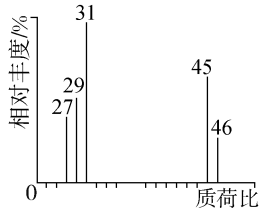
(6)通式法：依据题干要求或物质性质→确定类别及组成通式→相对分子质量→分子式。

4. 有机物化学式的确定的解题模板

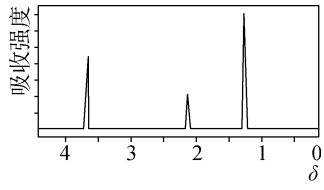


【例 4】为了测定某有机物 A 的结构，做如下实验：①将 2.3 g 该有机物完全燃烧，生成 0.1 mol CO_2 和 2.7 g H_2O；②用质谱仪测定其相对分子质量，得如图甲所示的质谱图；③用核磁共振仪处理该化合物，得如图乙所示图

谱，图中 3 组峰的面积之比是 1∶2∶3。试回答下列问题：



甲



乙

(1)有机物 A 的相对分子质量是_____。

(2)有机物 A 的实验式是_____。

(3)A 的分子式是_____。

(4)A 的结构简式为_____。

【答案】(1)46　(2)C_2H_6O　(3)C_2H_6O　(4)CH_3CH_2OH

【解析】(1)在 A 的质谱图中，最大质荷比为 46，所以其相对分子质量是 46。(2)2.3 g 该有机物中 $n(C)=n(CO_2)=0.1\ mol$，碳原子的质量为 $m(C)=0.1\ mol\times12\ g\cdot mol^{-1}=1.2\ g$，氢原子的物质的量为 $n(H)=2\times\frac{2.7\ g}{18\ g\cdot mol^{-1}}=0.3\ mol$，氢原子的质量为 $m(H)=0.3\ mol\times1\ g\cdot mol^{-1}=0.3\ g$，该有机物中 $m(O)=2.3\ g-1.2\ g-0.3\ g=0.8\ g$，氧原子的物质的量为 $n(O)=0.8\ g\div16\ g\cdot mol^{-1}=0.05\ mol$，则 $n(C):n(H):n(O)=0.1\ mol:0.3\ mol:0.05\ mol=2:6:1$，所以 A 的实验式是 C_2H_6O。(3)A 的相对分子质量为 46，所以实验式即为分子式。(4)A 有如下两种可能的结构：CH_3OCH_3 或 CH_3CH_2OH；若为前者，则核磁共振氢谱中只有 1 组峰；若为后者，则核磁共振氢谱中有 3 组峰，而且 3 组峰的面积之比是 1∶2∶3，显然 CH_3CH_2OH 符合题意，所以 A 为乙醇，结构简式为 CH_3CH_2OH。

【变式训练 4】某有机物的蒸气密度是相同条件下 CO_2 密度的 2 倍，取该有机物 22 g 完全燃烧后，得到 18 g 水和 22.4 L 二氧化碳(标准状况下)。该有机物的化学式为　(A)

A. $C_4H_8O_2$　　B. C_4H_8O

C. C_4H_8　　D. $C_4H_8O_3$

【解析】M(有机物)$=44\ g/mol\times2=88\ g/mol$，$\frac{22\ g}{88\ g/mol}$ 有机物燃烧 → $\frac{18\ g}{18\ g/mol}H_2O+\frac{22.4\ L}{22.4\ L/mol}CO_2$，则 1 mol 有机物燃烧→4 mol H_2O+4 mol CO_2，从而得出有机物的分子式为 $C_4H_8O_x$，则 $12\times4+1\times8+16x=88$，$x=2$。所以该有机物的分子式为 $C_4H_8O_2$。

拓展提升

1. 下列有关有机物的结构简式、键线式书写错误的是　(B)

A. 丙炔：$CH\equiv C—CH_3$

B. 丙烯：CH_2CHCH_3

C. 2-丁烯的结构简式为 $CH_3CH=CHCH_3$，其键线式为

D. 乙醇：CH_3CH_2OH

【解析】碳碳三键不能省略，丙炔为 $CH\equiv C—CH_3$，A 正确；碳碳双键不能省略，丙烯为 $CH_2=CHCH_3$，B 错误；$CH_3CH=CHCH_3$ 的键线式为 ，C 正确；乙醇的结构简式为 CH_3CH_2OH，D 正确。

2. 2-甲基丁烷发生一氯取代反应时，得到的一氯代物最多有　(C)

A. 2 种　　B. 3 种

C. 4 种　　D. 5 种

【解析】2-甲基丁烷的结构简式是 $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$，分子中有 4 种不同化学环境的氢原子，所以发生一氯取代反应时，得到的一氯代物最多有 4 种，选 C。

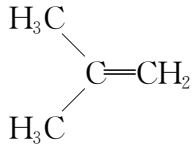
3. 我国药学家屠呦呦因研究青蒿素而荣获2015年诺贝尔生理学或医学奖。她在青蒿液中加入乙醚，经操作1得含青蒿素的乙醚和其他杂质的混合物，再经操作2得到含青蒿素的乙醚，最后经操作3得到青蒿粗产品。操作1、2、3相当于 （ C ）

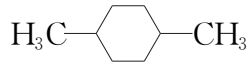
A. 过滤、结晶、蒸发　　B. 结晶、萃取、分液

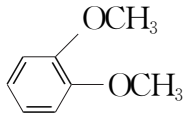
C. 萃取、分液、蒸馏　　D. 萃取、过滤、蒸馏

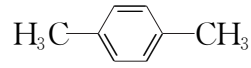
【解析】在青蒿液中加入乙醚，青蒿素在乙醚中溶解度大，经萃取得含青蒿素的乙醚和其他杂质的混合物，形成有机相和其他物质分层的现象，再经分液得到含青蒿素的乙醚，乙醚沸点低，最后经蒸馏得到青蒿粗产品。对应的操作1、操作2、操作3分别是萃取、分液、蒸馏，选C。

4. 在核磁共振氢谱中出现3组吸收峰，且峰面积比为3∶1∶1的化合物是 （ C ）

A. 

B. 

C. 

D. 

【解析】该物质分子中有2种氢原子，分别是左侧甲基上的氢和右侧双键上的氢，数量比为3∶1，A错误；该物质分子中有3种氢原子，分别是甲基上的氢和环上的氢，数量比为3∶1∶4，B错误；该物质分子中有3种氢原子，分别是取代基上的氢、取代基邻位的氢、取代基间位的氢，数量比为3∶1∶1，C正确；该物质分子中有2种氢原子，分别是取代基上的氢和苯环上的氢，数量比为3∶2，D错误。

温馨提示：请自主完成第一章达标测试

课后作业·单独成册

第二章 烃

一、课标导向

课标要求

1. 认识烷烃、烯烃、炔烃和芳香烃的组成和结构特点，比较这些有机化合物的组成、结构和性质的差异。

2. 了解烃类在日常生活、有机合成和化工生产中的重要作用。

3. 知道烷烃的命名。

4. 认识加成、取代反应的特点和规律，了解有机反应类型与有机化合物组成结构特点的关系。

知识网络

- 烷烃
  - 烷烃的结构和性质
    - 烷烃的代表物——甲烷
      - 甲烷的物理性质
      - 甲烷的化学性质
        - 甲烷在空气中燃烧的现象
        - 甲烷在光照条件下与氯气发生取代反应
    - 同系物
      - 结构相似
      - 分子组成上相差一个或若干个CH_2原子团
      - 同系物具有相似的化学性质
    - 烷烃熔、沸点的变化规律
  - 烷烃的命名
    - ①长——选最长碳链为主链
    - ②多——遇等长碳链时，支链最多为主链
    - ③近——从离支链最近一端开始编号
    - ④简——两取代基距离主链两端等距离时，从离简单取代基最近一端开始编号
    - ⑤小——支链编号之和最小

- 烯烃 炔烃
  - 烯烃
    - 烯烃的结构和性质
      - 烯烃的代表物——乙烯
        - 分子中的碳原子均采取sp^2杂化
        - 碳原子与氢原子之间均以单键(σ键)相连接
        - 碳原子与碳原子之间以双键(1个σ键和1个π键)相连接
        - 分子中的所有原子都位于同一平面
      - 烯烃的物理性质
      - 烯烃的化学性质
        - 加成反应
        - 氧化反应
        - 加聚反应
    - 烯烃的立体结构
      - 顺反异构
  - 炔烃
    - 炔烃的代表物——乙炔
      - 分子中的碳原子均采取sp杂化
      - 碳原子与氢原子之间均以单键(σ键)相连接
      - 碳原子与碳原子之间以三键(1个σ键和2个π键)相连接
      - 分子中的所有原子都在同一直线上
    - 乙炔的实验室制法
    - 乙炔的化学性质
      - 加成反应
      - 氧化反应
      - 加聚反应

- 芳香烃
  - 苯
    - 苯的结构
    - 苯的物理性质
    - 苯的化学性质
      - 取代反应
      - 加成反应
  - 苯的同系物
    - 苯的同系物的物理性质
    - 苯的同系物的化学性质
      - 取代反应
      - 加成反应
      - 氧化反应

二、精讲精练

第一节 烷烃

自主预习

知新导学

1. 烃和脂肪烃的概念

(1)烃：仅含碳和氢两种元素的有机化合物称为碳氢化合物，又称烃。

(2)脂肪烃：链状的烃，烷烃是一类饱和的脂肪烃。

2. 烷烃的结构

(1)几种简单烷烃的组成和结构

名称	结构简式	分子式	碳原子的杂化方式	分子中共价键的类型
甲烷	CH_4	CH_4	sp^3	σ键
乙烷	CH_3CH_3	C_2H_6	sp^3	σ键
丙烷	$CH_3CH_2CH_3$	C_3H_8	sp^3	σ键
正丁烷	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	C_4H_{10}	sp^3	σ键
正戊烷	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_5H_{12}	sp^3	σ键

(2)烷烃的结构与甲烷的相似，其分子中的碳原子都采取 sp^3 杂化，以伸向四面体4个顶点方向的 sp^3 杂化轨道与其他碳原子或氢原子结合，形成 σ 键。烷烃分子中的共价键全部是 单键 。

(3)同系物

① 结构相似、分子组成上相差一个或若干个 CH_2 原子团 的化合物互称为同系物。例如，甲烷、乙烷和丙烷互称为同系物。

②同系物可用通式表示，如链状烷烃的通式为 C_nH_{2n+2} 。

3. 烷烃的命名

(1)烃基

烃分子中去掉1个氢原子后剩余的基团称为烃基，如甲烷分子去掉1个氢原子是 甲 基($—CH_3$)，乙烷分子去掉1个氢原子是 乙 基($—CH_2CH_3$)。丙烷($CH_3CH_2CH_3$)分子中有两组处于不同化学环境的氢原子，因此丙基有两种不同的结构：$—CH_2CH_2CH_3$(正丙基)、$—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}—CH_3$(异丙基)。

(2)烷烃系统命名法的命名步骤

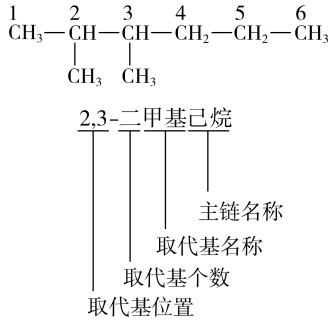
①选定分子中 最长 的碳链为主链，按主链中碳原子数目对应的烷烃称为“某烷”。连接在主链上的支链作为取代基，当出现两条或多条等长的碳链时，要选择连有取代基数目 多 的碳链为主链。

②选定主链中离取代基 最近 的一端为起点，用1，2，3等阿拉伯数字给主链上的碳原子编号定位，以确定取代基在主链中的位置。

③将取代基名称写在主链名称的前面，在取代基的前面用阿拉伯数字注明它在主链上所处的位置，并在数字和名称之间用 短线 隔开。

④如果主链上有相同的取代基，可以将取代基合并，用汉字数字表示取代基的个数(只有一个取代基时将取代基的个数省略)，表示位置的阿拉伯数字之间用 逗号 隔开。

例如，以下有机化合物的命名图示如下：



小试牛刀

1. 下列烷烃的一氯代物中没有同分异构体的是 (D)

A. 丙烷　　B. 丁烷

C. 异丁烷　　D. 新戊烷

2. 下列五种烃的沸点排列次序正确的是 (C)

①2－甲基丁烷　②2,2－二甲基丙烷

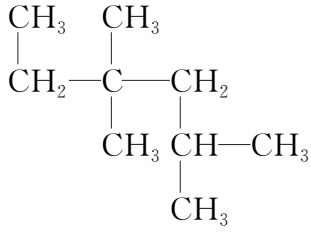
③戊烷　④丙烷　⑤丁烷

A. ①>②>③>④>⑤

B. ②>③>⑤>④>①

C. ③>①>②>⑤>④

D. ④>⑤>②>①>③

3. 有机化合物  的主链上所含碳原子数目为 (B)

A. 5　　B. 6　　C. 7　　D. 8

互动课堂

合作探究

探究 1　烷烃的性质(与甲烷的相似)

1. 最简单的烷烃——甲烷

纯净的甲烷是无色、无臭的气体，难溶于水，密度比空气的小。甲烷的化学性质比较稳定，常温下不能被酸性高锰酸钾溶液氧化，也不与强酸、强碱及溴的四氯化碳溶液反应。甲烷的主要化学性质表现为能在空气中燃烧(可燃性)和能在光照下与氯气发生取代反应。

2. 烷烃的物理性质

物理性质	变化规律
状态	常温下，烷烃碳原子数小于或等于4时呈气态，大于4时呈液态或固态(特例：新戊烷常温下为气态)
溶解性	不溶于水，易溶于有机溶剂
熔点和沸点	随着烷烃碳原子数的增加，烷烃的熔点和沸点逐渐升高；碳原子数相同的烷烃，取代基越多，熔点和沸点越低
密度	随着烷烃碳原子数的增加，烷烃的密度逐渐增大，但小于水的密度

3. 烷烃的化学性质

(1)稳定性：比较稳定，常温下不能被酸性高锰酸钾溶液氧化，也不与强酸、强碱及溴的四氯化碳溶液反应。

(2)取代反应——特征反应

烷烃可与卤素单质在光照下发生取代反应，如乙烷与氯气反应可生成一氯乙烷，化学方程式为 $CH_3CH_3+Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_3CH_2Cl+HCl$。

(3)氧化反应——可燃性

链状烷烃(C_nH_{2n+2})在空气中燃烧的化学方程式为 $C_nH_{2n+2}+\frac{3n+1}{2}O_2 \xrightarrow{点燃} nCO_2+(n+1)H_2O$。

【例 1】下列关于烷烃性质的叙述，错误的是 (　　)

A. 烷烃不能使酸性高锰酸钾溶液褪色

B. $C_{20}H_{42}$ 一定属于烷烃

C. 烷烃在水中的溶解度随着碳原子数的

增加而增大

D. 烷烃都能与 Cl_2 发生取代反应

【答案】C

【解析】烷烃分子中不存在不饱和键，不能使酸性高锰酸钾溶液褪色，故 A 正确；$C_{20}H_{42}$ 中 C、H 原子的个数关系符合烷烃的通式 C_nH_{2n+2}，故 B 正确；烷烃的熔、沸点随着碳原子数的增加而增大，但是烷烃都是不溶于水的有机物，故 C 错误；在光照条件下烷烃能够与氯气发生取代反应，所以烷烃都能与 Cl_2 发生取代反应，故 D 正确。

【变式训练 1】(双选)液化气的主要成分是丙烷，下列有关丙烷的叙述不正确的是(AB)

A. 丙烷是链状烷烃，所以分子中碳原子在同一直线上

B. 1 mol 丙烷和 1 mol Cl_2 发生取代反应的有机产物只有 $CH_3CH_2CH_2Cl$ 和 $CH_3CH(Cl)CH_3$

C. 丙烷比乙烷易液化

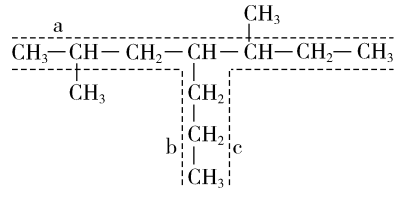
D. 1 mol 丙烷完全燃烧消耗 5 mol O_2

【解析】丙烷分子中碳原子为饱和碳原子，3 个碳原子构成锯齿状的链状结构，故 3 个碳原子不在同一直线上，A 不正确；丙烷与 Cl_2 发生取代反应是多步反应同时进行，因此 1 mol 丙烷与 1 mol Cl_2 发生取代反应的有机产物中不光有 $CH_3CH_2CH_2Cl$ 和 $CH_3CH(Cl)CH_3$，还有二氯代丙烷、三氯代丙烷等，B 不正确；丙烷比乙烷的碳原子数多，其沸点高于乙烷，即丙烷比乙烷易液化，C 正确；1 mol 丙烷完全燃烧消耗 5 mol O_2，D 正确。

探究 2 烷烃系统命名法的“三步骤”

1. 第一步——定主链：遵循“长”“多”原则

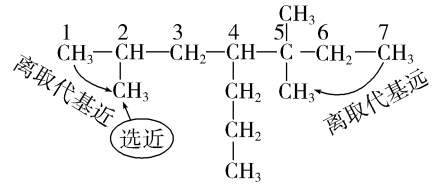
“长”，即主链必须是最长的；“多”，即同“长”时，选择含取代基数目多的碳链为主链。例如：



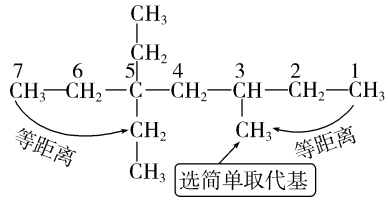
主链最长(7 个碳)时，选主链有 a、b、c 三种方式，其中，a 有 3 个取代基、b 有 2 个取代基、c 有 2 个取代基，所以方式 a 正确。

2. 第二步——编位号：遵循“近”“简”“小”原则

(1)“近”，即从离取代基最近的一端开始编号，定为 1 号位。例如：

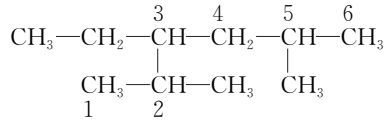


(2)“简”：若有两个取代基不同，且各自离两端等距离时，从离简单取代基最近一端开始编号，即基异、等距选简单。例如：

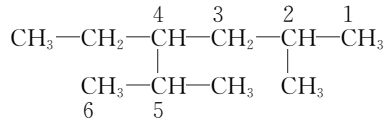


(3)“小”，即使取代基位号之和最“小”。若有两个取代基相同(等“简”)，且各自离两端的距离相等(等“近”)时，才考虑“小”。例如：

方式一：

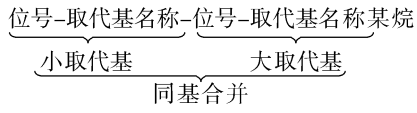


方式二：

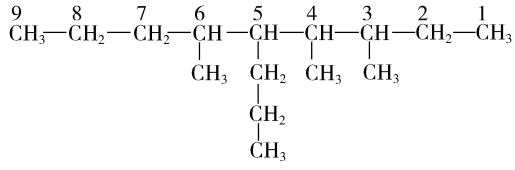


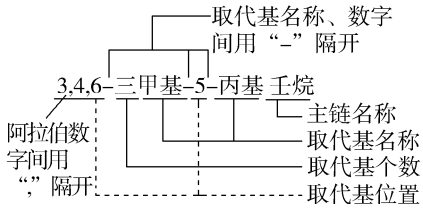
方式一的位号和为 2+5+3=10，方式二的位号和为 2+5+4=11，10<11，所以方式一正确。

3. 第三步——写名称：要按照如下格式

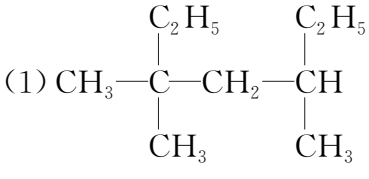


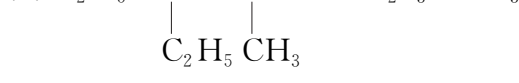
例如：





【例 2】按照系统命名法写出下列烷烃的名称：

(1)  _____。

(2) 

_____。

【答案】(1)3，3，5-三甲基庚烷　(2)4-甲基-3-乙基辛烷

【解析】按照系统命名法对烷烃进行命名时，首先选主链，称某烷；然后编碳号，定基位；最后再写名称。(1)中需注意有 2 个—C_2H_5，故其最长碳链含 7 个碳原子，据位次和最小原则应从左端开始编号。(2)中也应注意展开左端的—C_2H_5，确定主链含有 8 个碳原子，故为辛烷。

【变式训练 2】下列烷烃的命名中，正确的是　（ D ）

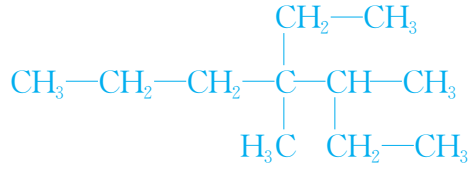
A. 4-甲基-4，5-二乙基己烷

B. 3-甲基-2，3-二乙基己烷

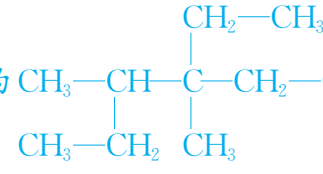
C. 4，5-二甲基-4-乙基庚烷

D. 3，4-二甲基-4-乙基庚烷

【解析】A 项按名称写出其结构简式为



，正确名称应为 3，4-二甲基-4-乙基庚烷；B 项按名称写出其结构简式为



，正确名称应为 3，4-二甲基-4-乙基庚烷，A、B 选项均选错主链。C 项和 D 项是同一烷烃，命名中主链的选择都正确，由于对主链碳原子编号时选择的起始端不同，所以出现两个名称，其中各位次和 3+4+4<4+5+4，故选项 D 中的命名正确。

随堂小练

1. 下列化学性质中，烷烃不具备的是　（ D ）

A. 一定条件下发生分解反应

B. 可以在空气中燃烧

C. 与 Cl_2 发生取代反应

D. 能使酸性高锰酸钾溶液褪色

【解析】烷烃可以发生分解反应、取代反应和燃烧。但是由于烷烃属于饱和烃，故它不能使酸性高锰酸钾溶液褪色。

2. 根据以下数据推断丙烷的沸点可能是（ A ）

物质	甲烷	乙烷	丁烷	戊烷
沸点/℃	−164	−89	−0.5	36

A. 约−40 ℃　　B. 低于−164 ℃

C. 低于−89 ℃　　D. 高于 36 ℃

【解析】烷烃的沸点随烷烃分子中碳原子数的增加而逐渐升高，则丙烷的沸点介于乙烷和丁烷之间。

3. （双选）在系统命名法中下列有机物名称的主链名称是丁烷的是（ CD ）

A. $(CH_3)_2CHCH_2CH_2CH_3$

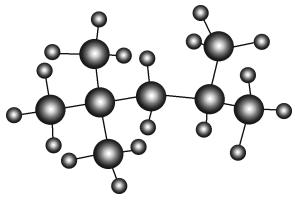
B. $(CH_3CH_2)_2CHCH_3$

C. $(CH_3)_2CHCH(CH_3)_2$

D. $(CH_3)_3CCH_2CH_3$

【解析】要求主链名称是丁烷，即分子中的最长碳链上有 4 个碳原子。A、B 分子中的最长碳链均为 5 个碳原子。

4. “辛烷值”用来表示汽油的质量，汽油中异辛烷的爆震程度最小，将其辛烷值标定为 100。如图是异辛烷的球棍模型，则异辛烷的系统命名为（ D ）



A. 1,1,3,3-四甲基丁烷

B. 2,2,4,4-四甲基丁烷

C. 2,4,4-三甲基戊烷

D. 2,2,4-三甲基戊烷

【解析】由异辛烷的球棍模型可知，其结构简式为 $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$，由系统命名法可知，D 正确。

5. 写出下列各链状烷烃的分子式。

(1)烷烃 A 在同温同压下蒸气的密度是氢气的 36 倍：C_5H_{12}。

(2)烷烃 B 的分子中含有 200 个氢原子：$C_{99}H_{200}$。

(3)1 L 烷烃 C 的蒸气完全燃烧时，生成同温同压下 15 L 水蒸气：$C_{14}H_{30}$。

(4)0.01 mol 烷烃 D 完全燃烧时，消耗标准状况下的氧气 2.464 L：C_7H_{16}。

【解析】(1)链状烷烃的通式为 C_nH_{2n+2}，$M_r=D\times M_r(H_2)=36\times2=72$，即烷烃 A 的分子式为 C_5H_{12}。

(2)据题意 $2n+2=200$，$n=99$，即烷烃 B 的分子式为 $C_{99}H_{200}$。

(3)据 H 原子守恒，1 mol C_nH_{2n+2}～15 mol H_2O，故 $n=14$，即烷烃 C 的分子式为 $C_{14}H_{30}$。

(4)由烷烃燃烧通式 1 mol C_nH_{2n+2}～$\frac{3n+1}{2}$ mol O_2 及 0.01 mol D 完全燃烧消耗标准状况下的 O_2 的物质的量为 $\frac{2.464\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}=0.11$ mol，可得 $\frac{3n+1}{2}=11$，解得 $n=7$，即烷烃 D 的分子式为 C_7H_{16}。

温馨提示：请自主完成课后作业(五)

第二节 烯烃 炔烃

自主预习

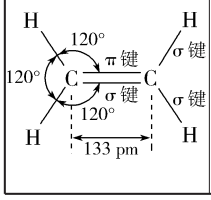
知新导学

1. 烯烃的结构

(1)官能团：碳碳双键。

(2)通式：烯烃只含有一个碳碳双键时，其通式一般表示为 C_nH_{2n} ($n\geqslant2$)。

(3)乙烯的结构

分子结构示意图	官能团	碳原子的杂化方式	分子的空间结构
	碳碳双键	sp^2	平面形，分子中的所有原子都位于同一平面

2. 烯烃的性质

(1)物理性质

①乙烯：无色、稍有气味的气体，难溶于水，密度比空气的略小。

②烯烃物理性质的递变规律

物理性质	递变规律
状态	碳原子数小于或等于 4 时，烯烃在常温下呈气态，其他的烯烃常温下呈液态或固态
溶解性	不溶于水，易溶于有机溶剂
沸点	随碳原子数的递增，沸点逐渐升高；碳原子数相同的烯烃，取代基越多，沸点越低
密度	随碳原子数的递增，密度逐渐增大；烯烃的密度小于水的密度

(2)化学性质

①氧化反应

a. 烯烃能使酸性高锰酸钾溶液褪色；

b. 可燃性：单烯烃燃烧的通式为 $C_nH_{2n}+\frac{3n}{2}O_2\xrightarrow{点燃}nCO_2+nH_2O$。

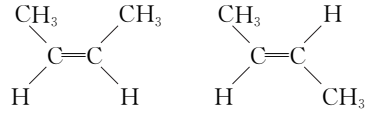
②加成反应(以乙烯为例)

与 Br_2 加成	$CH_2=CH_2+Br_2\longrightarrow CH_2BrCH_2Br$
与 H_2 加成	$CH_2=CH_2+H_2\xrightarrow[\triangle]{催化剂}CH_3CH_3$
与 HCl 加成	$CH_2=CH_2+HCl\xrightarrow[\triangle]{催化剂}CH_3CH_2Cl$
与 H_2O 加成	$CH_2=CH_2+H_2O\xrightarrow[加热、加压]{催化剂}CH_3CH_2OH$

③加聚反应

乙烯发生加聚反应的化学方程式为 $nCH_2=CH_2\xrightarrow{催化剂}\left[CH_2-CH_2\right]_n$。

3. 烯烃的立体异构

异构实例	 顺-2-丁烯　反-2-丁烯
产生原因	通过碳碳双键连接的原子或原子团不能绕键轴旋转会导致其空间排列方式不同，产生顺反异构现象
存在条件	每个双键碳原子都连接了两个不同的原子或原子团
异构分类	顺式结构：相同的原子或原子团位于双键同一侧 反式结构：相同的原子或原子团位于双键两侧
性质特点	化学性质基本相同，物理性质有一定的差异

4. 二烯烃的加成反应

分子中含有两个碳碳双键的烯烃叫做二烯烃，如 1,3-丁二烯。1,3-丁二烯与氯气发生加成反应，有以下两种方式：

(1)1,2-加成：$CH_2=CH-CH=CH_2+Cl_2\longrightarrow$ $CH_2(Cl)-CH(Cl)-CH=CH_2$ 。

(2)1,4-加成：$CH_2=CH-CH=CH_2+Cl_2\longrightarrow$ $CH_2(Cl)-CH=CH-CH_2(Cl)$ 。

5. 炔烃的结构及物理性质

炔烃的官能团是碳碳三键。炔烃分子中只含有一个碳碳三键时，其通式一般表示为 $C_nH_{2n-2}(n\geqslant 2)$ 。炔烃物理性质的递变与烷烃和烯烃的相似，沸点也随分子中碳原子数的递增而逐渐 升高 。

(1)乙炔的结构

结构式	官能团	碳原子的杂化方式	三键所含共价键类型	分子的空间结构
H—C≡C—H	碳碳三键	sp	1 个 σ 键和 2 个 π 键	直线形，分子中的所有原子都位于同一直线上

(2)乙炔的物理性质

无色、无臭的气体，密度比空气的小，微溶于水，易溶于有机溶剂。

小试牛刀

1. 下列各反应中，属于加成反应的是 (B)

A. $CH_4+2O_2\xrightarrow{点燃}CO_2+2H_2O$

B. $CH_2=CH_2+H_2O\xrightarrow[加热、加压]{催化剂}CH_3CH_2OH$

C. $CH_4+Cl_2\xrightarrow{光照}CH_3Cl+HCl$

D. $HCl+AgNO_3=AgCl\downarrow+HNO_3$

2. 制取一氯乙烷的最佳方法是 (D)

A. 乙烷和氯气发生取代反应

B. 乙烯和氯气发生加成反应

C. 乙烷和 HCl 作用

D. 乙烯和 HCl 发生加成反应

3. 下列关于炔烃的描述中，正确的是 (A)

A. 分子中含有碳碳三键的不饱和链烃叫炔烃

B. 炔烃分子中的所有碳原子都在同一条直线上

C. 炔烃易发生加成反应，也易发生取代反应

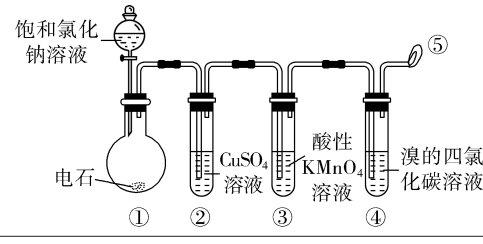
D. 炔烃可以使溴水褪色，但不能使酸性高锰酸钾溶液褪色

互动课堂

合作探究

探究 1 乙炔的化学性质

1. 实验探究

实验装置	
①中反应方程式	$CaC_2+2H_2O\longrightarrow Ca(OH)_2+CH\equiv CH\uparrow$（反应生成乙炔）
②中反应方程式	$CuSO_4+H_2S=CuS\downarrow+H_2SO_4$（除去硫化氢等杂质气体）
③中现象	溶液紫红色褪去(乙炔被酸性高锰酸钾溶液氧化)
④中现象	溶液橙色褪去(乙炔与溴发生加成反应)
⑤处现象	火焰明亮，并冒出浓烈黑烟
注意事项	(1)电石与水反应很剧烈，常用饱和氯化钠溶液代替水作反应试剂，以减小反应速率 (2)乙炔属于可燃性气体，点燃前要检验纯度，防止爆炸

2. 化学性质

(1)氧化反应

①能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色；

②能燃烧，化学方程式是 $2C_2H_2+5O_2 \xrightarrow{点燃} 4CO_2+2H_2O$。

(2)加成反应

与 Br_2 加成	$CH{\equiv}CH+Br_2 \longrightarrow CH(Br){=}CH(Br)$ 1,2-二溴乙烯 $CH(Br){=}CH(Br)+Br_2 \longrightarrow CH(Br)_2{-}CH(Br)_2$ 1,1,2,2-四溴乙烷
与 H_2 加成	$CH{\equiv}CH+H_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_2{=}CH_2$
与 HCl 加成	$CH{\equiv}CH+HCl \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_2{=}CHCl$
与 H_2O 加成	$CH{\equiv}CH+H_2O \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_3CHO$

(3)加聚反应

聚乙炔可用于制备导电高分子材料，由乙炔合成聚乙炔的化学方程式为 $nCH{\equiv}CH \xrightarrow{催化剂} [CH{=}CH]_n$。

【例 1】为探究乙炔与溴水的加成反应，甲同学设计并进行了如下实验：先取一定量工业用电石与水反应，将生成的气体通入溴水中，发现溶液褪色，即证明乙炔与溴水发生了加成反应。乙同学发现在甲同学的实验中，褪色后的溶液里有少许淡黄色浑浊，推测在制得的乙炔中还可能含有少量具有还原性的杂质气体，由此他提出必须先将其除去，再与溴水反应。

(1)写出甲同学实验中两个主要反应的化学方程式：_____、_____。

(2)甲同学设计的实验_____(填“能”或“不能”)验证乙炔与溴水发生加成反应，其理由是_____(多选)。

A. 使溴水褪色的反应，未必是加成反应

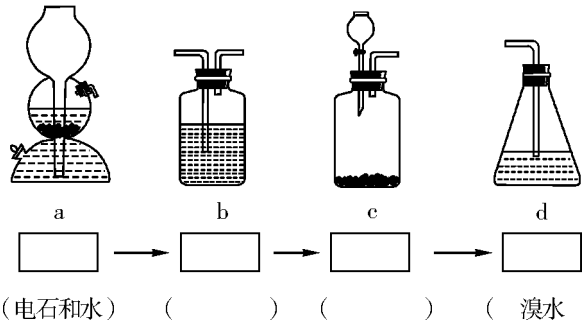
B. 使溴水褪色的反应，就是加成反应

C. 使溴水褪色的物质，未必是乙炔

D. 使溴水褪色的物质，就是乙炔

(3)乙同学推测此乙炔中必定含有的一种杂质气体是_____，它与溴水反应的化学方程式是_____，在验证过程中必须将其全部除去。

(4)请你选用下列四个装置(可重复使用)来实现乙同学的实验方案，将它们的编号填入方框，并写出装置内所放的化学药品。



(5)为验证这一反应是加成反应而不是取代反应，丙同学提出可用 pH 试纸来测试反应后溶液的酸性，理由是_____。

【答案】(1)$CaC_2+2H_2O \longrightarrow CH{\equiv}CH\uparrow+Ca(OH)_2$　$CH{\equiv}CH+Br_2 \longrightarrow CH(Br){=}CH(Br)$ [或 $CH{\equiv}CH+2Br_2 \longrightarrow CH(Br)_2CH(Br)_2$] (2)不能　AC　(3)$H_2S$　$Br_2+H_2S=S\downarrow+2HBr$　(4)c　b　b　d　$CuSO_4$ 溶液　$CuSO_4$ 溶液　(5)若发生取代反应，必定生成 HBr，溶液酸性将会明显增强

【解析】(1)本小题是按实验目的，写出实验原理的有关反应的化学方程式，只要基础扎实，很容易写出正确答案。(2)根据“乙同学发

现在甲同学的实验中，褪色后的溶液里有少许淡黄色浑浊，推测在制得的乙炔中还可能含有少量具有还原性的杂质气体”，可得出“使溴水褪色的物质，未必是乙炔；使溴水褪色的反应，未必是加成反应”的结论。故甲同学设计的实验不能证明乙炔与溴水发生了加成反应。(3)根据“褪色后的溶液里有少许淡黄色浑浊”，可推知该淡黄色物质是硫，说明乙炔气体中含有硫化氢杂质，所发生的化学反应是 $Br_2+H_2S=\!=\!=S\downarrow+2HBr$。产生硫化氢的原因是电石中含有硫化钙杂质，发生的反应是 $CaS+2H_2O=\!=\!=H_2S\uparrow+Ca(OH)_2$。(4)由于乙炔中含有硫化氢杂质，首先可利用 $CuSO_4$ 溶液除去 H_2S，然后再用 $CuSO_4$ 溶液检验 H_2S 有无除净，只有在无 H_2S 存在的情况下才可根据溴水的褪色来验证乙炔与溴水是发生了加成反应。(5)用 pH 试纸验证溶液的酸碱性，实际上暗示“若发生取代反应，必定生成 HBr”的结论，因此可用 pH 试纸检验溶液酸性有无明显增强，即可得出结论。

【变式训练 1】下列途径中，用乙炔为原料制取 $CH_2BrCHBrCl$，可行的反应途径是 （ D ）

A. 先加 Cl_2，再加 Br_2

B. 先加 Cl_2，再加 HBr

C. 先加 HCl，再加 HBr

D. 先加 HCl，再加 Br_2

【解析】$CH\equiv CH \xrightarrow{HCl} CH_2=\!=CHCl \xrightarrow{Br_2} CH_2BrCHBrCl$。

探究 2 烷烃、烯烃、炔烃的比较

类别	烷烃	烯烃	炔烃
通式	C_nH_{2n+2}（$n\geqslant1$，分子为链状时）	C_nH_{2n}（$n\geqslant2$，分子中只含一个碳碳双键时）	C_nH_{2n-2}（$n\geqslant2$，分子中只含一个碳碳三键时）

续表

类别	烷烃	烯烃	炔烃
代表物	CH_4	$CH_2=\!=CH_2$	$CH\equiv CH$
代表物的结构特点	全部是单键；饱和烃；四面体结构	不饱和烃；平面形分子，键角约为 120°	不饱和烃；直线形分子，键角为 180°
活动性	较稳定	较活泼	较活泼
取代反应	能与卤素单质发生取代反应	—	
加成反应	不能发生	能与 H_2、X_2、HX、H_2O、HCN 等发生加成反应（X 代表卤素原子）	
氧化反应	燃烧时，产生淡蓝色火焰	燃烧时，火焰明亮，有黑烟	燃烧时，火焰明亮，有浓烟
	不与酸性高锰酸钾溶液反应	能使酸性高锰酸钾溶液褪色	
加聚反应	不能发生	能发生	
鉴别	不能使溴水、酸性高锰酸钾溶液褪色	能使溴水、酸性高锰酸钾溶液褪色	

【例 2】下列有关乙炔性质的叙述中，既不同于乙烯又不同于乙烷的是 （ ）

A. 能燃烧生成二氧化碳和水

B. 能与溴水发生加成反应

C. 能与酸性 $KMnO_4$ 溶液发生氧化反应

D. 能与 HCl 反应生成氯乙烯

【答案】D

【解析】乙烷、乙烯、乙炔都能燃烧生成 CO_2 和 H_2O；乙炔、乙烯都能与溴水发生加成反应；乙烯、乙炔都能与酸性 $KMnO_4$ 溶液发生氧化反应；只有乙炔可与 HCl 反应生成氯乙烯。

【变式训练 2】乙烷、乙烯、乙炔共同具有的性质是 (A)

A. 难溶于水，且密度比水的小

B. 能使溴水和酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色

C. 分子中各原子都处在同一平面内

D. 能发生聚合反应生成高分子

【解析】乙烷不能使溴水和酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色；乙烷分子中各原子不可能处于同一平面上；乙烷不能发生聚合反应。

随堂小练

1. 下列关于烷烃与烯烃的性质及反应类型的对比中正确的是 (D)

A. 烷烃中碳原子只含有饱和键，烯烃中碳原子只含有不饱和键

B. 烷烃不能发生加成反应，烯烃不能发生取代反应

C. 烷烃的通式一定是 C_nH_{2n+2}，烯烃的通式一定是 C_nH_{2n}

D. 烷烃与烯烃相比，能发生加成反应的一定是烯烃

【解析】丙烯 $CH_2{=}CHCH_3$ 中碳原子也含饱和键，A 错；烯烃中的烷基中的氢原子也能发生取代反应，B 错；只有单烯烃的通式才是 C_nH_{2n}，C 错。

2. (双选)下列关于炔烃的叙述正确的是 (AD)

A. 1 mol 丙炔最多能与 2 mol Cl_2 发生加成反应

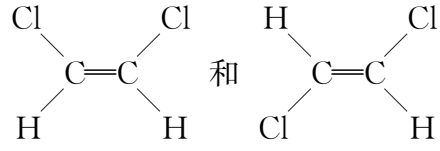
B. 炔烃的物理性质与烷烃完全相同

C. 乙炔与分子式为 C_4H_6 的烃一定互为同系物

D. 乙炔分子中含有极性键和非极性键

【解析】1 mol 丙炔最多能与 2 mol Cl_2 发生加成反应，故 A 项正确；炔烃的物理性质与烷烃和烯烃的相似，但不完全相同，故 B 项错误；分子式为 C_4H_6 的烃不一定是炔烃，也可能是二烯烃，故 C 项错误；乙炔分子中含有碳氢极性键和碳碳非极性键，故 D 项正确。

3. 已知乙烯为平面结构，因此 1,2-二氯乙烯可以形成两种不同的立体异构体：



。下列各物质中，能形成类似上述两种立体异构体的是 (C)

A. 1,1-二氯乙烯　　B. 丙烯

C. 2-丁烯　　D. 1-丁烯

【解析】分别写出四种物质的结构简式，双键碳原子上连有相同的原子或原子团的没有立体异构体。

4. 某烃与溴的四氯化碳溶液反应生成 $CHBr_2CBr_2CH_2CH_3$，则下列物质与该烃属于不同类别的同分异构体的是 (D)

A. $CH{\equiv}C{-}CH_2CH_3$

B. $CH_3C{\equiv}CH$

C. $CH_3CH_2CH{=}CH_2$

D. $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$

【解析】由生成的卤代烃的结构简式可知，生成该卤代烃的烃为 $CH{\equiv}CCH_2CH_3$，则与该烃属于不同类别的同分异构体不再是炔烃，可能是二烯烃，故选 D。

5. 区别 CH_4、C_2H_4、C_2H_2 的最简易的方法是 (D)

A. 分别通入溴水

B. 分别通入酸性高锰酸钾溶液

C. 分别通入盛碱石灰的干燥管

D. 分别在空气中点燃

【解析】3 种有机物燃烧时的现象分别为：产生淡蓝色火焰；火焰明亮，伴有黑烟；火焰明亮，伴有浓烟。故 D 正确。

6.(1)现有如下有机化合物：

①$CH_3—CH_3$　②$CH_2=CH_2$　③$CH_3CH_2C\equiv CH$

④C_2H_6　⑤$CH_3C\equiv CCH_3$　⑥$CH_3CH=CH_2$

其中一定互为同系物的是__②和⑥__，一定互为同分异构体的是__③和⑤__。(填序号)

(2)人造羊毛的主要成分是聚丙烯腈(丙烯腈：$CH_2=CH—CN$)，试写出以乙炔、HCN 为原料，经两步反应合成聚丙烯腈的化学方程式，并注明反应类型。

①$CH\equiv CH+HCN \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_2=CH—CN$，

反应类型为__加成反应__；

② $nCH_2=CH—CN \xrightarrow{催化剂} \left[CH_2—\underset{\underset{CN}{|}}{CH}\right]_n$，

反应类型为__加聚反应__。

【解析】(1)同系物指结构相似、分子组成上相差一个或若干个 CH_2 原子团的化合物，②和⑥具有相同的官能团 $>C=C<$，且分子结构中相差一个 CH_2 原子团，故互为同系物；③和⑤分子结构中都含有—C≡C—，分子式都是 C_4H_6，但—C≡C—在碳链中的位置不同，故互为同分异构体。

(2)由 CH≡CH 和 HCN 制取 $CH_2=CH—CN$ 需要通过加成反应：$CH\equiv CH+HCN \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_2=CH—CN$；由 $CH_2=CH—CN$ 制取 $\left[CH_2—\underset{\underset{CN}{|}}{CH}\right]_n$ 需要通过加聚反应：$nCH_2=CH—CN \xrightarrow{催化剂} \left[CH_2—\underset{\underset{CN}{|}}{CH}\right]_n$。

温馨提示：请自主完成课后作业(六)

课后作业·单独成册

第三节 芳香烃

自主预习

知新导学

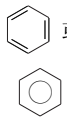
1. 芳香烃

分子里含有 一个或多个苯环 的烃类化合物。苯是最简单的芳香烃。

2. 苯的物理性质

苯是一种无色、有特殊气味的液体，有毒，不溶于水。苯易 挥发 ，熔、沸点较低，常温下密度 小于 水的密度。苯是一种重要的化工原料和有机溶剂。

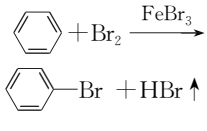
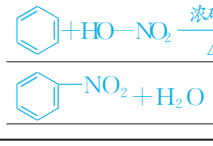
3. 苯的分子结构

分子式	结构简式	碳原子的杂化方式	共价键类型	分子的空间结构	碳碳键
C_6H_6	 或	sp^2	σ键和大π键	平面正六边形，键角均为 120° ，分子中所有原子都位于 同一平面内	键长相等，介于碳碳单键和碳碳双键之间

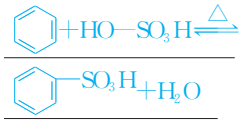
4. 苯的化学性质

(1)苯不能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化，也不与溴水反应，但能将溴从溴水中萃取出来。

(2)取代反应

	化学方程式	有机产物的性质
与 Br_2 反应		纯净的溴苯是一种无色液体，有特殊的气味， 不溶 于水，密度比水的 大
与浓硝酸反应（硝化反应）		纯净的硝基苯是一种无色液体，有苦杏仁气味， 不溶 于水，密度比水的 大

续表

	化学方程式	有机产物的性质
与浓硫酸反应（磺化反应）		苯磺酸 易溶 于水，是一种强酸

(3)加成反应

在以 Pt、Ni 等为催化剂并加热的条件下，苯能与氢气发生加成反应，生成环己烷，化学方程式为 。

(4)氧化反应

苯在空气中燃烧产生浓重的黑烟，化学方程式为 $2C_6H_6+15O_2 \xrightarrow{点燃} 12CO_2+6H_2O$ 。

5. 苯的同系物

(1)概念

苯环上的氢原子被烷基取代所得到的一系列产物称为苯的同系物，其通式为 $C_nH_{2n-6}(n\geqslant 7)$ 。

(2)物理性质

苯的同系物一般是具有类似苯的气味的无色液体， 不溶 于水，易溶于有机溶剂，密度比水的 小 。

(3)化学性质

苯的同系物都含有苯环和烷基，因此其化学性质与苯和烷烃有相似之处，能在一定条件下发生苯环上的溴代、硝化和催化加氢反应，也能发生烷基上的取代反应。由于苯环和烷基的相互作用，苯的同系物的化学性质与苯和烷烃又有所不同。

①苯环对烷基的影响

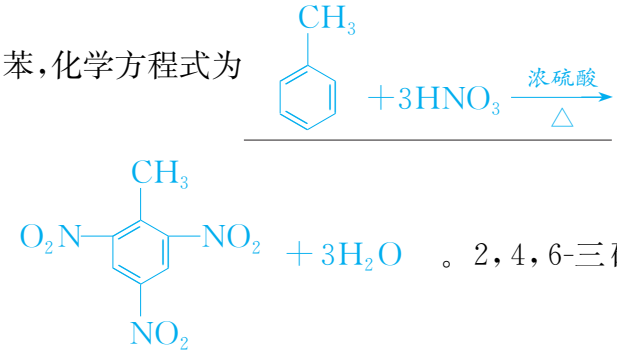
烷烃和苯均不能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧

化，而由于苯环使烷基活化，苯的某些同系物却能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化。

②烷基对苯环的影响

烷基使苯环上与烷基处于邻、对位的氢原子活化而易被取代。

例如：甲苯与浓硝酸和浓硫酸的混合物在加热条件下可以发生取代反应生成 2，4，6-三硝基甲苯，化学方程式为



。2，4，6-三硝基甲苯又叫梯恩梯（TNT），是一种 淡黄色 晶体，不溶于水。它是一种烈性炸药，广泛用于国防、采矿、筑路、水利建设等。

小试牛刀

1.（双选）下列关于苯的性质的叙述中，不正确的是 （ BD ）

A. 常温下苯是一种无色、有特殊气味的液体

B. 常温下苯不溶于水，密度比水的大

C. 苯在一定条件下可与溴发生取代反应

D. 苯不具有典型碳碳双键所具有的加成反应的性质，故不能发生加成反应

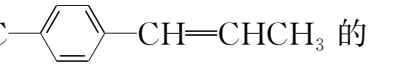
2. 下列说法中正确的是 （ D ）

A. 芳香烃的通式是 C_nH_{2n-6}（$n\geqslant6$）

B. 苯的同系物是分子中仅含有一个苯环的所有烃类化合物

C. 苯和甲苯都不能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色

D. 苯和甲苯都能在一定条件下与卤素单质、浓硝酸等发生取代反应

3. 下列关于 

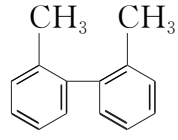
的说法正确的是 （ A ）

A. 可能所有碳原子都在同一平面上

B. 最多有 9 个碳原子在同一平面上

C. 只可能有 3 个碳原子在同一直线上

D. 可能有 7 个碳原子在同一直线上

4. 在分子 

中，位于同一平面内的碳原子最多有 （ D ）

A. 7 个　　B. 8 个

C. 9 个　　D. 14 个

互动课堂

合作探究

探究 1　烷烃、烯烃、炔烃和芳香烃的性质对比

类别	液溴	溴水	溴的四氯化碳溶液	酸性 $KMnO_4$ 溶液
烷烃	与溴蒸气在光照条件下发生取代反应	不反应，液态烷烃可萃取溴水中的溴而使溴水褪色	不反应，液态烷烃与之互溶，不能使其褪色	不反应
烯烃、炔烃	常温加成、褪色	常温加成、褪色	常温加成、褪色	氧化、褪色
苯	催化条件下可发生取代反应	不反应，发生萃取而使溴水褪色	不反应，互溶，不能使其褪色	不反应
苯的同系物	光照条件下发生侧链上的取代，催化条件下发生苯环上的取代	不反应，发生萃取而使溴水褪色	不反应，互溶，不能使其褪色	氧化、褪色（侧链上与苯环直接相连的碳原子上含有氢原子）

【例 1】下列各组有机化合物中，只需加入溴水就能一一鉴别的是 （ ）

A. 己烯、苯、四氯化碳

B. 苯、己炔、己烯

C. 己烷、苯、环己烷

D. 甲苯、己烷、己烯

【答案】A

【解析】己烯能使溴水褪色，苯、四氯化碳均能萃取溴水中的溴，苯的密度比水的小，油状液体在上层，四氯化碳的密度比水的大，油状液体在下层，A 正确；己炔、己烯均能使溴水褪色，B 错误；己烷、苯、环己烷均能萃取溴水中的溴，且三种物质的密度均比水的小，油状液体均在上层，C 错误；同理，甲苯和己烷也无法鉴别，D 错误。

【变式训练 1】要鉴别己烯中是否混有少量甲苯，正确的实验方法是 （ B ）

A. 先加足量酸性高锰酸钾溶液，然后再加入溴水

B. 先加足量溴水，然后再加入酸性高锰酸钾溶液

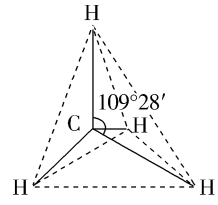
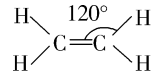
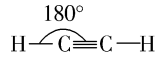
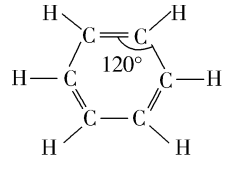
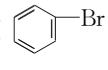
C. 点燃需鉴别的己烯，然后观察现象

D. 加入浓硫酸与浓硝酸后加热

【解析】己烯和甲苯都能使酸性高锰酸钾溶液褪色，A 项错误。先加溴水，己烯能与溴水发生加成反应变为饱和有机化合物，再加入酸性高锰酸钾溶液，如果褪色则证明混有甲苯，B 项正确。点燃两种液体，都有浓烟，C 项错误。加入浓硫酸与浓硝酸后加热，甲苯虽能反应，但甲苯少量，现象不明显，不宜采用，D 项错误。

探究 2 突破有机化合物分子中原子共面的判断

1. 明确四种典型模型

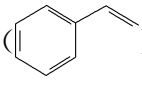
	甲烷分子中所有原子一定不共平面，最多有 3 个原子处在同一个平面上，若用其他原子代替其中的任何一个氢原子，所得有机化合物分子中所有原子一定不能共平面。如 CH_3Cl 分子中所有原子不在一个平面上
	乙烯分子中所有原子一定共平面，若用其他原子代替其中的任何一个氢原子，所得有机化合物分子中所有原子仍然共平面。如 $CH_2=CHCl$ 分子中所有原子共平面
	乙炔分子中所有原子一定共直线，若用其他原子代替其中的任何一个氢原子，所得有机化合物分子中所有原子仍然共直线。如 CH≡CCl 分子中所有原子共直线
	苯分子中所有原子一定共平面，若用其他原子代替其中的任何一个氢原子，所得有机化合物分子中所有原子仍然共平面。如溴苯（  ）分子中所有原子共平面

2. 把握三种组合

(1)直线结构与平面结构连接，则直线一定在这个平面上。

如苯乙炔（ ）分子中的所有原子共平面。

(2)平面结构与平面结构连接，如果两个平面结构通过单键相连，由于单键可绕键轴旋转，两个平面可能重合，也可能不重合。

如苯乙烯（  ）分子中共平面的原子最少有 12 个，最多有 16 个。

(3)平面结构与立体结构连接，如果甲基与平面结构通过单键相连，由于单键可绕键轴旋转，甲基上的一个氢原子可能处于这个平面上。

3. 注意题目要求

限制条件有“可能”“一定”“最多”“最少”“所有原子”“碳原子”等。如有机化合物 —CH═CH_2 分子中所有原子可能共平面，有机化合物 —CH_3 分子中所有碳原子一定共平面，而所有原子一定不共平面。

【例 2】下列化合物的分子中，所有原子可能共平面的是 （　　）

A. 甲苯　　B. 乙烷

C. 丙炔　　D. 1,3-丁二烯

【答案】D

【解析】甲苯中有甲基，根据甲烷的结构可知，甲苯分子中所有原子不可能在同一平面内，A 错误；乙烷相当于 2 个甲基连接而成，根据甲烷的结构可知，乙烷分子中所有原子不可能在同一平面内，B 错误；丙炔的结构简式为 $H_3C—C≡CH$ ，其中含有甲基，该分子中所有原子不可能在同一平面内，C 错误；1,3-丁二烯的结构简式为 $H_2C═CH—CH═CH_2$ ，根据乙烯的结构可知，该分子中所有原子可能在同一平面内，D 正确。

【变式训练 2】下列有机化合物的分子中，所有原子一定不在同一平面内的是 （ C ）

A. 乙烯

B. 苯乙烯（ —CH═CH_2 ）

C. 异戊烷

D. 氯乙烯(CH_2 ═CHCl)

【解析】根据乙烯和苯的分子结构可知，乙烯、氯乙烯分子结构中所有原子一定共平面，苯乙烯分子结构中的所有原子可能共平面；由甲烷的分子结构可知，异戊烷（ $CH_3—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}—CH_2CH_3$ ）分子中所有原子一定不在同一平面内。

随堂小练

1. 下列化合物中既能发生加成反应，又能发生取代反应，同时还能使溴水因反应而褪色，也能使酸性高锰酸钾溶液褪色的是 （ D ）

A. 　　B. C_6H_{14}

C. —CH_3　　D. —CH═CH_2

【解析】苯、己烷、甲苯都能萃取溴水中的溴而使溴水褪色，但是不能和溴水发生化学反应而使其褪色；苯和己烷都不能使酸性高锰酸钾溶液褪色，且己烷不能发生加成反应；四种有机物都能发生取代反应。只有 D 项符合题意。

2. 下列事实中，能说明苯与一般烯烃在性质上有很大差别的是 （ B ）

A. 苯能与纯溴发生取代反应

B. 苯不能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化

C. 1 mol 苯能与 3 mol H_2 发生加成反应

D. 苯能够燃烧，并产生浓烟

【解析】苯不与酸性 $KMnO_4$ 溶液反应，而烯烃能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化。

3. 在苯的同系物中加入少量酸性 $KMnO_4$ 溶液，振荡后褪色，正确的解释为 （ C ）

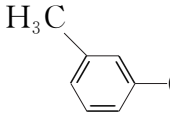
A. 苯的同系物分子中的碳原子数比苯分子中的碳原子数多

B. 苯环受侧链影响易被氧化

C. 侧链受苯环影响易被氧化

D. 苯环和侧链的相互影响使其均易被氧化

【解析】苯的同系物能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，是因为侧链受苯环的影响，使直接与苯环相连的烷基被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化成—COOH。

4. 下列关于  的说法正确的是 (A)

A. 分子中有 3 种杂化轨道类型的碳原子

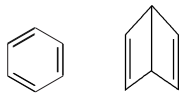
B. 分子中共平面的原子数目最多为 14

C. 分子中的苯环由单双键交替组成

D. 与 Cl_2 发生取代反应生成 2 种产物

【解析】该分子中甲基上的碳原子采取 sp^3 杂化、苯环上的碳原子采取 sp^2 杂化，碳碳三键上的碳原子采取 sp 杂化，A 项正确；该分子中有 17 个原子，共面原子数最多时，分子中甲基上的两个氢原子不在该平面内，B 项错误；苯环中的碳碳键是一种介于碳碳单键和碳碳双键之间的独特的化学键，C 项错误；该有机化合物分子中有 6 种不同化学环境的氢原子，与 Cl_2 发生取代反应生成的一氯代物就有 6 种，D 项错误。

5. 已知分子式为 C_6H_6 的物质有多种结构，其中 2 种如下：



Ⅰ　　Ⅱ

(1)这 2 种结构的区别表现在定性方面(即化学性质方面)：Ⅱ能__AB__(填字母)，而Ⅰ不能。

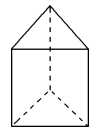
A. 被酸性高锰酸钾溶液氧化

B. 与溴水发生加成反应

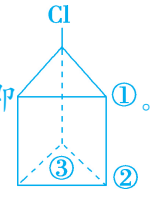
C. 与溴发生取代反应

D. 与氢气发生加成反应

(2)C_6H_6 还可能有另一种立体结构(如图所示)，该结构的二氯代物有__3__种。



【解析】(1)Ⅱ中存在碳碳双键，可被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化，也能与溴水发生加成反应，而苯中存在特殊的碳碳键，不能发生上述反应，故应选 AB。(2)固定一个氯原子的位置，移动另一个氯原子，另一个氯原子有 3 种位置，即



。

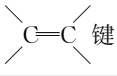
温馨提示：请自主完成课后作业(七)

课后作业 · 单独成册

三、知能拓展

重难突破

要点1 各类烃的结构特点、性质和常见的同分异构体

类别	烷烃	烯烃	炔烃	苯和苯的同系物
通式	C_nH_{2n+2}（$n\geqslant1$，分子为链状时）	C_nH_{2n}（$n\geqslant2$，分子中只含一个碳碳双键时）	C_nH_{2n-2}（$n\geqslant2$，分子中只含一个碳碳三键时）	C_nH_{2n-6}（$n\geqslant6$）
碳碳键结构特点	仅含C—C键	含有  键	含有—C≡C—键	含有苯环
主要化学反应	取代反应 氧化反应	加成反应 氧化反应	加成反应 氧化反应	取代反应 加成反应 氧化反应
代表物	CH_4	$CH_2=CH_2$	CH≡CH	C_6H_6
代表物的空间结构	正四面体形	平面形	直线形	平面形
物理性质	一般随分子中碳原子数的增多，熔、沸点升高，密度增大。碳原子数为1～4的烃，常温下是气态，不溶于水。液态烃的密度比水的小			简单的同系物常温下为液态，不溶于水，密度比水的小
同分异构体	碳链异构	碳链异构 位置异构	碳链异构 位置异构	侧链大小及相对位置产生的异构

［注意］(1)烷烃与苯和苯的同系物都能发生取代反应，但反应条件不同，前者为光照，后者为铁粉作催化剂(苯环上的取代)。

(2)苯不能使酸性高锰酸钾溶液褪色，但苯的同系物一般能被氧化而使酸性高锰酸钾溶液褪色。

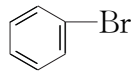
【例1】有四种无色液态物质：己烯、己烷、苯和甲苯。按要求回答下列问题。

(1)不能与溴水和酸性$KMnO_4$溶液反应，但在铁屑作用下能与液溴反应的是_____，生成物的名称是_____，反应的化学方程式为_____，此反应属于_____反应。

(2)不能与溴水和酸性$KMnO_4$溶液反应的是_____。

(3)能与溴水和酸性$KMnO_4$溶液反应的是_____。

(4)不能与溴水反应但能与酸性$KMnO_4$溶液反应的是_____。

【答案】(1)苯　溴苯　 $+Br_2\xrightarrow{FeBr_3}$  $+HBr\uparrow$　取代　(2)苯、己烷　(3)己烯　(4)甲苯

【解析】己烯、己烷、苯、甲苯四种物质中，既能和溴水反应，又能和酸性$KMnO_4$溶液反应的只有己烯；均不能反应的为己烷和苯；不能与溴水反应但能被酸性$KMnO_4$溶液氧化的是甲苯；在铁屑的作用下能与液溴发生取代反应生成溴苯的是苯。

【变式训练1】既可以用来鉴别甲烷和乙烯，又可以用来除去甲烷中混有的少量乙烯的操作方法是　(B)

A. 混合气体通过盛酸性高锰酸钾溶液的洗气瓶

B. 混合气体通过盛足量溴水的洗气瓶

C. 混合气体通过盛蒸馏水的洗气瓶

D. 混合气体跟适量氯化氢混合

【解析】高锰酸钾与乙烯发生氧化还原反应生成二氧化碳气体，引入新的杂质，故A错误；乙烯可与溴水发生加成反应，可鉴别并除去乙烯，故B正确；乙烯和甲烷都不溶于水，且常温常压下与水都不反应，故C错误；甲烷与

氯化氢不反应，乙烯在催化剂作用下与氯化氢反应，且引入杂质氯化氢，不能鉴别和除杂，故D错误。

要点2 烯烃的顺反异构

1. 并不是所有的烯烃都存在顺反异构，只有当双键两端的同一碳原子上连接不同的原子或原子团时，烯烃才存在顺反异构。

2. 烯烃存在顺反异构的条件：(1)分子中有不能自由旋转的碳碳双键。(2)双键两端的同一碳原子上不能连接相同的基团。如乙烯，因为每个碳原子都连有两个氢原子，所以乙烯没有顺反异构体。

【例2】下列物质中存在顺反异构体的是 ( )

A. 2-氯丙烯　　B. 丙烯

C. 2-丁烯　　D. 1-丁烯

【答案】C

【解析】2-氯丙烯的结构简式为$CH_2{=}CClCH_3$，有一个双键碳原子上连有两个氢原子，无顺反异构体，A错误；丙烯的结构简式为$CH_2{=}CHCH_3$，有一个双键碳原子上连有两个氢原子，无顺反异构体，B错误；2-丁烯的结构简式为$CH_3CH{=}CHCH_3$，每个双键碳原子上都连有一个氢原子和一个$-CH_3$，存在顺反异构体，C正确；1-丁烯的结构简式为$CH_3CH_2CH{=}CH_2$，有一个双键碳原子上连有两个氢原子，无顺反异构体，D错误。

【变式训练2】下列物质中不存在顺反异构体的是 (B)

A. 1,2-二氯丙烯　　B. 2-甲基-2-丁烯

C. 2-氯-2-丁烯　　D. 1,2-二氯乙烯

【解析】A. 1,2-二氯丙烯中每个双键碳原子上都连有不同的原子或原子团，存在顺反异构体，故A错误；B. 2-甲基-2-丁烯没有顺反异构体，因为它有一个双键碳原子上连了两个甲基，故B正确；C. 2-氯-2-丁烯的结构简式为$CH_3CH{=}CClCH_3$，它的每个双键碳原子上都连有不同的原子或原子团，存在顺反异构体，故C错误；D. 1,2-二氯乙烯的结构简式为$CHCl{=}CHCl$，它的每个双键碳原子上都连有两个不同的原子，存在顺反异构体，故D错误。

要点3 烃类燃烧的规律

1. 气态烃完全燃烧前后气体体积变化规律

烃完全燃烧的通式为$C_xH_y+\left(x+\frac{y}{4}\right)O_2 \xrightarrow{点燃} xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$。

(1)燃烧后温度高于100 ℃时，水为气态，$\Delta V=V_{后}-V_{前}=\frac{y}{4}-1$。

①$y=4$时，$\Delta V=0$，体积不变；

②$y>4$时，$\Delta V>0$，体积增大；

③$y<4$时，$\Delta V<0$，体积减小。

(2)燃烧后温度低于100 ℃时，水为液态，$\Delta V=V_{前}-V_{后}=1+\frac{y}{4}$，体积减小。

烃完全燃烧时，无论水是气态还是液态，燃烧前后气体体积变化都只与烃分子中的氢原子数有关，而与烃分子中碳原子数无关。

2. 烃完全燃烧时耗氧量规律

(1)等物质的量的烃(C_xH_y)完全燃烧时，其耗氧量的大小取决于$\left(x+\frac{y}{4}\right)$的值，其值越大，耗氧量越多。

(2)等质量的烃完全燃烧时，其耗氧量的大小取决于该烃分子中氢的质量分数，其值越大，耗氧量越多。

(3)最简式相同的烃，不论它们以何种比例混合，只要总质量一定，完全燃烧时所消耗的氧气为定值。

(4)脂肪烃完全燃烧时耗氧量比较

类别	通式	耗氧量	规律
链烷烃	C_nH_{2n+2}	$(3n+1)/2$	耗氧量成等差数列
单烯烃、环烷烃	C_nH_{2n}	$3n/2$	
单炔烃、二烯烃	C_nH_{2n-2}	$(3n-1)/2$	

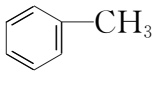
3. 烃完全燃烧时产物规律

$n(CO_2):n(H_2O)$	通式	类别
1∶1	C_nH_{2n}	单烯烃、环烷烃
>1∶1	C_nH_{2n-2} 或 C_nH_{2n-6}	单炔烃、二烯烃或苯及其同系物
<1∶1	C_nH_{2n+2}	链烷烃

(1)质量相同的烃，碳的质量分数越大，完全燃烧生成的 CO_2 越多。

(2)碳的质量分数相同的烃，只要总质量一定，以任意比混合，完全燃烧后，产生的 CO_2 的量总是一个定值。

4. 燃烧时火焰亮度与含碳量的关系比较规律

(1)含碳量越高，燃烧现象越明显，表现为火焰越明亮，黑烟越浓。如 C_2H_2、 、  $-CH_3$ 等燃烧时火焰明亮，并伴有大量浓烟。而含碳量越低，燃烧现象越不明显，无黑烟，如甲烷。C_2H_4 等单烯烃的燃烧现象则是火焰较明亮，并伴有少量黑烟。

(2)含碳原子较少的各类烃，燃烧时的现象是不同的，烷烃无黑烟产生，烯烃有少量黑烟产生，炔烃及芳香烃有浓烟产生。应用燃烧法来鉴别简单的烷烃、烯烃和炔烃是一种简单而有效的方法。

【例 3】两种气态烃以任意比例混合，在 105 ℃时，1 L 该混合烃与 9 L 氧气混合，充分燃烧后恢复到原状态，所得气体的体积仍是 10 L。下列各组混合烃中不符合此条件的是 ( )

A. CH_4、C_2H_4　　B. CH_4、C_3H_4

C. C_2H_4、C_3H_4　　D. C_2H_2、C_3H_6

【答案】D

【解析】105 ℃时，水为气态。设混合气体的平均分子式为 C_xH_y，燃烧的化学方程式为 $C_xH_y+\left(x+\frac{y}{4}\right)O_2 \xrightarrow{点燃} xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$，由题意知反应前后气体体积不变，所以 $1+\left(x+\frac{y}{4}\right)=x+\frac{y}{2}$，得 $y=4$，即两种气态烃以任意比例混合，氢原子数都为 4，所以每种烃分子中氢原子数一定是 4，仅 D 不符合。

【变式训练 3】某混合烃由两种气态烃组成，取 2.24 L 该混合烃燃烧后，得到 3.36 L CO_2 和 3.6 g H_2O。下列关于该混合烃的组成判断正确的是(气体体积均在标准状况下测定) (B)

A. 可能含甲烷

B. 可能是甲烷和丙炔的混合气体

C. 一定是甲烷和乙烯的混合气体

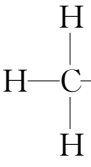
D. 一定含乙烷

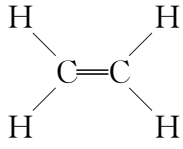
【解析】根据 $C_xH_y+\left(x+\frac{y}{4}\right)O_2 \xrightarrow{点燃} xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$，0.1 mol 烃燃烧生成 0.15 mol CO_2 和 0.2 mol H_2O，所以平均分子式为 $C_{1.5}H_4$，一种烃碳原子数小于 1.5，另一种烃碳原子数大于 1.5，一定有甲烷；根据平均氢原子数为 4，甲烷中氢原子数为 4，另一种烃氢原子

数也一定是 4，所以可能是甲烷和丙炔的混合气体，故 B 正确。

要点 4 巧妙分割，判断有机物分子中原子的共线和共面

1. 记住几种有机物分子的空间结构

(1)甲烷()，正四面体形结构，C 原子居于正四面体的中心，分子中的 5 个原子中没有任何 4 个原子处于同一平面内。

(2)乙烯()，平面形结构，分子中的 6 个原子处于同一平面内，键角约为 120°。

(3)乙炔(H—C≡C—H)，直线形结构，分子中的 4 个原子处于同一直线上。同一直线上的原子当然也处于同一平面内。

(4)苯( )，平面形结构，分子中的 12 个原子都处于同一平面内。

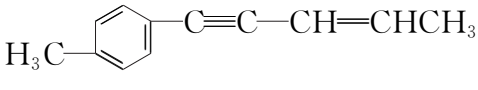
2. 巧妙分割，分片组合

(1)一点定面

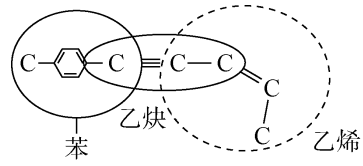
若在分子结构中有一个碳原子形成四个单键，则该分子中所有原子不可能共面。

(2)巧妙分割，分片组合

对有机物分子进行单元分割，必要时要兼顾分子对称性。如：下面分子中共面碳原子、共线碳原子最多各有几个？



由于苯环为平面正六边形结构，该有机物的碳架结构如下：



由上图可截取出 3 种分子的片段，由于单键可以旋转，再根据乙烯、乙炔、苯的分子结构，即确定共面碳原子最多有 12 个，共线碳原子最多有 6 个。

【例 4】某烃的结构简式如下，下列有关其结构的说法正确的是 ( )

A. 所有原子可能在同一平面上

B. 在同一平面上的原子最多有 14 个

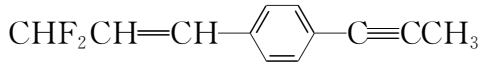
C. 所有碳原子不可能在同一平面上

D. 在同一平面上的碳原子可能有 11 个

【答案】D

【解析】A. 分子中含甲基，则所有原子不可能共面，故 A 错误；B. 苯环上 6 个碳原子和 5 个氢原子在一个平面上，碳碳三键上的碳原子、碳碳双键上的碳原子和氢原子可以在一个平面上，再加上最右面甲基上的一个碳原子和一个氢原子，一共最多有 19 个原子共面，故 B 错误；C. 苯环上 6 个碳原子在一个平面上，碳碳三键、碳碳双键上的碳原子可以在一个平面上，甲基上的一个碳原子在碳碳双键所在平面上，一共最多有 11 个碳原子共面，即所有碳原子可能共面，故 C 错误，D 正确。

【变式训练 4】某烃的结构简式如下，下列有关其结构的叙述中正确的是 (D)



①除苯环外的其余碳原子有可能都在一条直线上

②除苯环外的其余碳原子不可能都在一条直线上

③12 个碳原子不可能都在同一平面上

④12 个碳原子有可能都在同一平面上

A. ①②　B. ②③　C. ①③　D. ②④

【解析】乙烯是平面结构，不是直线结构，除苯环外的其余碳原子不可能都在一条直线上，故①错误，②正确；该烃分子中，苯环平面与碳碳双键形成的平面通过旋转碳碳单键可以处于同一平面，乙炔是直线形结构，所以最多有 12 个碳原子共面，故③错误，④正确。答案选 D。

拓展提升

1. 下列物质中，一氯代物的种类最多的是（ B ）

A. 正戊烷　B. 异戊烷

C. 邻二甲苯　D. 对二甲苯

【解析】A. 正戊烷 $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$ 中有 3 种氢原子，一氯代物有 3 种；B. 异戊烷 $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$ 中有 4 种氢原子，一氯代物有 4 种；C. 邻二甲苯的一氯代物有 3 种，分别为 2-甲基氯苯、2,3-二甲基氯苯、3,4-二甲基氯苯；D. 对二甲苯中苯环上、甲基上各有 1 种氢原子，一氯代物有 2 种。

2. 下列各组物质用酸性高锰酸钾溶液和溴水都能区别的是（ C ）

A. 苯和甲苯　B. 1-己烯和二甲苯

C. 苯和 1-己烯　D. 己烷和苯

【解析】被区别的两种物质，它们与酸性高锰酸钾溶液或溴水混合必有不同现象或者一个有现象，一个没有现象。A 中物质只能用酸性高锰酸钾溶液区别，甲苯因被氧化而使酸性高锰酸钾溶液褪色，而苯不能；加入溴水两者的现象都是溶液分层，上层颜色较深。B 项，分别向 1-己烯和二甲苯中加入酸性高锰酸钾溶液，溶液都褪色；1-己烯与 Br_2 反应而使溴水褪色，二甲苯中加入溴水，萃取后溶液分层，上层颜色较深。C 中 1-己烯能使酸性高锰酸钾溶液褪色，而苯不反应；1-己烯与 Br_2 反应使溴水褪色，苯与溴水发生萃取，上层颜色较深。D 中苯和己烷均不与酸性高锰酸钾溶液反应，与溴水都发生萃取，且都是上层颜色较深。

3. 总质量一定时，不论以任何比例混合，完全燃烧生成 CO_2 与 H_2O 的量为定值的是（ C ）

A. 和 C_2H_4　B. C_2H_4 和 C_3H_8

C. CH_2O 和 $C_2H_4O_2$　D. C_3H_8O 和 C_2H_6O

【解析】总质量一定，无论以任何比例混合，完全燃烧后生成的 CO_2 和 H_2O 的量都是恒定的，说明混合物中各组分碳的质量分数相等，氢的质量分数也相等，即碳、氢的个数比相同。 和 C_2H_4 的碳、氢个数比不相同，A 错误；C_2H_4 和 C_3H_8 的碳、氢个数比不相同，B 错误；CH_2O 和 $C_2H_4O_2$ 的碳、氢个数比都为 1∶2，C 正确；C_3H_8O 和 C_2H_6O 的碳、氢个数比不同，D 错误。

4. 下列有机物分子中，所有的原子不可能在同一平面上的是（ C ）

A. $CH_2=CH—C\equiv N$

B. $CH_2=CF—CF=CH_2$

C. $—CH_2—CH=CH_2$

D. $\left[CH=CH\right]_n$

【解析】A. $CH_2=CH—C\equiv N$ 相当于乙烯分子中的一个氢原子被 $—C\equiv N$ 取代，不改变原来的平面结构，$—C\equiv N$ 中两个原子在同一直线上，这两个平面可以是同一个平面，

所以该分子中所有原子可能在同一平面上，A 不合题意；$CH_2=CF-CF=CH_2$ 相当于 $CH_2=CHF$ 分子中的与 F 相连的 C 上的氢原子被 $-CF=CH_2$ 取代，通过旋转碳碳单键，两个碳碳双键形成的平面可能共面，所有原子可能处于同一平面，B 不合题意； $-CH_2-CH=CH_2$ 中间是 $-CH_2-$，所有原子不可能处于同一平面，C 符合题意；乙炔是直线形结构，聚乙炔所有的原子可能在同一平面上，D 不合题意。

5. (1)在下列物质中互为同系物的有 ⑦⑨ (填序号，下同)；

(2)互为同分异构体的有 ⑦⑧ ；

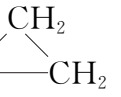
(3)互为同素异形体的有 ①③ ；

(4)属于同一物质的是 ⑤⑥ 。

①白磷　②$^{12}_{6}C$　③红磷　④$^{14}_{6}C$

⑤$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

⑥$CH_3-\underset{\underset{CH_2-CH_3}{|}}{CH}-CH_3$　⑦$CH_2=CH-CH_3$

⑧  　⑨$CH_2=CH_2$

⑩2-甲基-1,3-丁二烯

【解析】(1)同系物为结构相似，分子组成上相差一个或若干个 CH_2 原子团的有机物，⑦⑨互为同系物；(2)同分异构体为分子式相同，结构不同的有机物，⑦⑧互为同分异构体；(3)同素异形体为由同种元素组成的不同单质，①③互为同素异形体；(4)同一物质为分子式相同，结构也相同的物质，⑤⑥均为 2-甲基丁烷，为同一物质。

温馨提示：请自主完成第二章达标测试

课后作业·单独成册

第三章 烃的衍生物

一、课标导向

课标要求

1. 认识卤代烃、醇、酚、醛、酮、羧酸、酯的组成和结构特点、性质、转化关系及其在生产、生活中的重要应用。

2. 结合生产、生活实际，了解卤代烃、醇、酚、醛、酮、羧酸、酯、胺和酰胺对环境和健康可能产生的影响。

3. 认识卤代烃的取代反应、消去反应的特点和规律。

4. 认识醇的取代反应、消去反应及氧化反应的特点和规律。

5. 认识酚的取代反应和显色反应的特点和规律。

6. 认识醛的加成反应、氧化反应的特点和规律。

7. 认识酮的还原反应的特点和规律。

8. 认识羧酸的酯化反应的特点和规律。

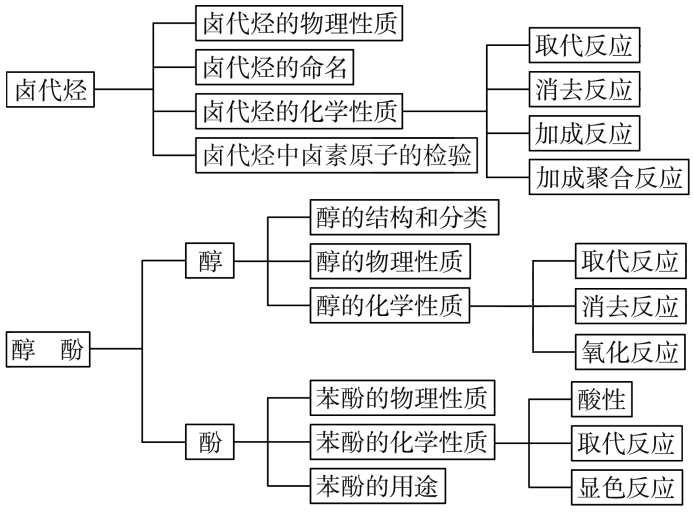
9. 知道胺和酰胺的结构特点及其应用。

10. 认识有机合成的关键是碳骨架的构建和官能团的转化。

11. 了解设计有机合成路线的一般方法。

12. 体会有机合成在创造新物质、提高人类生活质量及促进社会发展方面的重要贡献。

知识网络



- 醛　酮
  - 醛
    - 醛的结构
      - 饱和一元醛的通式：$C_nH_{2n+1}CHO$（或$C_nH_{2n}O$）
    - 醛的代表物——乙醛
    - 醛基的检验
    - 其他醛——甲醛、苯甲醛、肉桂醛等
  - 酮
    - 酮的结构
    - 酮的代表物——丙酮
    - 酮的用途

- 羧酸　羧酸衍生物
  - 羧酸
    - 羧酸的分类
    - 羧酸的物理性质
    - 羧酸的化学性质
      - 酸性
      - 酯化反应
  - 羧酸衍生物
    - 酯
      - 酯的结构
      - 酯的物理性质
      - 酯的化学性质——水解反应
    - 油脂
      - 油脂的结构
      - 油脂的分类
      - 油脂的化学性质
        - 水解反应
        - 油脂的氢化
    - 胺
      - 胺的结构
      - 胺的化学性质
      - 胺的用途
    - 酰胺
      - 酰胺的结构
      - 酰胺的化学性质
      - 酰胺的用途

- 有机合成
  - 有机合成的主要任务
    - 构建碳骨架
    - 引入官能团
  - 有机合成路线的设计与实施

二、精讲精练

第一节 卤代烃

自主预习

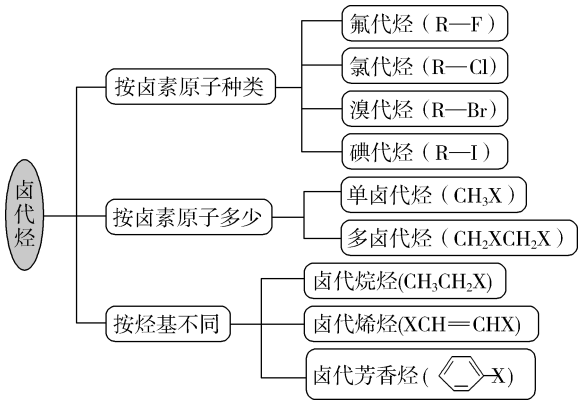
知新导学

1. 卤代烃的概念、分类、命名和物理性质

(1)概念

烃分子中的氢原子被 卤素原子 取代后生成的化合物称为卤代烃。

(2)分类



(3)命名

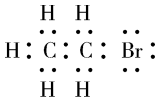
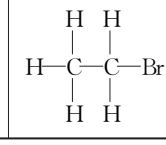
以相应的烃为母体，把卤素原子当作取代基。给主链上的碳原子编号时，从离卤素原子最 近 的一端开始编号，命名时一般要指出卤素原子的位置，即“取代基位置-取代基个数及名称-官能团位置-官能团个数及名称、主链名称”，如 $CH_3-\underset{}{\overset{CH_3}{CH}}-\overset{Cl}{CH}-CH_3$ 的名称为 3-甲基-2-氯丁烷 。如果是多卤代烃，用“二、三、四”等表示卤素原子的个数，如 CH_2ClCH_2Cl 的名称为 1,2-二氯乙烷。

(4)物理性质

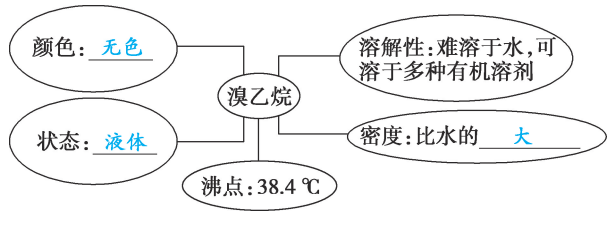
状态	常温下，大多数卤代烃为 液体 或 固体
溶解性	卤代烃 不 溶于水，可溶于有机溶剂
密度	高于相应的烃，一般随着烃基中碳原子数目的增加而 减小
沸点	高于相应的烃，一般随着烃基中碳原子数目的增加而 升高

2. 溴乙烷

(1)分子的组成与结构

分子式	电子式	结构式	结构简式	官能团
C_2H_5Br			CH_3CH_2Br 或 C_2H_5Br	—Br

(2)物理性质



(3)化学性质

①取代反应(水解反应)

反应条件	NaOH 水溶液、加热
反应方程式	$CH_3CH_2Br+NaOH \xrightarrow[\triangle]{水} CH_3CH_2OH+NaBr$
解释或结论	在卤代烃分子中，由于卤素原子的电负性比碳原子的大，使 C—X 的电子向卤素原子偏移，进而使碳原子带部分正电荷(δ+)，卤素原子带部分负电荷(δ−)，这样就形成一个极性较强的共价键：$C^{\delta+}—X^{\delta-}$，C—X 较易断裂，使卤素原子易被其他原子或原子团所取代

②消去反应

反应条件	强碱(如 NaOH)的乙醇溶液、加热
反应方程式	$CH_3CH_2Br + NaOH \xrightarrow[\triangle]{乙醇} CH_2=CH_2\uparrow + NaBr + H_2O$
概念	有机化合物在一定条件下,从一个分子中脱去一个或几个小分子(如 H_2O、HX 等),而生成含不饱和键的化合物的反应

3. 卤代烯烃

(1)四氟乙烯加成聚合生成聚四氟乙烯:$nCF_2=CF_2 \longrightarrow [CF_2-CF_2]_n$。

(2)氯乙烯加成聚合生成聚氯乙烯:$nCH_2=CHCl \longrightarrow [CH_2-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}]_n$。

4. 卤代烃对人类生活的影响

卤代烃
- 用途:用作制冷剂、灭火剂、有机溶剂、麻醉剂,合成有机化合物
- 危害:氟氯代烷——造成"臭氧空洞"的罪魁祸首

小试牛刀

1. 化学工作者从有机反应 $RH+Cl_2$(气)$\xrightarrow{光照}$RCl(液)+HCl(气)受到启发,提出的在农药和有机合成工业中可以获得副产品盐酸的设想已成为现实。从上述反应产物中分离得到盐酸的最佳方法是 (B)

A. 蒸馏法　　B. 水洗分液法

C. 升华法　　D. 有机溶剂萃取法

2. 下列卤代烃发生消去反应后,可以得到 2 种烯烃的是 (C)

A. 1-氯丁烷　　B. 氯乙烷

C. 2-氯丁烷　　D. 2-甲基-2-溴丙烷

3. 由 2-氯丙烷制得 $CH_2(OH)CH(OH)CH_3$ 需要经过的反应是 (B)

A. 加成→消去→取代

B. 消去→加成→水解

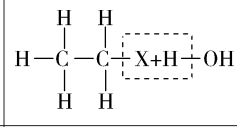
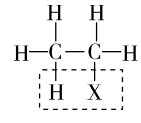
C. 取代→消去→加成

D. 消去→加成→消去

互动课堂

合作探究

探究 1 比较卤代烃的水解反应和消去反应

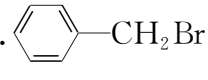
反应类型	水解反应(取代反应)	消去反应
反应条件	NaOH 水溶液、加热	NaOH 的乙醇溶液、加热
断键规律		
卤代烃的要求	含有—X 的卤代烃绝大多数都可以水解	(1)含两个以上碳原子,如 CH_3Br 不能发生消去反应 (2)与卤素原子相连碳原子的相邻碳原子上有氢原子,如 $(CH_3)_3CCH_2Br$ 不能发生消去反应,而 CH_3CH_2Cl 可以
反应特点	在碳原子上引入—OH,生成含—OH 的有机化合物(醇)	消去 HX,引入碳碳双键或碳碳三键

【例 1】下列有机化合物在一定条件下,既能发生消去反应,又能发生水解反应的是 (　　)

A. CH_3Cl

B. $CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

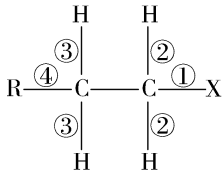
C. $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2Cl$

D. 

【答案】B

【解析】A 项中只有一个碳原子，C、D 两项中与卤素原子相连的碳原子的相邻碳原子上没有氢原子，所以 A、C、D 项均不能发生消去反应。

【变式训练 1】(双选)某卤代烃中的化学键如图所示，则下列说法正确的是 (CD)



A. 当该卤代烃发生水解反应时，被破坏的键是①和②

B. 当该卤代烃发生消去反应时，被破坏的键是①和④

C. 当该卤代烃发生水解反应时，被破坏的键是①

D. 当该卤代烃发生消去反应时，被破坏的键是①和③

【解析】卤代烃的水解反应实质上就是取代反应，反应中—X 被—OH 取代，所以被破坏的键只有①；卤代烃的消去反应是相邻的两个碳原子上的一个—X 和一个—H 一同被脱去，而生成不饱和烃和卤化氢的反应，被破坏的键应该是①和③。

探究 2 卤代烃中卤素原子的检验方法

$$R—X \xrightarrow[\triangle]{\text{NaOH 水溶液}} \xrightarrow[\text{(中和过量的 NaOH)}]{\text{稀硝酸酸化}} R—OH、NaX$$

$$\xrightarrow{\text{加 } AgNO_3 \text{ 溶液}} \begin{cases} \text{若产生白色沉淀，卤素原子为氯原子} \\ \text{若产生浅黄色沉淀，卤素原子为溴原子} \\ \text{若产生黄色沉淀，卤素原子为碘原子} \end{cases}$$

【例 2】欲证明某单卤代烃为溴代烃，甲、乙两同学设计了如下方案。甲同学：取少量卤代烃，加入 NaOH 水溶液，加热，冷却后加入 $AgNO_3$ 溶液，若有淡黄色沉淀生成，则为溴代烃。乙同学：取少量卤代烃，加入 NaOH 的乙醇溶液，加热，冷却后用稀硝酸酸化，加入 $AgNO_3$ 溶液，若有淡黄色沉淀生成，则为溴代烃。关于甲、乙两位同学的实验方案下列评价正确的是 ( )

A. 甲同学的方案可行

B. 乙同学的方案可行

C. 甲、乙两位同学的方案都有局限性

D. 甲、乙两位同学的实验所涉及的卤代烃的性质一样

【答案】C

【解析】甲同学的实验中卤代烃发生水解，在加热、冷却后没有用稀硝酸酸化；乙同学是利用消去反应使卤代烃中的卤素原子变成离子，但并不是所有的卤代烃都能发生消去反应，所以甲、乙两位同学的方案都有局限性。

【变式训练 2】为了检验溴乙烷中含有溴元素，有以下操作，其顺序合理的是 (C)

①加 $AgNO_3$ 溶液 ②加 NaOH 水溶液 ③加热 ④加蒸馏水 ⑤加稀硝酸至溶液显酸性

A. ②①③⑤ B. ②④⑤③

C. ②③⑤① D. ②①⑤③

【解析】溴乙烷中的溴元素不是以离子形式存在，因此，不能与 $AgNO_3$ 溶液直接反应，必须使之变为溴离子。由题意可知，应通过溴乙烷在 NaOH 水溶液中水解得到溴离子，但反应后溶液显碱性，不能直接加入 $AgNO_3$ 溶液检验，否则 Ag^+ 与 OH^- 反应得到 AgOH 白色沉淀，AgOH 再分解为 Ag_2O 褐色沉淀，影响溴元素的检验，故需加入足量稀硝酸使溶液变为酸性，再加入 $AgNO_3$ 溶液检验。

随堂小练

1. 下列关于化学药品的说法错误的是 （ D ）

A. CH_3CH_2OH 能与水互溶

B. NaClO 通过氧化可灭活病毒

C. 过氧乙酸(CH_3COOOH)的相对分子质量为 76

D. 氯仿的化学名称是四氯化碳

【解析】乙醇易溶于水，能与水以任意比例互溶，A 项正确；次氯酸钠具有强氧化性，能通过氧化灭活病毒，B 项正确；由过氧乙酸的结构简式(CH_3COOOH)可知其相对分子质量为 76，C 项正确；氯仿的化学式为 $CHCl_3$，化学名称是三氯甲烷，D 项错误。

2. 下列关于卤代烃的叙述正确的是 （ A ）

A. 卤代烃分子中都含有卤素原子

B. 卤代烃都是难溶于水、密度比水的小的液体

C. 卤代烃都是通过取代反应制得的

D. 卤代烃在适当条件下都能发生消去反应

【解析】某些卤代烃是气体，且有的卤代烃密度比水的大，故 B 错误；某些卤代烃可以通过加成反应制得，故 C 错误；某些卤代烃不能发生消去反应，如 CH_3Cl，故 D 错误。

3. (双选)下列关于卤代烃的叙述错误的是 （ BD ）

A. 随着碳原子数的增多，一氯代烃的沸点逐渐升高

B. 随着碳原子数的增多，一氯代烃的密度逐渐增大

C. 等碳原子数的一氯代烃，支链越多，沸点越低

D. 等碳原子数的单卤代烃，卤素的原子序数越大，沸点越低

【解析】随着碳原子数的增多，一氯代烃的沸点逐渐升高，A 项正确；随着碳原子数的增多，一氯代烃的密度逐渐减小，B 项错误；等碳原子数的一氯代烃，支链越多，分子间距离越大，分子间作用力越小，沸点越低，C 项正确；等碳原子数的单卤代烃，卤素的原子序数越大，分子间作用力越大，沸点越高，D 项错误。

4. 下列反应中属于水解反应的是 （ C ）

A. $CH_4+Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_3Cl+HCl$

B. $CH{\equiv}CH+HCl \longrightarrow CH_2{=}CHCl$

C. $CH_3CH_2Br+NaOH \xrightarrow[\triangle]{水} CH_3CH_2OH+NaBr$

D. $CH_3CH_2Br+NaOH \xrightarrow[\triangle]{乙醇} CH_2{=}CH_2\uparrow+NaBr+H_2O$

【解析】A 项的反应为取代反应；B 项的反应为加成反应；C 项是 CH_3CH_2Br 在 NaOH 水溶液中的水解反应，也是取代反应的一种；D 项的反应为消去反应。

5. 卤代烃在生产、生活中具有广泛的应用。请回答下列问题：

(1)多氯代甲烷作为溶剂，其中分子结构为正四面体的是 四氯化碳 (填名称)。工业上分离这些多氯代甲烷的方法是 分馏 。

(2)三氟氯溴乙烷($CF_3CHClBr$)是一种麻醉剂，写出其所有同分异构体的结构简式：$CF_2BrCHFCl$、$CF_2ClCHFBr$、$CFClBrCHF_2$ (不考虑立体异构)。

(3)聚氯乙烯是生活中常见的塑料。工业生产聚氯乙烯的一种工艺路线如下：

乙烯 $\xrightarrow[①]{Cl_2}$ 1,2-二氯乙烷 $\xrightarrow[②]{480\sim530\ ℃}$ 氯乙烯 $\xrightarrow[③]{聚合}$ 聚氯乙烯

反应①的化学方程式为 $CH_2{=}CH_2+Cl_2$

$\longrightarrow CH_2ClCH_2Cl$，反应①的类型为 加成反应 ；反应②的类型为 消去反应 。

【解析】(1)甲烷是正四面体结构，若分子中的四个氢原子全部被氯原子取代得到 CCl_4，还是由极性键构成的非极性分子。由于这些多氯代甲烷的沸点不同，因此可采取分馏的方法分离。(2)三氟氯溴乙烷($CF_3CHClBr$)所有同分异构体的结构简式是 $CF_2BrCHFCl$、$CF_2ClCHFBr$、$CFClBrCHF_2$。(3)乙烯与氯气发生加成反应得到1,2-二氯乙烷；反应①的化学方程式是 $CH_2{=}CH_2+Cl_2 \longrightarrow CH_2ClCH_2Cl$。1,2-二氯乙烷在480～530 ℃条件下发生消去反应得到氯乙烯($CH_2{=}CHCl$)，氯乙烯发生加聚反应得到聚氯乙烯。

温馨提示：请自主完成课后作业(八)

课后作业·单独成册

第二节 醇 酚

第1课时 醇

自主预习

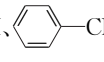
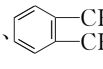
知新导学

1. 醇、酚的概念

羟基与 饱和碳原子 相连的化合物称为醇，羟基与 苯环 直接相连而形成的化合物称为酚，它们的官能团都是 —OH 。

2. 醇

(1)分类

醇
- 按羟基数目
  - 一元醇（如 CH_3CH_2OH、  —CH_2CH_2OH）
  - 二元醇（如 CH_2OHCH_2OH、  —CH_2OH / —CH_2OH）
  - 多元醇（如 $CH_2OHCHOHCH_2OH$）
- 按烃基是否饱和
  - 饱和醇（如 CH_3OH、CH_2OHCH_2OH）
  - 不饱和醇（如 $CH_2=CH—CH_2OH$）

其中饱和一元醇的通式为 $C_nH_{2n+1}OH$ $(n\geqslant1)$ ，可简写为 R—OH。

(2)几种常见的醇

名称	甲醇	乙二醇	丙三醇（俗称甘油）
结构简式	CH_3OH	CH_2OH | CH_2OH	CH_2OH | $CHOH$ | CH_2OH
物理性质	无色、具有挥发性的液体；易溶于水；沸点(65 ℃)较低；有毒，误服会损伤视神经，甚至致人死亡	无色、黏稠的液体，易溶于水和乙醇	

(3)物理性质

①沸点

a. 相对分子质量相近的醇和烷烃相比，醇的沸点远远 高于 烷烃的沸点；

b. 饱和一元醇随分子中碳原子数的增加，沸点逐渐 升高 ；

c. 碳原子数目相同，羟基的个数越多，沸点 越高 。

②溶解性

醇在水中的溶解度一般随分子中碳原子数的增加而 降低 。甲醇、乙醇和丙醇均可与水互溶，这是因为醇分子与水分子之间形成了 氢键 。

(4)醇的系统命名法

①一般步骤

- 选主链：选择含有与羟基相连的碳原子的最长碳链为主链，根据碳原子数目称某醇
- 编碳号：从离羟基最近的一端给主链碳原子依次编号
- 标位置：醇的名称前面要用阿拉伯数字标出羟基的位置；羟基的个数用“二”“三”等标出

如 $CH_3—\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}—\underset{\underset{OH}{|}}{CH}—CH_3$ 用系统命名法命名为 3-甲基-2-戊醇。

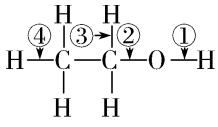
②注意事项

a. 主链应选择含有与—OH 相连的碳原子的最长的碳链，但不一定是分子中最长的碳链；

b. 有多个羟基的醇，应标明二醇、三醇……在其前面标明主链碳原子的数目，如乙二醇、丙三醇，不能写作二乙醇、三丙醇。

3. 乙醇的化学性质

醇的化学性质主要由 羟基 官能团所决定。在醇分子中，由于氧原子吸引电子的能力比氢原子和碳原子的强，使 O—H 和 C—O 的电子都向氧原子偏移，导致 O—H 和 C—O 易断裂，从而发生 取代 反应或 消去 反应。乙醇的结构式如下：



乙醇的化学反应	断键序号	化学方程式
乙醇与钠反应（置换反应）	①	$2CH_3CH_2OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3CH_2ONa + H_2\uparrow$
乙醇与浓氢溴酸反应（取代反应）	②	$C_2H_5OH + HBr \xrightarrow{\triangle} C_2H_5Br + H_2O$
乙醇与浓硫酸共热到 170 ℃（消去反应）	②④	$CH_3CH_2OH \xrightarrow[170\ ℃]{浓硫酸} CH_2{=}CH_2\uparrow + H_2O$
乙醇与浓硫酸共热到 140 ℃（取代反应）	①或②	$C_2H_5OH + C_2H_5OH \xrightarrow[140\ ℃]{浓硫酸} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$
乙醇的催化氧化	①③	$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{Cu/Ag} 2CH_3CHO + 2H_2O$
乙醇燃烧	全断	$CH_3CH_2OH + 3O_2 \xrightarrow{点燃} 2CO_2 + 3H_2O$

4. 以乙醚为代表的醚

(1)乙醚的物理性质：乙醚是一种无色、易挥发的液体，沸点为 34.5 ℃，有特殊气味，具有麻醉作用。乙醚易溶于有机溶剂，它本身是一种优良溶剂，能溶解多种有机化合物。

(2)醚的概念与结构：像乙醚这样由两个烃基通过一个氧原子连接起来的化合物叫做醚。醚的结构可用 R—O—R′来表示，R 和 R′都是烃基，可以相同，也可以不同。

(3)醚的用途：醚类物质在化工生产中被广泛用作溶剂，有的醚可被用作麻醉剂。

5. 氧化反应和还原反应

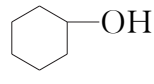
在有机化学反应中，通常把有机化合物分子中 失去氢原子 或 加入氧原子 的反应叫做氧化反应，加入氢原子 或 失去氧原子 的反应叫做还原反应。

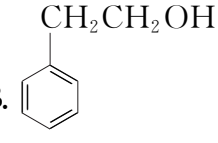
乙醇能被酸性重铬酸钾溶液氧化，其氧化过程分为两个阶段：

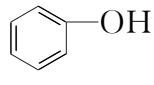
$$\underset{乙醇}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{氧化} \underset{乙醛}{CH_3CHO} \xrightarrow{氧化} \underset{乙酸}{CH_3COOH}$$

小试牛刀

1. 下列物质中既属于芳香族化合物又属于醇的是 （ B ）

A. 

B. 

C. 

D. CH_3CH_2OH

2. 下列醇中，不能发生消去反应的是 （ A ）

A. CH_3OH　　B. CH_3CH_2OH

C. $(CH_3)_2CHCH_2OH$　　D. $(CH_3)_3COH$

3. 下列醇中，不能发生催化氧化反应的是 （ D ）

A. CH_3OH　　B. CH_3CH_2OH

C. $(CH_3)_3CCH_2OH$　　D. $(CH_3)_3COH$

4. 下列关于丙二醇的说法正确的是 （ B ）

A. 丙二醇不易溶于水

B. 1 mol 丙二醇和足量钠反应生成 1 mol H_2

C. 丙二醇可由丙烯加成 Br_2 后再经水解制得

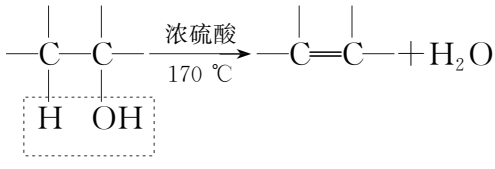
D. 丙二醇俗称甘油，有护肤作用，可用来作炸药

互动课堂

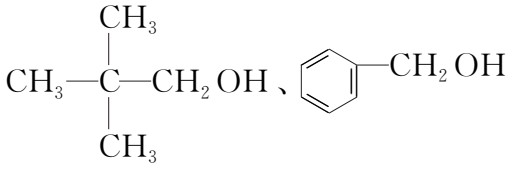
合作探究

探究1 醇的消去反应规律

1. 醇分子中，连有羟基(—OH)的碳原子必须有相邻的碳原子且该相邻碳原子上必须连有氢原子时，才可发生消去反应而形成不饱和键。表示如下：



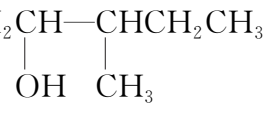
2. 含一个碳原子的醇(如 CH_3OH)无相邻碳原子，所以不能发生消去反应；与羟基(—OH)相连的碳原子的相邻碳原子上没有氢原子的醇也不能发生消去反应，如

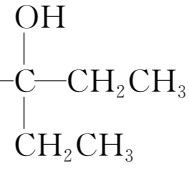


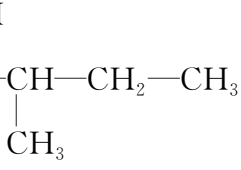
等均不能发生消去反应。

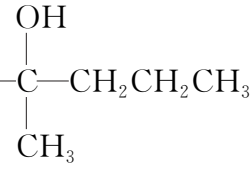
3. 产物判断：当与醇羟基相连碳原子的邻位碳原子结构比较对称或仅有一个时，最多能生成一种烯烃；当与醇羟基相连碳原子的邻位碳原子不止一个时，生成的烯烃可能有多种，应根据醇的结构和醇的消去反应方式具体分析和判断。

【例1】(双选)下列醇发生消去反应后，产物为2种的是 ( )

A. 

B. 

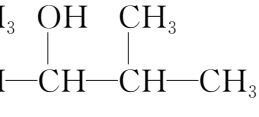
C. 

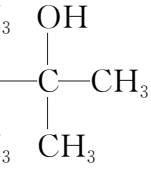
D. 

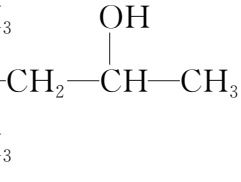
【答案】AC

【解析】醇的消去反应是与羟基相连的碳原子的邻位碳原子上的氢原子与羟基结合生成 H_2O 且得到不饱和键的过程。A项中可以生成2种烯烃，B项中可以生成1种烯烃，C项中可以生成2种烯烃，D项中可以生成3种烯烃。

【变式训练1】分子式为 $C_7H_{16}O$ 的饱和一元醇的同分异构体有多种，下列该醇的同分异构体中可以发生消去反应生成2种单烯烃的是 (C)

A. 

B. 

C. 

D. $CH_3(CH_2)_5CH_2OH$

【解析】醇发生消去反应生成 2 种单烯烃，表明连有—OH 的碳原子的相邻碳原子上连有氢原子，且以—OH 所连碳原子为中心，分子不对称，另外，羟基不连在链端碳原子上，C 正确。

探究 2 醇的催化氧化反应规律

醇能否被催化氧化，关键在于羟基所连接的碳原子上有无氢原子。具体规律如下：

1. 与羟基(—OH)相连的碳原子上有 2 个氢原子的醇($R—CH_2OH$)被氧化成醛。表示如下：

$$2R—CH_2OH+O_2 \xrightarrow[\triangle]{Cu\text{ 或 }Ag} 2R—CHO+2H_2O$$

2. 与羟基(—OH)相连的碳原子上有 1 个氢原子的醇($R_2—CH(R_1)OH$)被氧化成酮。表示如下：

$$2R_2—CH(R_1)OH+O_2 \xrightarrow[\triangle]{Cu\text{ 或 }Ag} 2R_1—C(=O)—R_2+2H_2O$$

3. 与羟基(—OH)相连的碳原子上没有氢原子的醇($R_2—C(R_1)(R_3)—OH$)不能被催化氧化。

【例 2】分子式为 $C_5H_{12}O$，且能发生催化氧化反应并生成醛的醇的种类为 ( )

A. 2 种　　B. 3 种

C. 4 种　　D. 5 种

【答案】C

【解析】分子式为 $C_5H_{12}O$，且能被催化氧化生成醛的醇可写为 $C_4H_9—CH_2OH$，丁基有 4 种结构，则该醇有 4 种，C 项正确。

【变式训练 2】(双选)以下四种有机化合物的分子式均为 $C_4H_{10}O$，其中既能发生消去反应生成烯烃，又能发生催化氧化反应生成醛的是 (BC)

A. $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$　B. $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

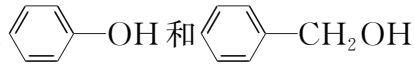
C. $CH_3CH(CH_2OH)CH_3$　D. $CH_3—C(CH_3)(OH)—CH_3$

【解析】A. 能发生消去反应生成相应的烯烃，能发生催化氧化反应，但生成物是酮不是醛；B. 既能发生消去反应生成相应的烯烃，又能发生催化氧化反应生成醛；C. 既能发生消去反应生成相应的烯烃，又能发生催化氧化反应生成醛；D. 能发生消去反应生成相应的烯烃，但不能发生催化氧化反应。

随堂小练

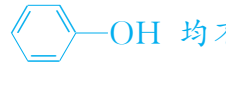
1. 下列各组物质都属于醇，但不互为同系物的是 (C)

A. C_3H_7OH 和 $CH_3—O—CH_3$

B. 

C. CH_3CH_2OH 和 $CH_2=CHCH_2OH$

D. $HOCH_2CH_2OH$ 和 $CH_3CH(OH)CH_2OH$

【解析】根据醇的定义，羟基与饱和碳原子相连的化合物称为醇，因此 A 项中的 $CH_3—O—CH_3$、B 项中的  均不

属于醇类；C 项中两种物质都属于醇类，但由于二者结构不相似，所以不互为同系物；D 项中两种物质都是饱和二元醇，所含碳原子数不同，二者互为同系物。故只有 C 项符合题意。

2. 下列关于醇的说法中，正确的是 （ C ）

A. 醇都易溶于水

B. 醇就是羟基和烃基相连的化合物

C. 饱和一元醇的通式为 $C_nH_{2n+1}OH(n\geqslant1)$

D. 甲醇和乙醇都有毒，禁止饮用

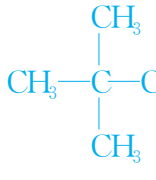
【解析】A 项不正确，醇分子中碳原子数比较多的高级醇不溶于水；B 项不正确，醇是羟基与饱和碳原子相连的化合物；C 项正确，饱和一元醇可以看成是烷烃分子中的一个氢原子被羟基取代后的产物；D 项不正确，甲醇有毒，乙醇可以制成白酒等饮用。

3. 下列对醇的命名正确的是 （ C ）

A. 2，2-二甲基-3-丙醇 B. 1-甲基-1-丁醇

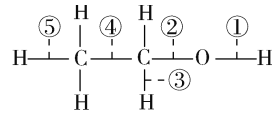
C. 2-甲基-1-丙醇 D. 1，2-二甲基乙二醇

【解析】先根据题给名称写出醇的结构简式，再由醇的系统命名法判断正误。A 项，



，应为 2,2-二甲基-1-丙醇，错误；B 项，$CH_3CH_2CH_2CH(OH)CH_3$，应为 2-戊醇，错误；C 项，$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-OH$，为 2-甲基-1-丙醇，正确；D 项，$CH_3-CH(OH)-CH(OH)-CH_3$，应为 2,3-丁二醇，错误。

4. 乙醇分子中各种化学键如图所示，下列关于乙醇在各种反应中断键的说法不正确的是 （ C ）



A. 和金属钠反应时键①断裂

B. 和浓 H_2SO_4 共热到 170 ℃时键②和⑤断裂

C. 和浓 H_2SO_4 共热到 140 ℃时仅有键②断裂

D. 在 Ag 催化下与 O_2 反应时键①和③断裂

【解析】根据乙醇在发生反应时的实质进行分析。A 选项，乙醇与钠反应生成乙醇钠，是乙醇羟基中 O—H 断裂，正确。B 选项，乙醇发生消去反应生成乙烯和水，是键②和⑤断裂，正确。C 选项，乙醇发生分子间脱水生成乙醚，其中一分子乙醇断裂键①，另一分子乙醇断裂键②，错误。D 选项，乙醇催化氧化为乙醛，键①和③断裂，正确。

5. 化合物甲、乙、丙有如下转化关系：

$$甲(C_4H_{10}O)\xrightarrow{①}乙(C_4H_8)\xrightarrow{②}丙(C_4H_8Br_2)$$

(1)甲中官能团的名称是 羟基 ，甲属于 醇 类物质，甲可能的结构有 4 种，其中可催化氧化为醛的有 2 种。

(2)反应①的条件为 浓 H_2SO_4、170 ℃ ，反应②的条件为 溴水（或溴的四氯化碳溶液） 。

(3)甲→乙的反应类型为 消去反应 ，乙→丙的反应类型为 加成反应 。

(4)丙的结构简式不可能是__B__(填字母)。

A. $CH_3CH_2CHBrCH_2Br$

B. $CH_3CH(CH_2Br)_2$

C. $CH_3CHBrCHBrCH_3$

D. $(CH_3)_2CBrCH_2Br$

【解析】根据甲、乙、丙之间的转化关系可知,①发生消去反应,②发生加成反应,则甲为醇、乙为烯烃、丙为卤代烃。甲的结构简式可能为 $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$、$CH_3CH_2-\underset{}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}}H-CH_3$、$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}HCH_2OH$、$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{OH}{C}}-CH_3$,共4种,其中可催化氧化为醛的有 $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$、$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H-CH_2OH$,共2种;乙的结构简式可能为 $CH_2=CHCH_2CH_3$,$CH_3CH=CHCH_3$、$CH_2=\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}-CH_3$,乙与 Br_2 发生加成反应生成丙,故丙分子中 Br 原子位于相邻碳原子上。

温馨提示:请自主完成课后作业(九)

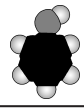
课后作业·单独成册

第 2 课时 酚

自主预习

知新导学

1. 苯酚的分子组成与结构

分子式	结构简式	分子结构模型	官能团
C_6H_6O	—OH 或 C_6H_5OH		—OH（酚羟基）

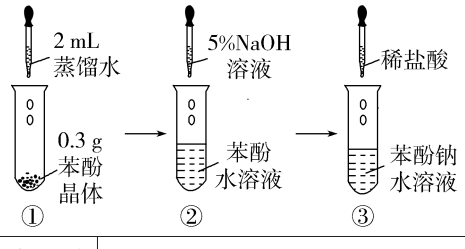
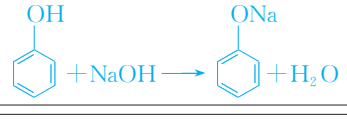
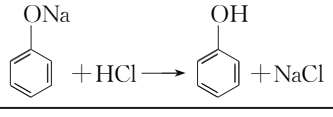
2. 苯酚的物理性质

纯净的苯酚是 无 色晶体，具有特殊的气味，熔点 43 ℃。苯酚 易 溶于乙醇等有机溶剂。室温下苯酚在水中的溶解度是 9.2 g，当温度高于 65 ℃时能与水混溶。

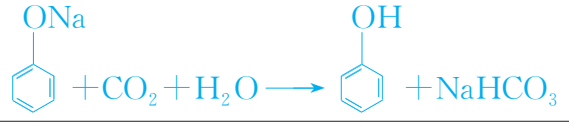
[注意] 若不慎将苯酚沾到皮肤上，应立即用乙醇冲洗，再用水冲洗。

3. 苯酚的化学性质

(1)实验探究苯酚的酸性

实验操作		
实验现象及解释	①中得到浑浊液体	苯酚在水中的溶解度较小
	②中浑浊液体变澄清	苯酚与 NaOH 溶液反应生成易溶于水的苯酚钠，化学方程式为 
	③中澄清溶液变浑浊	苯酚钠与稀盐酸反应重新生成了溶解度较小的苯酚，化学方程式为 

若向澄清的苯酚钠溶液中通入二氧化碳气体，可以看到溶液变浑浊，化学方程式为

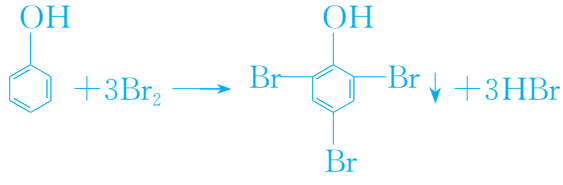


，

该反应可证明苯酚的酸性比碳酸的 弱 。

(2)取代反应

在苯酚分子中，羟基和苯环相互影响，使苯环在羟基的邻、对位上的氢原子较易被取代。苯酚与溴反应的化学方程式为



。

此反应可用于苯酚的定性检验和定量测定。

(3)显色反应

苯酚与 $FeCl_3$ 溶液作用显 紫 色，利用这一反应也可以检验苯酚的存在。酚类物质一般都可以与 $FeCl_3$ 作用显色，可用于检验其存在。

4. 苯酚的用途以及对环境的影响

(1)用途：苯酚是一种重要的化工原料，广泛用于制造酚醛树脂、染料、医药、农药等。

(2)对环境的影响：含酚类物质的废水对生物具有毒害作用，会对水体造成严重污染，排放前必须经过处理。

小试牛刀

1. 下列关于苯酚的叙述中，错误的是 （ D ）

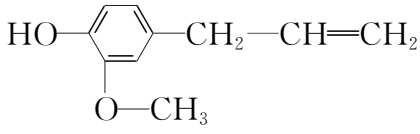
A. 其水溶液显弱酸性，俗称石炭酸

B. 其浓溶液对皮肤有强烈的腐蚀性，如果不慎沾到皮肤上，应立即用酒精冲洗

C. 其在水中的溶解度随温度的升高而增大，当温度高于 65 ℃时可以与水以任意比混溶

D. 碳酸氢钠溶液中滴入苯酚的水溶液后立即放出二氧化碳

2. 丁香油酚的结构简式如下。据此结构分析下列说法正确的是 （ B ）



A. 可以燃烧，只与溴水发生加成反应

B. 可与 NaOH 溶液反应，也可与 $FeCl_3$ 溶液反应

C. 不能与金属钠反应放出 H_2

D. 可以与小苏打溶液反应放出 CO_2

3. 能证明苯酚具有弱酸性的实验是 （ B ）

A. 加入浓溴水生成白色沉淀

B. 苯酚钠溶液中通入 CO_2 后，溶液由澄清变浑浊

C. 浑浊的苯酚加热后变澄清

D. 苯酚的水溶液中加入 NaOH 溶液，生成苯酚钠

互动课堂

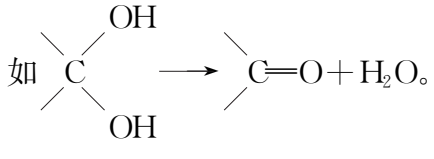
合作探究

探究 1 辨析醇和酚的方法

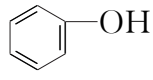
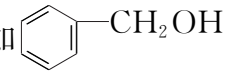
1. 醇

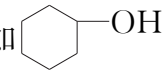
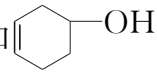
醇是羟基与饱和碳原子相连的化合物。

(1)醇分子中含有羟基，且羟基个数不限，但不存在 1 个碳原子上连有 2 个羟基的醇，因为这样的醇不稳定。如



(2)羟基连接在饱和碳原子上的是醇，如 CH_3OH、CH_2OH-CH_2OH 等，但不存在羟基连在双键(或三键)碳原子上的醇，因为这样的醇也不稳定。

(3)羟基直接连在苯环上的不是醇，如  ；羟基连在苯环的侧链碳原子上的是醇，如  。

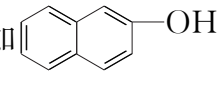
(4)羟基连在环烷基(或环烯基)的碳原子上的也是醇，如  和  等。

2. 酚

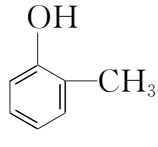
羟基与苯环直接相连而形成的化合物叫做酚。

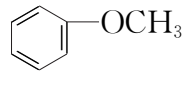
(1)酚是一类烃的含氧衍生物的总称，最简单的酚是苯酚。

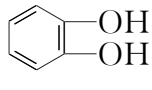
(2)酚的官能团是羟基，但酚羟基的性质有别于醇羟基的性质。

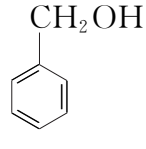
(3)酚中的苯环，可以是单环，也可以是稠环，如  (萘酚)也是酚的一种。

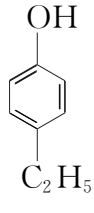
【例 1】下列化合物中属于醇类的是_____，属于酚类的是_____。(填字母)

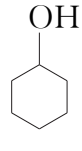
A. 

B. 

C. 

D. 

E. 

F. 

【答案】DF ACE

【解析】B 中无羟基，既不属于醇类也不属于酚类，首先排除 B。A、C、E 中羟基与苯环上的碳原子直接相连，故 A、C、E 属于酚类。D 中羟基与苯环侧链上的碳原子相连，F 中羟基与烃基上的碳原子相连，故 D、F 属于醇类。

【变式训练 1】下列说法正确的是 （ C ）

A. 含有羟基的有机化合物一定属于醇类

B. 分子内有苯环和羟基的有机化合物一定属于酚类

C. 苯酚是最简单的酚类化合物

D. 醇类和酚类具有相同的官能团，因而具有相同的化学性质

【解析】苯环与羟基直接相连的有机化合物为酚类，A、B 错误；醇类和酚类的官能团相同，但性质不同，D 错误。

探究 2 有机化合物分子内原子或原子团的相互影响

1. 链烃基对其他基团的影响

甲苯的硝化反应产物是三硝基甲苯，而同样条件下苯的硝化反应只能生成硝基苯。

2. 苯基对其他基团的影响

(1)水、醇、苯酚提供氢离子的能力大小：R—OH<H—OH<C_6H_5—OH。

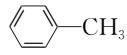
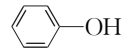
(2)烷烃和苯均不能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，而苯的同系物可使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色。

3. 羟基对其他基团的影响

(1)羟基对 C—H 的影响：使和羟基相连的 C—H 更不稳定。

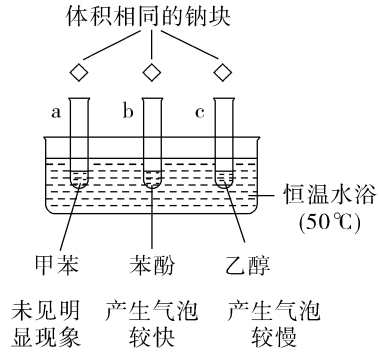
(2)羟基对苯环的影响：使苯环上羟基的邻、对位的氢原子更易被取代。

4. 通过实例体会原子或原子团的相互影响

类型		苯	甲苯	苯酚
结构简式				
氧化反应		不能被酸性高锰酸钾溶液氧化	能被酸性高锰酸钾溶液氧化	常温下在空气中被氧化
溴代反应	溴状态	液溴	液溴	浓溴水
	条件	催化剂	催化剂	无催化剂
	产物	C_6H_5—Br	邻、间、对三种一溴甲苯	三溴苯酚
	结论	苯酚与溴的取代反应比苯和甲苯的更容易进行		

【例 2】根据如图实验所得，下面推论不合理的是 （ ）

已知：苯酚的熔点为 43 ℃。



A. 试管 a 中钠沉在底部，说明密度：甲苯<钠

B. 试管 b、c 中生成的气体均有 H_2

C. 苯酚中羟基的活性比乙醇中羟基的活性强

D. 羟基对苯环的影响使苯环上羟基的邻、对位的 C—H 更易断裂

【答案】D

【解析】试管 a 中钠沉在底部，说明钠的密度比甲苯的密度大，A 项正确；苯酚和乙醇结构中均含羟基，因此二者均能与 Na 反应放出 H_2，B 项正确；由实验中产生 H_2 的速率可知，苯酚中的羟基活性比乙醇中的强，C 项正确；钠与苯酚反应生成苯酚钠和氢气，苯环没有发生变化，不能说明羟基对苯环的影响使苯环上羟基邻、对位的 C—H 易于断裂，D 项错误。

【变式训练 2】下列能说明苯环对羟基有影响，使羟基变得活泼的事实是 （ D ）

A. 苯酚能和溴水迅速反应

B. 液态苯酚能和钠反应放出 H_2

C. 室温时苯酚不易溶于水

D. 苯酚的水溶液具有酸性

【解析】A 项，说明羟基使苯环中的氢原子更活泼；液态苯酚能与钠反应放出 H_2，但乙醇也能与钠反应放出 H_2，故 B 不能说明；C 也不能说明；苯酚的水溶液具有酸性，说明苯酚分子中的—OH 易电离，比醇羟基活泼，故 D 项可说明。

随堂小练

1. 苯酚与乙醇在性质上有很大差别的原因是 （ D ）

A. 官能团不同

B. 常温下状态不同

C. 相对分子质量不同

D. 官能团所连的烃基不同

【解析】苯酚与乙醇具有相同的官能团—OH，但所连烃基不同，因此烃基对官能团的影响也不同。

2. （双选）下列关于苯酚的叙述中，正确的是 （ BD ）

A. 热的苯酚浓溶液，冷却时不会形成浊液

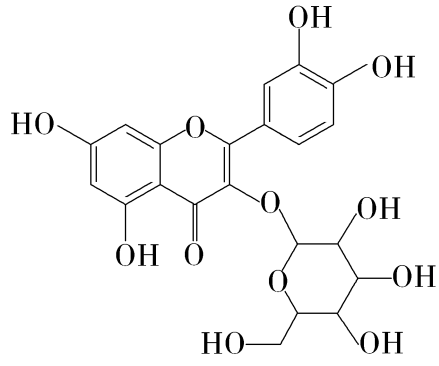
B. 苯酚可以和浓溴水发生取代反应

C. 苯酚既难溶于水也难溶于 NaOH 溶液

D. 苯酚的酸性比碳酸和醋酸的都弱

【解析】苯酚微溶于冷水，65 ℃以上与水混溶，A 错误；由于羟基对苯环的影响，使得苯环上羟基邻、对位的氢原子较活泼，易被取代，与浓溴水反应生成 2,4,6-三溴苯酚，B 正确；苯酚与 NaOH 溶液因反应而易溶于 NaOH 溶液，C 错误；苯酚的酸性比碳酸、醋酸都弱，D 正确。

3. 金丝桃苷是从中药材中提取的一种具有抗病毒作用的黄酮类化合物，其结构如下。下列关于金丝桃苷的叙述中，错误的是 （ D ）



A. 可与氢气发生加成反应

B. 分子含 21 个碳原子

C. 能与乙酸发生酯化反应

D. 不能与金属钠反应

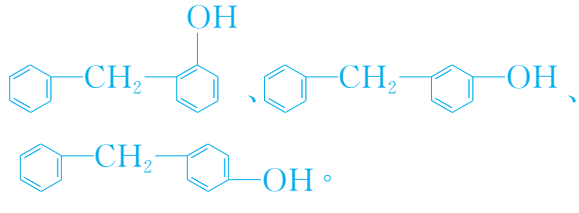
【解析】该有机化合物分子结构中含有苯环和碳碳双键，可与氢气发生加成反应，A 项正确；由该有机化合物的结构简式可知，其分子式为 $C_{21}H_{20}O_{12}$，B 项正确；该有机化合物分子结构中含有羟基，能与乙酸发生酯化反应，C 项正确；该有机化合物分子结构中含有羟基，能与金属钠反应放出氢气，D 项错误。

4. 由—C_6H_5、—C_6H_4—、—CH_2—、—OH 4 种原子团一起组成的酚类有 （ C ）

A. 1 种　　B. 2 种

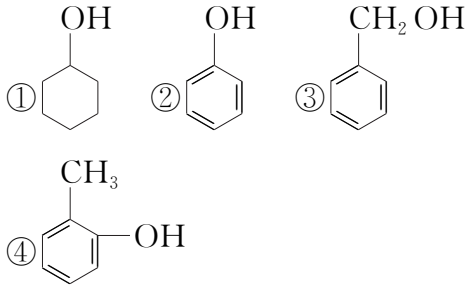
C. 3 种　　D. 4 种

【解析】酚类物质必须有—OH 与苯环直接相连，可能的组成：C_6H_5—CH_2—C_6H_4—OH，移动—OH 的位置，可得 3 种结构：



。

5. 现有下列物质：



(1)能与 NaOH 溶液发生反应的是__②④__(填序号,下同)。

(2)能与溴水发生反应的是__②④__。

(3)能与金属钠发生反应的是__①②③④__。

(4)能发生消去反应的是__①__。

(5)遇 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应的是__②④__。

(6)能被催化氧化为醛或酮的是__①③__。

【解析】(1)醇类物质不能与 NaOH 溶液反应,酚类物质都可以与 NaOH 溶液反应;(2)酚类物质可与溴水发生取代反应;(3)醇、酚都可以与 Na 反应;(4)与—OH 相连的碳原子的邻位碳原子上有氢原子时,才可能发生消去反应(酚类物质都不可以发生苯环上的消去反应);(5)酚羟基与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应;(6)与—OH 相连的碳原子上必须连有氢原子,才能发生催化氧化反应。

温馨提示:请自主完成课后作业(十)

课后作业·单独成册

第三节 醛 酮

自主预习

知新导学

1. 醛

概念：由 烃基 (或氢原子)与 醛基 相连而构成的化合物,简写为RCHO

官能团：醛基 (—CHO)

通式：饱和一元醛：$C_nH_{2n}O$

2. 乙醛(CH_3CHO)

(1)物理性质

颜色	气味	状态	密度	沸点	挥发性	溶解性
无色	刺激性气味	液体	比水的小	20.8 ℃	易挥发	能与水、乙醇等互溶

(2)化学性质

①加成反应

a. 催化加氢：乙醛蒸气和氢气的混合气体通过热的镍催化剂，乙醛与氢气即发生催化加氢反应，反应的化学方程式为：

$$CH_3CHO+H_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_3CH_2OH$$

乙醛的催化加氢反应也是它的还原反应。

b. 与 HCN 加成：乙醛能和一些极性试剂(如 HCN)发生加成反应，反应的化学方程式为：

$$CH_3CHO+HCN \longrightarrow CH_3CH(OH)CN$$

②氧化反应

a. 银镜反应：乙醛与银氨溶液反应，生成的银附着在试管壁上形成银镜，该反应常用来检验醛基。反应的化学方程式为：

$$CH_3CHO+2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{\triangle} CH_3COONH_4+2Ag\downarrow+3NH_3+H_2O$$

b. 与新制的 $Cu(OH)_2$ 反应：乙醛与新制的 $Cu(OH)_2$ 共热产生 砖红色沉淀 ，该反应也可以用来检验醛基。反应的化学方程式为：

$$CH_3CHO+2Cu(OH)_2+NaOH \xrightarrow{\triangle} CH_3COONa+Cu_2O\downarrow+3H_2O$$

c. 催化氧化：乙醛在一定温度和催化剂存在的条件下，能被氧气氧化成乙酸。反应的化学方程式为：

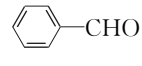
$$2CH_3CHO+O_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} 2CH_3COOH$$

3. 醛类

(1)化学性质

醛类分子中都含有醛基(—CHO)，所以化学性质与乙醛的相似，能被还原为醇，被氧化为羧酸，可以发生银镜反应、加成反应。

(2)甲醛与苯甲醛

	甲醛(蚁醛)	苯甲醛(苦杏仁油)
结构简式	HCHO	
色、味、态	无色、有 强烈刺激性 气味的气体	无色、有 苦杏仁 气味的液体
溶解性	易溶于水	微溶于水，能跟苯、乙醇等互溶
用途	是一种重要的化工原料，能合成多种有机化合物；其水溶液(又称 福尔马林)具有杀菌、防腐性能，可用于消毒和制作生物标本	制造染料、香料及药物的重要原料

4. 酮

(1)概念

羰基 与 两个烃基 相连的化合物叫做酮，其结构可表示为 $R—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—R'$。

(2)丙酮($CH_3—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—CH_3$)——最简单的酮

①物理性质

丙酮是无色透明的液体，沸点为 56.2 ℃，易挥发，能与 水 、 乙醇 等互溶。

②化学性质

a. 催化加氢反应：在催化剂存在的条件下，丙酮可以发生催化加氢反应。反应的化学方程式为 $CH_3—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—CH_3 + H_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_3\overset{\overset{OH}{|}}{C}HCH_3$ 。

b. 氧化反应：丙酮能燃烧，被氧气氧化，但不能被 银氨溶液 、 新制的 $Cu(OH)_2$ 等弱氧化剂氧化。

(3)用途

酮是重要的有机溶剂和化工原料。例如，丙酮可用作化学纤维、钢瓶储存乙炔等的溶剂，还用于生产有机玻璃、农药和涂料等。

小试牛刀

1. 下列关于醛的说法中，正确的是 (D)

A. 甲醛是甲基跟醛基相连而构成的醛

B. 醛的官能团是—COH

C. 甲醛和乙二醛互为同系物

D. 饱和一元脂肪醛的分子组成符合通式 $C_nH_{2n}O$

2. 室内空气污染的主要来源之一是人们使用的装饰材料、胶合板、内墙涂料等。它们会释放出一种具有刺激性气味的气体，该气体是 (C)

A. 甲烷　　B. 氨

C. 甲醛　　D. 二氧化硫

3. 下列有机物中，既能使溴水褪色，又能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，还能与新制的 $Cu(OH)_2$ 发生反应的是 (D)

A. 1,3-丁二烯　　B. 苯酚

C. 对二甲苯　　D. 丙烯醛

4. 洗涤做过银镜反应的试管可以选用的试剂是 (C)

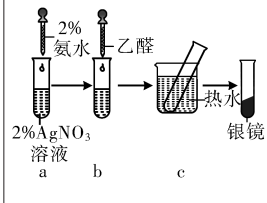
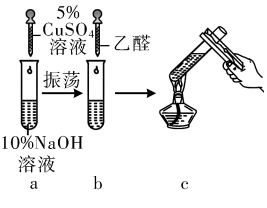
A. 氨水　　B. NaOH 溶液

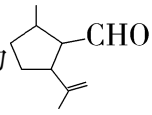
C. 稀硝酸　　D. 酒精

互动课堂

合作探究

探究 1　乙醛的银镜反应、与新制的 $Cu(OH)_2$ 的反应

	银镜反应	与新制的 $Cu(OH)_2$ 的反应
实验操作		
实验现象	向 a 中滴加氨水，现象为先出现沉淀后变澄清；水浴加热一段时间后，试管内壁出现一层光亮的银镜	a 中溶液出现蓝色絮状沉淀；滴入乙醛，加热，c 溶液中有砖红色沉淀产生
实验结论	醛能与银氨溶液发生银镜反应，与新制的 $Cu(OH)_2$ 也能反应	

【例 1】有机化合物 A 是一种重要的化工原料，其结构简式为  。下列检验 A 中官能团的试剂和顺序正确的是（　　）

A. 先加酸性 $KMnO_4$ 溶液，再加银氨溶液，微热

B. 先加溴水，再加酸性 $KMnO_4$ 溶液

C. 先加银氨溶液，微热，再加溴水

D. 先加入足量新制的 $Cu(OH)_2$，加热，酸化后再加溴水

【答案】D

【解析】有机化合物 A 中所含的官能团为 $>C=C<$ 和—CHO，二者均能使酸性 $KMnO_4$ 溶液和溴水褪色，A、B 错误；先加银氨溶液，微热，能检验出—CHO，但发生银镜反应之后的溶液仍显碱性，溴水和碱会发生反应，C 错误。

【变式训练 1】下列试剂可鉴别 1-己烯、甲苯和乙醛的是（ B ）

A. 酸性 $KMnO_4$ 溶液和溴的四氯化碳溶液

B. 银氨溶液和溴的四氯化碳溶液

C. $FeCl_3$ 溶液和银氨溶液

D. 银氨溶液和酸性 $KMnO_4$ 溶液

【解析】选项 A 中的酸性 $KMnO_4$ 溶液与三种物质均反应而褪色，溴的四氯化碳溶液仅能够鉴别出不褪色的甲苯，故选项 A 错误；选项 B 中的银氨溶液可以鉴别出乙醛，而溴的四氯化碳溶液又可以鉴别出发生加成反应而褪色的为 1-己烯，不反应的为甲苯，故选项 B 正确；选项 C 中的试剂只有银氨溶液可以鉴别出乙醛，故选项 C 错误；选项 D 中的银氨溶液可以鉴别出乙醛，而 1-己烯和甲苯均能与酸性 $KMnO_4$ 溶液反应而使其褪色，无法鉴别，故选项 D 错误。

探究 2　醛基的检验方法及注意事项

1. 醛基的检验方法

醛 (RCHO) —[$Ag(NH_3)_2]OH$ 溶液，水浴加热→ Ag(光亮的银镜)

醛 (RCHO) —新制的 $Cu(OH)_2$，加热→ Cu_2O(砖红色沉淀)

2. 银镜反应的注意事项

- 试管洁净 → 先用热碱液除去油污，再用蒸馏水冲洗
- 溶液现配 → 不可久置，防止产生爆炸性物质
- 氨水适量 → 过量或浓度过大，Ag^+ 浓度降低，不利于银镜生成，易产生易爆物
- 水浴控温 → 60 ～ 70 ℃，反应平缓，镀银均匀
- 不可振荡 → 防止镀银不均匀，银镜变黑
- 剩液处理 → 及时处理，防止产生爆炸性物质
- 试管清洗 → 用稀硝酸洗涤

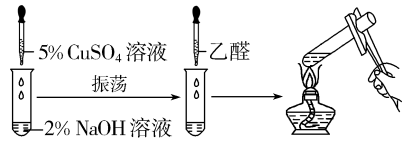
3. 与新制的 $Cu(OH)_2$ 反应的注意事项

(1)所用的 $Cu(OH)_2$ 必须是新制的，而且制备时，NaOH 溶液必须明显过量。

(2)加热时必须将混合液加热至沸腾，才能看到明显的砖红色沉淀。

(3)加热煮沸时间不能过长，防止 $Cu(OH)_2$ 受热分解成黑色的 CuO。

【例 2】某学生做乙醛的还原性实验时(如图)，加热至沸腾，未观察到砖红色沉淀，分析其原因可能是（　　）



A. 乙醛量不够　　B. 烧碱量不够

C. 硫酸铜量不够　　D. 加热时间短

【答案】B

【解析】乙醛还原氢氧化铜的实验要求在碱性环境中进行，而题中所给 NaOH 的量不足。硫酸铜过量时，其水解会使溶液呈酸性，导致实验失败。

【变式训练 2】下列关于银镜反应实验的说法中，正确的是 （ A ）

A. 试管先用烧碱溶液洗涤，然后用蒸馏水洗涤

B. 向 2%氨水中滴入 2% $AgNO_3$ 溶液，配得银氨溶液

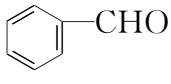
C. 采用直接加热法

D. 可用浓盐酸洗去银镜

【解析】用烧碱溶液是为了将试管内壁上的油污洗净，A 项正确；配制银氨溶液时，应向 2% $AgNO_3$ 溶液中滴加 2%氨水至最初产生的沉淀恰好溶解，B 项错误；应采用水浴加热法，不能直接加热，C 项错误；反应所得的银镜应用稀硝酸清洗，D 项错误。

随堂小练

1. （双选）下列物质中不属于醛类的是 （ BD ）

A. 

B. $CH_3-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$

C. $CH_2=CH-CHO$

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

【解析】A 属于醛类，B 属于酯类，C 属于醛类，D 属于酮类。

2. 下列反应中有机化合物被还原的是 （ C ）

A. 乙醛发生银镜反应

B. 乙醛与新制的 $Cu(OH)_2$ 反应

C. 乙醛催化加氢制乙醇

D. 乙醛制乙酸

【解析】有机化合物分子中加入氢原子或失去氧原子的反应叫做还原反应，失去氢原子或加入氧原子的反应叫做氧化反应。A、B、D 中均是乙醛分子中加入了氧原子，属于氧化反应。C 中由乙醛生成乙醇，是在乙醛分子中加入氢原子，属于还原反应。

3. （双选）下列关于常见醛和酮的说法中，正确的是 （ BD ）

A. 甲醛和乙醛都是有刺激性气味的无色液体

B. 丙酮是最简单的酮，可以发生催化加氢反应

C. 丙酮难溶于水，但丙酮是常用的有机溶剂

D. 苯甲醛是最简单的芳香醛，俗称苦杏仁油

【解析】A 中甲醛应为气体，C 中丙酮能与水互溶，A、C 错误，B、D 正确。

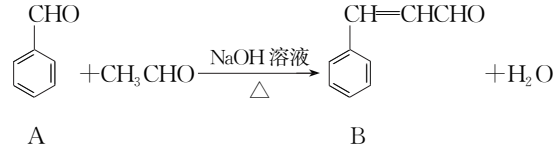
4. 分子式为 C_4H_8O 的链状有机化合物中不含 $>C=C<$ 的同分异构体有 （ B ）

A. 2 种　　B. 3 种

C. 4 种　　D. 5 种

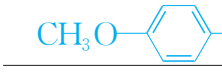
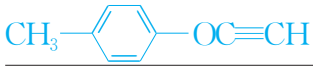
【解析】链状的 C_4H_8O 中不含 $>C=C<$，则必有碳氧双键，为醛或酮，醛有 2 种，分别为 $CH_3CH_2CH_2CHO$ 和 $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CHO$，酮有 1 种，为 $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2CH_3$，共 3 种。

5. 肉桂醛是一种食用香精，它广泛用于牙膏、洗涤剂、糖果及调味品中，工业上可通过下列反应制备：



(1)推测 B 分子中苯环侧链上可能发生反应的类型：加成反应、氧化反应、还原反应（任填两种）。

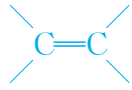
(2)写出两分子乙醛在上述条件下发生反应的化学方程式：$2CH_3CHO \xrightarrow[\triangle]{NaOH\ 溶液} CH_3CH{=}CHCHO + H_2O$。

(3)写出同时满足下列条件的B的所有同分异构体的结构简式：  、  。

①分子中不含羰基和羟基

②是苯的对二取代物

③除苯环外，不含其他环状结构

【解析】(1)B分子中苯环侧链上含有  、—CHO，可以发生氧化反应、还原反应、加成反应。(2)由题给反应可推知两分子乙醛发生的反应为$2CH_3CHO \xrightarrow[\triangle]{NaOH\ 溶液} CH_3CH{=}CHCHO + H_2O$。(3)不含羰基($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$)和羟基(—OH)，则分子中只能含—O—和—C≡C—。

温馨提示：请自主完成课后作业(十一)

课后作业·单独成册

第四节 羧酸 羧酸衍生物

第1课时 羧酸

自主预习

知新导学

1. 羧酸的概念和分类

(1)概念

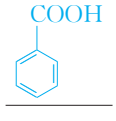
由 烃基 (或 氢原子)与 羧基 (—COOH)相连而构成的有机化合物。

(2)分类

①根据与羧基相连的烃基的不同,羧酸可分为脂肪酸(如甲酸、乙酸)和芳香酸(如苯甲酸, —COOH)等。

②根据羧酸分子中羧基的数目,羧酸可分为一元羧酸(如丙酸,CH_3CH_2COOH)、二元羧酸(如乙二酸,HOOC—COOH)和多元羧酸等。

2. 常见的羧酸

羧酸	甲酸	苯甲酸	乙二酸
俗称	蚁酸	—	草酸
结构简式	HCOOH		COOH | COOH
物理性质	无色、有刺激性气味的 液体 ,有腐蚀性,能与水、乙醇等互溶	无 色晶体,易升华,微溶于水,易溶于乙醇	无色晶体,可溶于水和乙醇
化学性质	表现羧酸和醛的性质	表现羧酸和苯环的性质	表现羧酸的性质

续表

羧酸	甲酸	苯甲酸	乙二酸
重要用途	作还原剂,是合成医药、农药和染料等的原料	用于合成香料、药物等,其钠盐是常用的食品防腐剂	化学分析中常用的还原剂,也是重要的化工原料

3. 羧酸的物理性质

(1)溶解性

分子中碳原子数较少的羧酸能够与水互溶。随着分子中碳原子数的增加,一元羧酸在水中的溶解度迅速 减小 ,甚至不溶于水,如高级脂肪酸。

(2)沸点

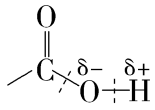
随着碳原子数的增加,一元羧酸的沸点逐渐 升高 。羧酸与相对分子质量相当的其他有机化合物相比,沸点较高,这与羧酸分子间可以形成 氢键 有关。

(3)状态

甲酸、乙酸等低级羧酸是液体,高级脂肪酸是蜡状固体。

4. 羧酸的化学性质

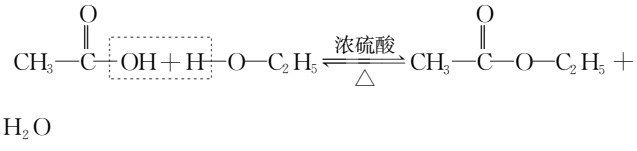
羧酸的化学性质主要取决于羧基官能团。由于受氧原子电负性较大等因素的影响,当羧酸发生化学反应时,羧基结构中下面两个部位的化学键容易断裂:



(1)O—H 断裂:—COOH 解离出 H^+,使羧酸表现出酸性。例如:$2RCOOH+Na_2CO_3 \longrightarrow$ $2RCOONa+CO_2\uparrow+H_2O$ 。

(2)C—O 断裂:—OH 可以被其他基团取代,生成酯、酰胺等羧酸衍生物。

羧酸和醇在酸催化下可以发生酯化反应,如乙酸与乙醇的反应:



利用同位素示踪法,证实乙酸与乙醇的酯化反应是乙酸分子中羧基的 羟基 与乙醇分子中羟基的 氢原子 结合成水,其余部分相互结合成酯。

小试牛刀

1. 下列关于 —COOH 的说法中,不正确的是 (D)

A. 是有机酸　　B. 是芳香酸

C. 是一元羧酸　　D. 不能发生酯化反应

2. 将乙醛和乙酸分离的正确方法是 (B)

A. 加热分馏

B. 先加入烧碱溶液,之后蒸出乙醛,再加入稀硫酸,蒸出乙酸

C. 加入碳酸钠后,通过萃取的方法分离

D. 利用银镜反应进行分离

3. 将甲基、羟基、羧基和苯基四种原子团两两结合后,形成的化合物的水溶液呈酸性的物质有 (C)

A. 2 种　　B. 3 种

C. 4 种　　D. 5 种

互动课堂

合作探究

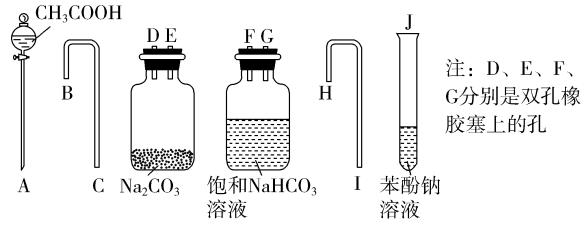
探究 1 羧酸的酸性

1. 实验证明羧酸具有酸性(以甲酸为例)

实验内容	实验现象	结论
取适量配制好的甲酸溶液于试管中,滴加几滴石蕊溶液	溶液变红色	甲酸具有酸性
取适量配制好的甲酸溶液于试管中,加入少量锌粒	有无色气体产生,收集并检验,气体为氢气	
取适量配制好的甲酸溶液于试管中,逐滴加入含有酚酞的氢氧化钠溶液	溶液红色逐渐变浅直至消失	
取适量配制好的甲酸溶液于试管中,逐滴加入碳酸氢钠溶液	有无色气体产生,收集并检验,气体为二氧化碳	

2. 实验探究乙酸、碳酸和苯酚的酸性强弱

利用下图所示仪器和药品,设计一个简单的一次性完成的实验装置,比较乙酸、碳酸和苯酚的酸性强弱。



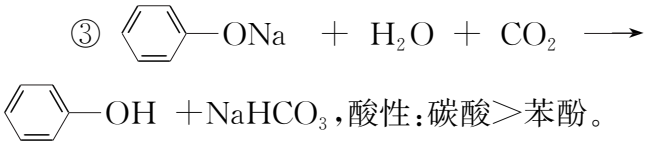
(1)仪器连接:A 接 D、E 接 B、C 接 F、G 接 H、I 接 J。

(2)饱和 $NaHCO_3$ 溶液的作用:除去 CO_2 中混有的乙酸蒸气,防止其干扰碳酸与苯酚酸性的比较。

(3)有关反应的化学方程式及相应结论

①$Na_2CO_3+2CH_3COOH \longrightarrow 2CH_3COONa+H_2O+CO_2\uparrow$,酸性:乙酸>碳酸;

②$NaHCO_3+CH_3COOH \longrightarrow CH_3COONa+H_2O+CO_2\uparrow$,酸性:乙酸>碳酸;

③ 

,酸性:碳酸>苯酚。

(4)实验结论:酸性强弱为乙酸>碳酸>苯酚。

3. 含羟基物质的活泼性比较

	醇	酚	碳酸	羧酸
羟基氢原子活泼性	逐渐增强→			
水溶液中电离程度	极难电离	微弱电离	部分电离	部分电离
酸碱性	中性	很弱的酸性	弱酸性	弱酸性
与 Na	反应放出 H_2	反应放出 H_2	反应放出 H_2	反应放出 H_2
与 NaOH	不反应	反应	反应	反应
与 $NaHCO_3$	不反应	不反应	不反应	反应放出 CO_2

【例 1】在同温同压下,某有机化合物和过量 Na 反应得到 V_1 L 氢气,另一份等量的该有机化合物和足量的 $NaHCO_3$ 反应得到 V_2 L 二氧化碳,若 $V_1=V_2\neq0$,则此有机化合物可能是 ( )

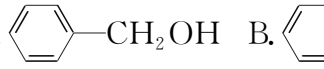
A. $CH_3CH(OH)COOH$ B. HOOC—COOH

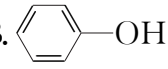
C. $HOCH_2CH_2OH$ D. CH_3COOH

【答案】A

【解析】Na 既能与羟基反应,又能与羧基反应,$NaHCO_3$ 只能与羧基反应,不与羟基反应,因此,能使生成的 CO_2 和 H_2 的量相等的只有 A 项。

【变式训练 1】下列有机化合物中不能与 NaOH 溶液反应的是 (A)

A. 

B. 

C.

D. CH_3COOH

【解析】含有酚羟基、羧基的有机化合物均能与 NaOH 溶液反应,但只含醇羟基的有机化合物与 NaOH 溶液不反应。

探究 2 羧酸和醇的酯化反应

1. 酯化反应的原理

羧酸与醇发生酯化反应时,一般是羧酸分子中羧基的羟基与醇分子中羟基的氢原子结合成水,其余部分相互结合成酯,用同位素示踪法可以证明。

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH+H-{}^{18}OR' \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-{}^{18}OR'+H_2O$$

2. 酯化反应的常见类型

(1)一元醇与一元羧酸之间的酯化反应

$$CH_3COOH+C_2H_5OH \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

(2)二元羧酸与一元醇之间的酯化反应

$$\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}+2C_2H_5OH \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} \begin{matrix}COOC_2H_5\\|\\COOC_2H_5\end{matrix}+2H_2O$$

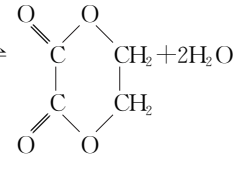
(3)一元羧酸与二元醇之间的酯化反应

$$2CH_3COOH+\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{matrix} \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} \begin{matrix}CH_2OOCCH_3\\|\\CH_2OOCCH_3\end{matrix}+2H_2O$$

(4)二元羧酸与二元醇之间的酯化反应

反应有两种情况:

① $$\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}+\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{matrix} \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} HOOCCOOCH_2CH_2OH+H_2O$$

② $$\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}+\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{matrix} \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}}$$ 

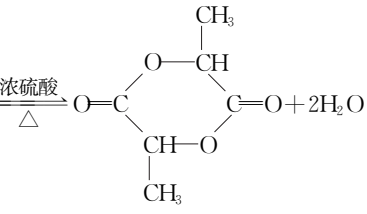
$+2H_2O$

(5)羟基酸的自身酯化反应

反应有两种情况:

以乳酸($CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCOOH$)为例：

①$2CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCOOH \xrightleftharpoons[\triangle]{浓硫酸} CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCOO\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HCOOH + H_2O$

②$2CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCOOH \xrightleftharpoons[\triangle]{浓硫酸}$ 

【例 2】在乙酸、乙醇和浓硫酸混合物中，加入 $H_2{}^{18}O$，加热一段时间后，^{18}O 的存在情况是（　　）

A. 只存在于乙酸分子中

B. 存在于乙酸和乙酸乙酯分子中

C. 只存在于乙醇分子中

D. 存在于水和乙酸分子中

【答案】D

【解析】根据“酸脱羟基，醇脱氢”的反应原理，可知 D 正确。

【变式训练 2】(双选)使 1 mol 乙醇(其中的氧用^{18}O 标记)在浓硫酸存在并加热的条件下与 1 mol 乙酸充分反应，下列叙述不正确的是（ BC ）

A. 生成的乙酸乙酯中含有^{18}O

B. 生成的水中含有^{18}O

C. 生成 90 g 乙酸乙酯

D. 不能生成 90 g 乙酸乙酯

【解析】酯化反应的实质是“酸脱羟基，醇脱氢”，则可写出反应：

$CH_3CH_2—{}^{18}O—H + HO—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—CH_3 \xrightleftharpoons[\triangle]{浓硫酸} H_2O + CH_3—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—{}^{18}O—CH_2CH_3$，所以生成的乙酸乙酯中含有$^{18}O$，水中不含$^{18}O$；根据酯化反应的化学方程式可知，1 mol 乙醇和 1 mol 乙酸反应理论上可生成 1 mol 乙酸乙酯，即 90 g 乙酸乙酯，但由于酯化反应是可逆反应，不能进行彻底，因此实际上不能得到 90 g 乙酸乙酯。

随堂小练

1. 下列物质中，不属于羧酸类有机化合物的是（ D ）

A. 乙二酸　　B. 苯甲酸

C. 硬脂酸　　D. 苯酚

【解析】要确定有机化合物是否为羧酸，关键看有机化合物分子中是否含有羧基。苯酚属于酚类。

2. 下列事实能说明碳酸的酸性比乙酸的弱的是（ D ）

A. 乙酸能发生酯化反应，而碳酸不能

B. 碳酸和乙酸都能与碱反应

C. 乙酸易挥发，而碳酸不稳定易分解

D. 乙酸和 Na_2CO_3 反应可放出 CO_2

【解析】能说明碳酸的酸性比乙酸弱的事实是碳酸盐和乙酸反应生成碳酸，碳酸分解放出 CO_2。

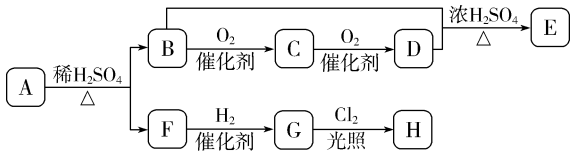
3. 下列试剂中可以鉴别乙醇、乙醛、乙酸、甲酸四种无色液体的是（ C ）

A. 银氨溶液　　B. 浓溴水

C. 新制的 $Cu(OH)_2$　　D. 酸性高锰酸钾溶液

【解析】新制的 $Cu(OH)_2$ 与题中四种无色液体反应的现象分别为：无现象、生成砖红色沉淀、生成蓝色溶液、加热先有蓝色溶液后生成砖红色沉淀。C 正确。

4. PMMA 常被用作光盘的支持基片，PMMA 的单体 A($C_5H_8O_2$)不溶于水，可以发生如图所示变化：



已知：E 能发生银镜反应，F 与 $NaHCO_3$ 溶液反应能产生气体，G 的一氯代物 H 有两种不同的结构。

请回答下列问题：

(1)F 分子中含有的官能团的名称是 碳碳双键、羧基 。

(2)由 F 转化成 G 的反应类型属于 BC (填字母)。

A. 氧化反应　　B. 还原反应

C. 加成反应　　D. 取代反应

(3)由 B 与 D 反应生成 E 的化学方程式为 $CH_3OH+HCOOH \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} HCOOCH_3+H_2O$ 。

(4)由 A 发生加聚反应可得 PMMA，该反应的化学方程式是 $nCH_2{=}C(CH_3){-}COOCH_3 \xrightarrow{催化剂} [CH_2{-}C(COOCH_3)(CH_3)]_n$ 。

【解析】本题是有机框图推断题，突破口是 A 在稀硫酸作用下发生水解反应生成两种物质 B、F，可知 A 是酯，由 A 的分子式($C_5H_8O_2$)可知 A 为一元酯；B→C→D 连续两步氧化可知 B 是醇、D 是酸，E 是酯，由 E 能发生银镜反应可知 E 是甲酸甲酯，B 是甲醇；F 的分子式为 $C_4H_6O_2$，是一元羧酸，由 F 能与 H_2 发生加成反应可知 F 中含一个 $>C{=}C<$ ，F 与 H_2 发生加成反应生成 G，G 的分子式为 $C_4H_8O_2$(C_3H_7—COOH)，G 的一氯代物 H 有两种不同的结构，所以 G 的结构简式为 $CH_3{-}CH(CH_3){-}COOH$ ，推出 F 的结构简式为 $CH_2{=}C(CH_3){-}COOH$ ，推出 A 的结构简式为 $CH_2{=}C(CH_3){-}COOCH_3$ 。根据加聚反应的特点即可写出 A 发生加聚反应的化学方程式。

温馨提示：请自主完成课后作业(十二)

课后作业·单独成册

第 2 课时　羧酸衍生物

自主预习

知新导学

1. 酯

(1)组成、结构和命名

①酯是羧酸分子羧基中的—OH 被—OR′取代后的产物，可简写为 RCOOR′，其中 R 和 R′可以相同，也可以不同；其中 R 可以是烃基，也可以是 H，但 R′只能是烃基。

②酯的官能团是 $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R$ 。

③命名：根据生成酯的羧酸和醇命名为某酸某酯。如 $CH_3COOCH_2CH_3$：乙酸乙酯；$HCOOCH_2CH_3$：甲酸乙酯。

(2)低级酯的物理性质

低级酯是具有芳香气味的液体，密度一般比水的小，易溶于有机溶剂。

2. 油脂

(1)组成和结构

油脂是高级脂肪酸和甘油形成的酯，属于酯类化合物，其结构可表示为

$$\begin{array}{l} R-COO-CH_2 \\ \quad\quad\quad\quad | \\ R'-COO-CH \\ \quad\quad\quad\quad | \\ R''-COO-CH_2 \end{array}$$

，其中 R、R′和 R″代表高级脂肪酸的烃基。

(2)常见的高级脂肪酸

分类	名称	结构简式
饱和脂肪酸	软脂酸	$C_{15}H_{31}COOH$
	硬脂酸	$C_{17}H_{35}COOH$
不饱和脂肪酸	油酸	$C_{17}H_{33}COOH$
	亚油酸	$C_{17}H_{31}COOH$

(3)油脂的分类

分类	物理性质	代表物	代表物分子组成
油	常温下通常呈液态，熔点较低	植物油(花生油、大豆油等)	含较多不饱和高级脂肪酸的甘油酯
脂肪	常温下通常呈固态，熔点较高	动物油脂(羊油、牛油等)	含较多饱和高级脂肪酸的甘油酯

(4)油脂的化学性质

①水解反应(以硬脂酸甘油酯为例)

条件	化学方程式
酸性	$\begin{array}{l} C_{17}H_{35}COOCH_2 \\ \quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COOCH \\ \quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COOCH_2 \end{array} + 3H_2O \underset{\triangle}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + 3C_{17}H_{35}COOH$
碱性	$\begin{array}{l} C_{17}H_{35}COOCH_2 \\ \quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COOCH \\ \quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COOCH_2 \end{array} + 3NaOH \xrightarrow{\triangle} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + 3C_{17}H_{35}COONa$

②油脂的氢化

不饱和程度较高、熔点较低的液态油，通过催化加氢可提高饱和度，转变成半固态的脂肪，这个过程称为油脂的氢化。如油酸甘油酯通过氢化反应转变为硬脂酸甘油酯的化学方程式为

$$\begin{array}{l} CH_2-OOCC_{17}H_{33} \\ | \\ CH-OOCC_{17}H_{33} \\ | \\ CH_2-OOCC_{17}H_{33} \end{array} + 3H_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂}$$

$$\begin{array}{l} CH_2—OOCC_{17}H_{35} \\ | \\ CH—OOCC_{17}H_{35} \\ | \\ CH_2—OOCC_{17}H_{35} \end{array}$$ 。

[注意] 上述过程也可称为油脂的硬化，这样制得的油脂叫人造脂肪，通常又称为硬化油。

3. 酰胺

(1)胺

①组成和结构

烃基取代氨分子中的氢原子而形成的化合物叫做胺，一般可写作 $R—NH_2$。胺也可以看作是烃分子中的氢原子被氨基所替代得到的化合物。

②化学性质

胺类化合物具有碱性，如苯胺能与盐酸反应，生成可溶于水的苯胺盐酸盐，化学方程式为

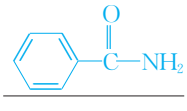
。

(2)酰胺

①组成和结构

酰胺是羧酸分子中羟基被氨基所替代得到的化合物。其结构一般表示为 $R—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—NH_2$，其中的 $R—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—$ 叫做酰基，$—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—NH_2$ 叫做酰胺基。

②常见的酰胺

名称	乙酰胺	苯甲酰胺	*N*,*N*-二甲基甲酰胺
结构简式	$CH_3—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—NH_2$		$H—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—N(CH_3)_2$

③化学性质——水解反应

a. 酸性、加热条件下水解生成羧酸和铵盐，化学方程式为 $RCONH_2+H_2O+HCl \xrightarrow{\triangle} RCOOH+NH_4Cl$ 。

b. 碱性、加热条件下水解生成羧酸盐和氨，化学方程式为 $RCONH_2+NaOH \xrightarrow{\triangle} RCOONa+NH_3\uparrow$ 。

小试牛刀

1. 下列各组物质中最简式相同，但既不是同系物又不是同分异构体的是 (D)

A. 丙烯和环丙烷　　B. 甲烷和正丁烷

C. 乙酸和甲酸甲酯　　D. 乙醛和乙酸乙酯

2. 有机物 $CH_3—\overset{OH}{\overset{|}{C}H}—\overset{O}{\overset{\|}{C}}—OH$ 不能发生的反应是 (D)

A. 酯化反应　　B. 取代反应

C. 消去反应　　D. 水解反应

3. “地沟油”指在生活中存在的各类劣质油脂。下列将“地沟油”变废为宝的各种方案中一定不能实现的是 (B)

A. 发酵生产乙醇、沼气

B. 分馏获得汽油、煤油

C. 水解制造肥皂、甘油

D. 转化成工业润滑油

互动课堂

合作探究

探究 1 酯的水解反应

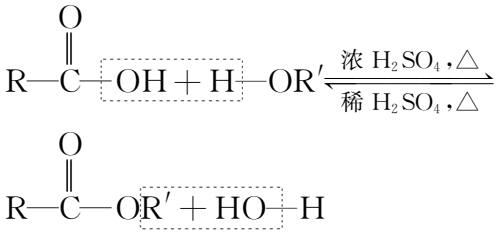
1. 酸解——酸性条件：

$$RCOOR'+H_2{}^{18}O \underset{\triangle}{\overset{稀\ H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} RCO^{18}OH+R'OH$$

2. 碱解——碱性条件(皂化反应):

$$RCOOR' + NaOH \xrightarrow{\triangle} RCOONa + R'OH$$

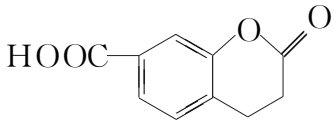
说明:(1)酸性条件下,酯化反应和酯的水解反应互为可逆反应。



(2)酯在碱性溶液中水解生成羧酸盐,水解程度较大。

(3)甲酸某酯($H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR$)中含有醛基,表现还原性,能和银氨溶液、新制氢氧化铜悬浊液反应。

【例 1】(双选)化合物 X 是一种医药中间体,其结构简式如图所示。下列有关化合物 X 的说法正确的是 ( )



A. 该物质分子式为 $C_{10}H_9O_4$

B. 在酸性条件下水解,水解产物只有一种

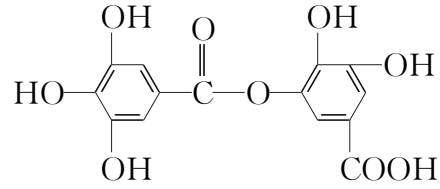
C. 分子中所有原子处于同一平面

D. 1 mol 化合物 X 最多能与 3 mol NaOH 反应

【答案】BD

【解析】由结构简式可知化合物 X 的分子式为 $C_{10}H_8O_4$,故 A 错误;化合物 X 分子中具有环酯结构,则水解产物只有一种,故 B 正确;化合物 X 分子中含有饱和烃基,具有甲烷的结构特点,则所有原子不可能在同一个平面上,故 C 错误;化合物 X 分子中含有羧基、酯基且酯基可水解生成酚羟基,则 1 mol 化合物 X 最多能与 3 mol NaOH 反应,故 D 正确。

【变式训练 1】有一种有机物的结构简式如图所示。下列有关此有机物性质的叙述中,正确的是 (A)



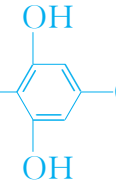
A. 它有弱酸性,能与 NaOH 反应

B. 它不能发生水解反应

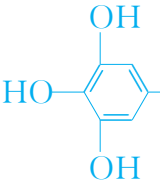
C. 它能发生水解反应,水解后生成两种产物

D. 它能发生水解反应,水解后生成三种产物

【解析】该有机物含有酯基,能发生水解反应,B 错误;该有机物在酸性条件下水解,产物只有



,在碱性条件下水解产物只有



,C、D 错误。

探究 2 酯、油脂、矿物油的比较

物质	酯	油脂		矿物油
		油	脂肪	
组成	羧酸与醇发生酯化反应而生成的物质	不饱和高级脂肪酸甘油酯	饱和高级脂肪酸甘油酯	多种烃(石油及其分馏产品)
状态	液态或固态	液态	固态	液态
性质	在酸或碱的作用下水解	具有酯的性质,能水解,兼有烯烃的性质	具有酯的性质,能水解	具有烃的性质,不能水解
存在	花草、水果等	油料作物	动物脂肪	石油
鉴别	加含酚酞的 NaOH 溶液,加热,红色变浅且不再分层			加含酚酞的 NaOH 溶液,加热,无明显现象
类别	酯类			烃类

【例 2】(双选)下列有关油脂的说法中,正确的是 ( )

A. 油脂包括矿物油、植物油与动物油

B. 油脂的皂化反应得到高级脂肪酸盐和甘油

C. 植物油能使碘酒褪色

D. 油脂属于高分子,可以发生水解反应

【答案】BC

【解析】A 项,矿物油是烃,不是油脂,错误;B 项,油脂的皂化反应是油脂在碱性条件下发生水解反应,生成高级脂肪酸盐与甘油,正确;C 项,植物油中含有碳碳双键,能与碘单质发生加成反应,正确;D 项,油脂的相对分子质量较小,不属于高分子,错误。

【变式训练 2】某些地区曾发生用石蜡油等工业用油加工大米的"毒米事件",威胁人们的健康。植物油和石蜡油虽然都称为"油",但从化学组成和分子结构看,它们是完全不同的。下列说法中,正确的是 (B)

A. 植物油属于纯净物,石蜡油属于混合物

B. 植物油属于酯类,石蜡油属于烃类

C. 植物油属于有机化合物,石蜡油属于无机化合物

D. 植物油属于高分子,石蜡油属于小分子

【解析】植物油、石蜡油都属于混合物和有机化合物,都不属于高分子。

随堂小练

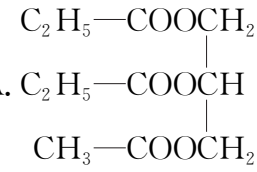
1. 乙酸甲酯在 KOH 溶液催化下水解得到的产物是 (D)

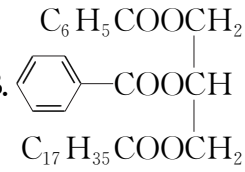
A. 乙酸和甲醇　　B. 乙酸钾和乙醇

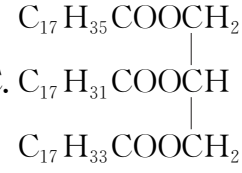
C. 甲酸和甲醇　　D. 乙酸钾和甲醇

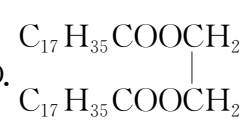
【解析】在碱性条件下,乙酸甲酯水解生成的乙酸会继续与碱反应生成乙酸盐。

2. 下列物质属于油脂的是 (C)

A. 

B. 

C. 

D. 

【解析】油脂是高级脂肪酸和甘油形成的酯类化合物。

3. 食品店出售的冰激凌是硬化油,它是以多种植物油为原料制得的,此过程中发生反应的类型是 (C)

A. 水解反应　　B. 加聚反应

C. 加成反应　　D. 取代反应

【解析】植物油中含有不饱和键,与 H_2 发生加成反应,由液态油转变成半固态的脂肪。

4. 乙酰胺在氢氧化钠溶液中加热水解生成的产物是 (D)

A. 乙酸和氯化铵　　B. 乙酸钠和氯化铵

C. 甲酸钠和氨　　D. 乙酸钠和氨

【解析】在碱性并加热的条件下,乙酰胺水解生成乙酸盐和氨。

5. 区别植物油和矿物油的正确方法是 (B)

A. 看色态是否澄清、透明

B. 加 NaOH 溶液,煮沸

C. 加新制的 $Cu(OH)_2$

D. 加酸性 $KMnO_4$ 溶液,振荡

【解析】植物油的成分是不饱和高级脂肪酸的甘油酯,矿物油指汽油、煤油等,其成分为液态烷烃、烯烃等。纯净的植物油和矿物油都是澄清、透明的无色液体,A 项错误;向两者中分别加入 NaOH 溶液后煮沸,分层现象消失的为植物油,无变化的为矿物油,B 项正

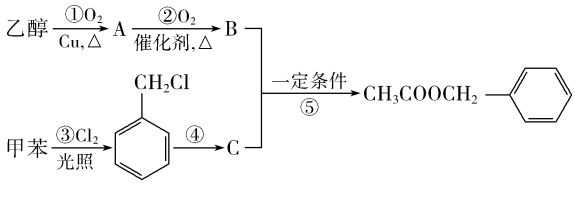
确；植物油和矿物油都不与新制的 $Cu(OH)_2$ 反应，C 项错误；植物油中含不饱和键，可使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，若矿物油是裂化汽油，同样也能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，D 项错误。

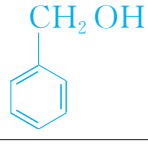
6. 有机化合物甲的分子式为 $C_5H_{10}O_2$，在酸性条件下，甲水解为乙和丙两种有机化合物，在相同的温度和压强下，同质量的乙和丙的蒸气所占体积相同，则甲的可能结构有 （ C ）

A. 8 种　　B. 4 种　　C. 2 种　　D. 3 种

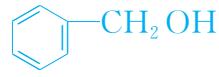
【解析】已知甲的分子式为 $C_5H_{10}O_2$，再结合甲能水解可知甲为酯，由于酯水解后能得到羧酸和醇，且相同条件下，同质量的乙和丙的蒸气所占体积相同即乙和丙的相对分子质量相同，故甲水解生成的是乙酸和正丙醇（或异丙醇），则甲为乙酸丙酯或乙酸异丙酯。

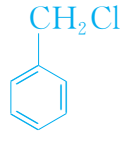
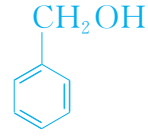
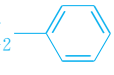
7.《茉莉花》是首非常美妙的民歌。乙酸苯甲酯可以从茉莉花中提取，也可通过如下路线合成：



(1) 乙酸苯甲酯的分子式为 $C_9H_{10}O_2$，C 的结构简式为  ，B 中所含官能团的名称为 羧基，③的反应类型为 取代反应。

(2) ①的化学方程式为 $2CH_3CH_2OH+O_2 \xrightarrow[\triangle]{Cu} 2CH_3CHO+2H_2O$。

(3) 乙酸苯甲酯与 NaOH 溶液反应的离子方程式为 CH_3COOCH_2— $+OH^- \xrightarrow{\triangle} CH_3COO^- +$  —CH_2OH。

【解析】乙醇在 Cu 作催化剂、加热条件下发生氧化反应生成的 A 为 CH_3CHO，CH_3CHO 进一步被氧化生成的 B 为 CH_3COOH。甲苯与氯气发生取代反应生成  ，又由 B 与 C 在一定条件下反应生成乙酸苯甲酯可知，C 为  ，苯甲醇与乙酸在一定条件下发生酯化反应生成 CH_3COOCH_2—  。

温馨提示：请自主完成课后作业（十三）

课后作业 · 单独成册

第五节 有机合成

自主预习

知新导学

1. 有机合成的主要任务

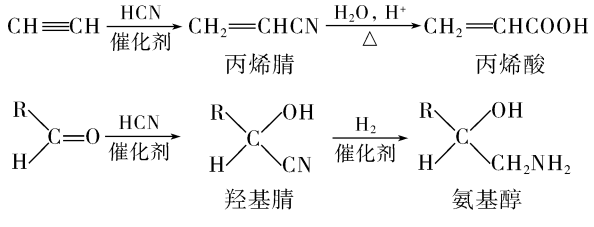
使用相对简单易得的原料，通过有机化学反应来 构建碳骨架 和 引入官能团 ，由此合成具有 特定结构 和 性质 的目标分子。

(1)构建碳骨架

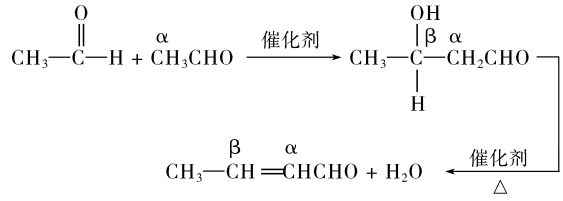
①碳链的增长

通过引入含碳原子的官能团等方式使碳链增长。例如：

a. 炔烃和醛中的不饱和键与 HCN 发生 加成 反应生成含有氰基(—CN)的物质，再经水解生成羧酸，或经催化加氢还原生成胺。这样，在将羧基、氨基等官能团引入碳链的同时，产物较原料分子增加了一个碳原子。

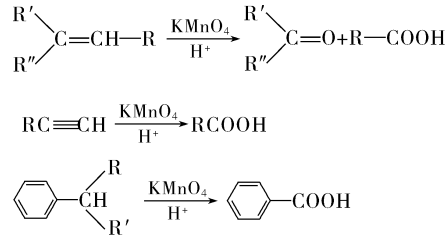


b. 醛分子中在醛基邻位碳原子上的氢原子(α-H)受羰基吸电子作用的影响，具有一定的活泼性。分子内含有 α-H 的醛在一定条件下可发生加成反应，生成 β-羟基醛，该产物易失水，得到 α，β-不饱和醛。这类反应被称为 羟醛缩合 反应，是一种常用的增长碳链的方法。例如：



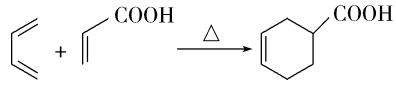
②碳链的缩短

氧化反应等可以使烃分子链缩短。例如，烯烃、炔烃及芳香烃的侧链被酸性高锰酸钾溶液氧化，生成碳链缩短的羧酸或酮。



③成环

共轭二烯烃(含有两个碳碳双键，且两个双键被一个单键隔开的烯烃，如 1，3-丁二烯)与含碳碳双键的化合物在一定条件下发生第尔斯-阿尔德反应，得到环加成产物，构建了环状碳骨架。例如：



(2)引入官能团

①引入碳碳双键的方法

a. 卤代烃、醇 的消去；b. 炔烃 的不完全加成。

②引入碳卤键的方法

a. 醇、酚 的取代；b. 烯烃、炔烃 的加成；c. 烷烃、苯及苯的同系物 的取代。

③引入羟基的方法

a. 烯烃、炔烃与水 的加成；b. 卤代烃、酯的水解；c. 醛的还原。

④引入醛基的方法

a. 炔烃 的水化；b. 烯烃 的氧化；c. 醇 的催化氧化。

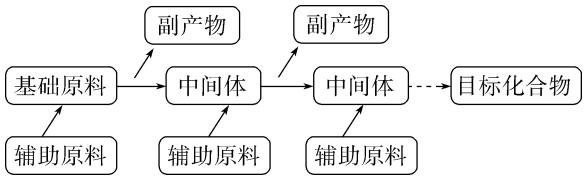
⑤引入羧基的方法

a. 烯烃、炔烃及芳香烃的侧链被 酸性高锰酸钾溶液 氧化；b. 酯、含—CN 化合物的水解。

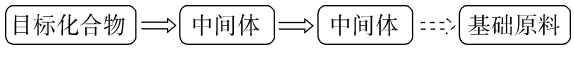
2. 有机合成路线的设计与实施

(1)有机合成的过程与方法

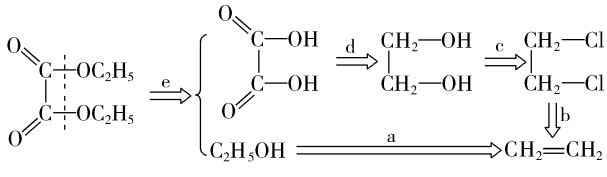
①正合成分析法



②逆合成分析法



③应用实例(以合成乙二酸二乙酯为例)



根据以上分析，可确定合成乙二酸二乙酯的基础原料为乙烯($CH_2=CH_2$)，通过 5 步反应完成合成，写出反应的化学方程式：

a. $CH_2=CH_2+H_2O \xrightarrow[\triangle,加压]{催化剂} CH_3CH_2OH$；

b. $CH_2=CH_2+Cl_2 \longrightarrow CH_2(Cl)—CH_2(Cl)$；

c. $CH_2(Cl)—CH_2(Cl)+2NaOH \xrightarrow[\triangle]{H_2O} CH_2(OH)—CH_2(OH)+2NaCl$；

d. $CH_2(OH)—CH_2(OH)+2O_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} HO—C(=O)—C(=O)—OH+2H_2O$；

e. $HO—C(=O)—C(=O)—OH+2CH_3CH_2OH \xrightarrow[\triangle]{催化剂} C_2H_5O—C(=O)—C(=O)—OC_2H_5+2H_2O$。

(2)有机合成路线的设计与选择

①合成步骤较少，副反应少，反应产率高。

②原料、溶剂和催化剂尽可能价廉易得、低毒。

③反应条件温和，操作简便，产物易于分离提纯。

④污染排放少。

在进行有机合成时，要贯彻“绿色化学”理念，选择最佳合成路线，以较低的经济成本和环境代价得到目标产物。

小试牛刀

1. 在 $CH_3CH_3 \rightarrow CH_3CH_2Cl \rightarrow CH_2=CH_2 \rightarrow CH_3CH_2OH$ 的转化过程中，经历的反应依次是 (C)

A. 取代→加成→氧化 B. 裂解→取代→消去

C. 取代→消去→加成 D. 取代→消去→水解

2. 下列反应可以在烃分子中引入卤素原子的是 (B)

A. 苯和溴水共热

B. 甲苯蒸气与溴蒸气在光照条件下混合

C. 溴乙烷与 NaOH 水溶液共热

D. 溴乙烷与 NaOH 的醇溶液共热

3. 以苯为原料，下列不能通过一步反应制得的有机物是 (D)

A. 溴苯 B. 硝基苯

C. 环己烷 D. 苯酚

互动课堂

合作探究

探究 1 官能团的引入和转化

1. 常见取代反应中，官能团的引入或转化

(1)烷烃的取代，如 $CH_4+Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_3Cl+HCl$。

(2)芳香烃的取代，如 $+Br_2 \xrightarrow{FeBr_3}$ $—Br+HBr\uparrow$。

(3)卤代烃的水解，如 $CH_3CH_2X+NaOH \xrightarrow[\triangle]{H_2O} CH_3CH_2OH+NaX$。

(4)酯的水解，如 $CH_3COOC_2H_5+H_2O \underset{\triangle}{\overset{稀硫酸}{\rightleftharpoons}} CH_3COOH+C_2H_5OH$。

2. 常见加成反应中，官能团的引入或转化

(1)烯烃与 HX、H_2O、X_2 等的加成，如 $CH_2=CH_2+HX \longrightarrow CH_3CH_2X$。

(2)炔烃与 HX、H_2O、X_2 等的加成，如 $CH\equiv CH+HCl \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_2=CHCl$。

(3)醛、酮的加成，如 $CH_3CHO+H_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_3CH_2OH$。

3. 常见氧化反应中，官能团的引入或转化

(1)烯烃的氧化，如 $2CH_2=CH_2+O_2 \xrightarrow{一定条件} 2CH_3CHO$。

(2)含侧链的芳香烃被强氧化剂氧化，如 $—CH_3 \xrightarrow{酸性\ KMnO_4\ 溶液}$ $—COOH$。

(3)醇的氧化，如 $2CH_3CH_2OH+O_2 \xrightarrow[\triangle]{Cu/Ag} 2CH_3CHO+2H_2O$。

(4)醛的氧化，如 $2CH_3CHO+O_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} 2CH_3COOH$、$CH_3CHO+2Cu(OH)_2+NaOH \xrightarrow{\triangle} CH_3COONa+Cu_2O\downarrow+3H_2O$。

4. 常见消去反应中，官能团的引入或转化

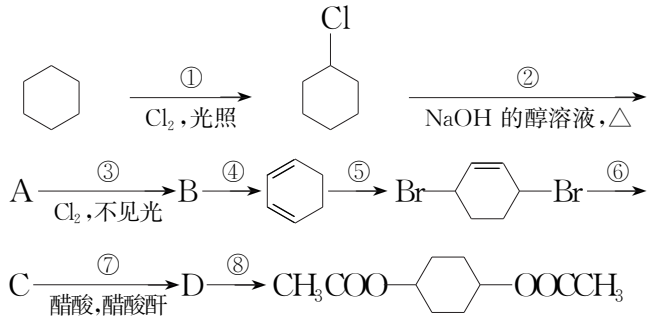
(1)卤代烃的消去

① $CH_3—\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}—CH_3 + NaOH \xrightarrow[\triangle]{醇} CH_2=CH—CH_3\uparrow+NaCl+H_2O$；

② $CH_2Cl—CH_2Cl + 2NaOH \xrightarrow[\triangle]{醇} CH\equiv CH\uparrow+2NaCl+2H_2O$。

(2)醇的消去：$CH_3CH_2OH \xrightarrow[170\ ℃]{浓硫酸} CH_2=CH_2\uparrow+H_2O$。

【例 1】由环己烷可制备 1,4-环己醇二醋酸酯。下面是有关的 8 步反应(其中所有无机产物都已略去)：



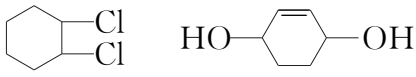
其中有 3 步属于取代反应，2 步属于消去反应，3 步属于加成反应。

(1)反应①、_____和_____属于取代反应，反应_____是羟基的引入，反应_____和_____是消去反应。

(2)写出下列化合物的结构简式：B_____，C_____。

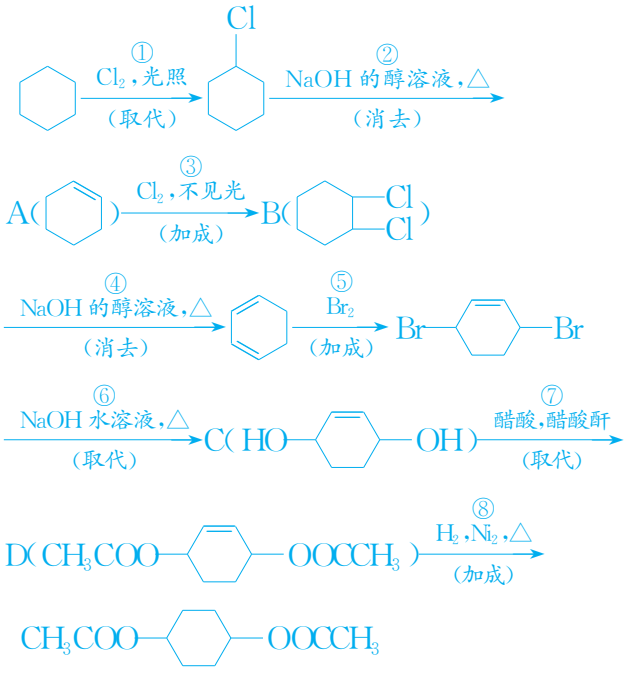
(3)反应④所用试剂和条件是_____。

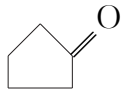
【答案】(1)⑥ ⑦ ⑥ ② ④

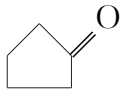
(2) 

(3)NaOH 的醇溶液，加热

【解析】该题的目标是合成 1,4-环己醇二醋酸酯，通过正向合成，可以逐步推出各步未知的中间产物及反应类型。



【变式训练 1】(双选)化合物 A()可由环戊烷经 3 步反应合成：

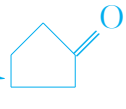
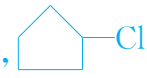
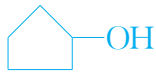
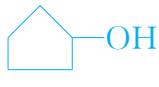
$X \xrightarrow{反应2} Y \xrightarrow{反应3}$  。下列说法错误的是 (CD)

A. 反应 1 可用的试剂是氯气

B. 反应 3 可用的试剂是氧气和铜

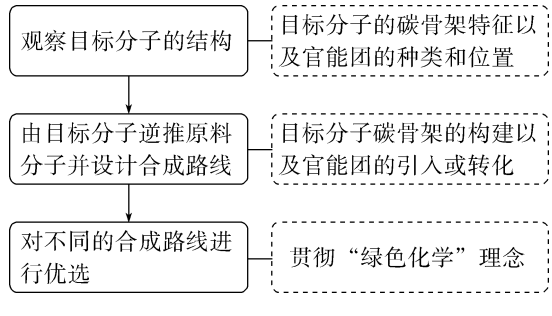
C. 反应 1 为取代反应，反应 2 为消去反应

D. A 可通过取代反应合成 Y

【解析】由 制取  ，首先使环戊烷和氯气在光照条件下发生取代反应生成  和氢氧化钠的水溶液在加热条件下发生取代反应生成 Y，Y 为 在铜作催化剂、加热条件下发生催化氧化反应生成 ，所以反应 1 的试剂和条件为 Cl_2/光照，反应 2 的化学方程式为 + NaOH $\xrightarrow[\triangle]{H_2O}$  +NaCl，反应 3 可用的试剂为 O_2/Cu。由上述分析可知，反应 1 可用的试剂是氯气，故 A 正确；反应 3 是将羟基氧化成酮羰基，所以可用的试剂是氧气和铜，故 B 正确；反应 1 为取代反应，反应 2 为卤代烃的水解反应，属于取代反应，故 C 错误；A 为 ，Y 为  ，则酮羰基与氢气发生加成反应可实现 A 到 Y 的转化，故 D 错误。

探究 2 有机合成路线的设计与实施

1. 有机合成路线的设计



(1)设计有机合成路线时，首先要正确判断需合成的有机化合物的类别，它含有哪些官

能团，与哪些知识信息有关。

(2)其次是根据现有的原料、信息和有关反应规律，尽可能合理地把目标化合物分成若干片段，或寻找官能团的引入、转化、保护方法，或设法将各片段拼凑衍变，尽快找出合成目标化合物的关键。

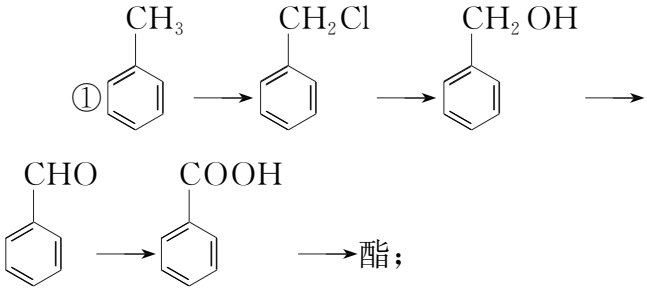
(3)最后将正向推导和逆向推导得出的若干个合成路线加以综合比较，选择最佳的合成路线。

2. 常见有机物的合成路线

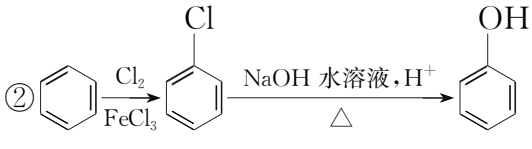
(1)一元合成路线：$R—CH=CH_2 \xrightarrow{HX}$ 卤代烃 ⟶ 一元醇 ⟶ 一元醛 ⟶ 一元羧酸 ⟶ 酯。

(2)二元合成路线：$CH_2=CH_2 \xrightarrow{卤素单质}$ $CH_2X—CH_2X$ ⟶ 二元醇 ⟶ 二元醛 ⟶ 二元羧酸 ⟶ 链酯、环酯、聚酯。

(3)芳香族化合物的合成路线

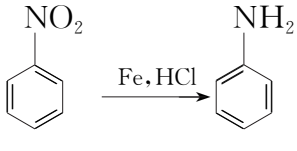
① 

⟶酯；

② 

。

【例 2】对氨基苯甲酸可用甲苯为原料合成，已知苯环上的硝基可被还原为氨基：



，产物苯胺还原性强，易被氧化，则由甲苯合成对氨基苯甲酸的步骤合理的是 ( )

A. 甲苯 $\xrightarrow{硝化}$ X $\xrightarrow{氧化甲基}$ Y $\xrightarrow{还原硝基}$ 对氨基苯甲酸

B. 甲苯 $\xrightarrow{氧化甲基}$ X $\xrightarrow{硝化}$ Y $\xrightarrow{还原硝基}$ 对氨基苯甲酸

C. 甲苯 $\xrightarrow{还原}$ X $\xrightarrow{氧化甲基}$ Y $\xrightarrow{硝化}$ 对氨基苯甲酸

D. 甲苯 $\xrightarrow{硝化}$ X $\xrightarrow{还原硝基}$ Y $\xrightarrow{氧化甲基}$ 对氨基苯甲酸

【答案】A

【解析】由甲苯制取对氨基苯甲酸时，需发生硝化反应引入硝基，再还原得到氨基，且将甲基氧化才得到羧基；因氨基易被氧化，故将甲基氧化为羧基应在还原硝基前，否则生成的氨基也会被氧化，故先进行硝化反应，再将甲基氧化为羧基，最后将硝基还原为氨基。另外还要注意$—CH_3$为邻、对位取代定位基，而—COOH为间位取代定位基，故B、C、D均错。

【变式训练 2】用丙醛(CH_3CH_2CHO)制取聚丙烯 $\left[CH(CH_3)—CH_2\right]_n$ 的过程中发生的反应类型依次为 (C)

①取代反应 ②消去反应 ③加聚反应 ④水解反应 ⑤氧化反应 ⑥还原反应

A. ①④⑥ B. ⑤②③

C. ⑥②③ D. ②④⑤

【解析】用丙醛制取聚丙烯的过程为

$CH_3CH_2CHO \xrightarrow{H_2加成(还原)} CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{消去}$

$CH_3CH=CH_2 \xrightarrow{加聚} \left[CH(CH_3)—CH_2\right]_n$，故C正确。

随堂小练

1. 以 2-溴丙烷为原料制取 1,2-丙二醇,需要经过的反应是 (B)

A. 加成—消去—取代 B. 消去—加成—取代

C. 消去—取代—加成 D. 取代—消去—加成

【解析】要制取 1,2-丙二醇,则需要 1,2-二溴丙烷发生水解反应得到,而丙烯与溴发生加成反应得到 1,2-二溴丙烷;2-溴丙烷通过消去反应即可得到丙烯,故 B 符合题意。

2. 下列有机反应中可以引入羟基的反应有(A)

①取代反应 ②加成反应 ③消去反应

④酯化反应 ⑤氧化反应 ⑥还原反应

A. ①②⑥ B. ①②③

C. ①④⑤⑥ D. ①②③⑥

【解析】通过卤代烃的水解反应(取代反应)可以引入羟基,①正确;通过烯烃与水的加成反应可以引入羟基,②正确;消去反应通常为消除羟基或卤素原子,引入碳碳双键或碳碳三键,③错误;酯化反应是消除而不是引入羟基,④错误;氧化反应不可以引入羟基,⑤错误;醛、酮与氢气的加成反应,属于还原反应,在结构中引入了羟基,⑥正确。

3. 下列是有机合成的三个步骤:①对不同的合成路线进行优选;②由目标分子逆推原料分子并设计合成路线;③观察目标分子的结构。正确的顺序是 (B)

A. ①②③ B. ③②①

C. ②③① D. ②①③

【解析】由有机合成路线的设计可知,B 正确。

4. 下列以乙烯为原料合成丙酸(CH_3CH_2COOH)的途径中,不可能达到目的的是 (A)

A. 乙烯 $\xrightarrow[\text{氧化}]{\text{催化}}$ 乙醛 $\xrightarrow[OH^-]{\text{甲醛}}$ 化合物 X $\xrightarrow[\text{氧化}]{\text{催化}}$ 丙酸

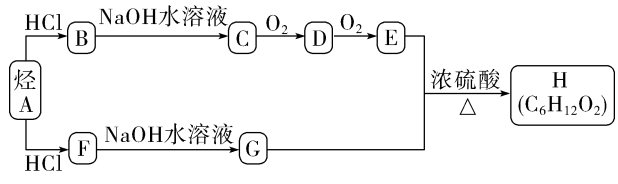
B. 乙烯 $\xrightarrow{HBr}$ 溴乙烷 $\xrightarrow{NaCN}$ 化合物 Y $\xrightarrow[H^+]{H_2O}$ 丙酸

C. 乙烯 $\xrightarrow{HCN}$ 化合物 Z $\xrightarrow{H_2O、H^+}$ 丙酸

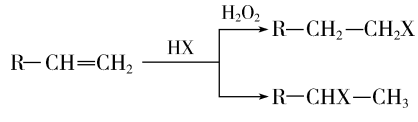
D. 乙烯 $\xrightarrow[\text{催化剂}]{CO、H_2}$ 丙醛 $\xrightarrow{\text{催化剂}}$ 丙酸

【解析】A 项的设计中化合物 X 为甲醛与乙醛在碱性条件下反应生成 $CH_3\overset{HO}{\overset{|}{C}}H\overset{O}{\overset{\|}{C}}H$ 或 $CH_2\overset{OH}{\overset{|}{C}}H_2CHO$,发生催化氧化时不能生成丙酸,故不合理。

5. H 是一种香料,可用如图的设计方案合成。



已知:①在一定条件下,有机化合物有下列转化关系(X 为卤素原子):



②烃 A 和等物质的量的 HCl 在不同的条件下发生加成反应,既可以生成只有一个甲基的 B,也可以生成含有两个甲基的 F。

(1)D 的结构简式为 CH_3CH_2CHO 。

(2)A→B 的化学方程式是 $CH_3CH{=}CH_2+HCl\xrightarrow{H_2O_2}CH_3CH_2CH_2Cl$ 。

(3)F→G 的化学反应类型为 取代反应(或水解反应) 。

(4)E+G→H 的化学方程式是 $CH_3CH_2COOH+CH_3CHOHCH_3\underset{\triangle}{\overset{\text{浓硫酸}}{\rightleftharpoons}}CH_3CH_2COOCH(CH_3)_2+H_2O$ 。

(5)H 有多种同分异构体,其中含有一个羧

基，且其烃基上一氯代物有两种的是 $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-CH_2-COOH$ （填结构简式）。

【解析】由图示的转化关系和题中信息可知，A 应为 $CH_3CH{=}CH_2$，由 C→D→E 可知，C 应为 $CH_3CH_2CH_2OH$，则 B 为 $CH_3CH_2CH_2Cl$，F 为 $CH_3-\overset{Cl}{CH}-CH_3$，则 D、E、G 的结构简式可分别推出。

(1) D 应为丙醛，其结构简式为 CH_3CH_2CHO。

(2)A→B 的反应是在 H_2O_2 条件下发生的加成反应。

(3)F→G 的反应是卤代烃的水解反应，属于取代反应。

(4)E 为丙酸，G 为 2-丙醇，生成 H 的反应为酯化反应。

(5)H 属于酯类，与有 6 个碳原子的饱和一元羧酸互为同分异构体，因该羧酸烃基上只有两种不同化学环境的氢原子，故其结构简式为 $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-CH_2-COOH$ 。

温馨提示：请自主完成课后作业(十四)

课后作业·单独成册

三、知能拓展

重难突破

要点1 醇的氧化反应和消去反应规律

1. 醇的催化氧化反应规律

并不是所有的醇都能发生催化氧化反应，醇能发生催化氧化反应的条件是连有羟基(—OH)的碳原子上必须有氢原子，否则就不能被催化氧化。由于醇发生催化氧化的反应机理是失去羟基上的氢原子和与羟基相连的碳原子上的一个氢原子，因此，不同结构醇的催化氧化的产物不同。醇发生催化氧化反应时，有以下反应规律：

(1)醇分子中，若与羟基(—OH)直接相连的碳原子上有两个氢原子，则该醇可被氧化成醛。如 $2RCH_2OH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} 2RCHO + 2H_2O$(R 为烃基或氢原子)。

(2)醇分子中，若与羟基(—OH)直接相连的碳原子上只有一个氢原子，则该醇可被氧化成酮。

如 $2R_1-\underset{}{\overset{R_2}{\overset{|}{C}}}HOH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} 2R_1-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_2 + 2H_2O$($R_1$、$R_2$ 都是烃基)。

(3)醇分子中，若与羟基(—OH)直接相连的碳原子上没有氢原子，则该醇不能被催化氧化。如 $R_1-\overset{R_2}{\overset{|}{\underset{R_3}{\underset{|}{C}}}}-OH$ 不能被催化氧化成醛或酮(R_1、R_2、R_3 都是烃基)。

2. 醇的消去反应规律

醇在浓硫酸存在的条件下，加热到一定温度就能发生分子内的脱水反应，生成碳碳双键，即发生消去反应。因醇发生消去反应是失去羟基的同时，还要失去与羟基直接相连的碳原子的相邻碳原子上的一个氢原子，因此，并不是所有的醇都能发生消去反应。醇发生消去反应的规律如下：

(1)无邻位碳原子或与羟基(—OH)直接相连的碳原子的相邻碳原子上没有氢原子的醇，不能发生消去反应。如 CH_3OH、 $-CH_2OH$、$R_1-\overset{R_2}{\overset{|}{\underset{R_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_2OH$($R_1$、$R_2$、$R_3$ 都是烃基)都不能发生消去反应。

(2)如果与羟基(—OH)直接相连的碳原子不在碳链的一端，则主要生成双键碳上取代基较多的烯烃，即消去氢原子少的相邻碳原子上的氢原子。如 $2CH_3CH_2\underset{OH}{\underset{|}{C}}HCH_3 \xrightarrow[\triangle]{浓\ H_2SO_4} \underset{(主)}{CH_3CH{=}CHCH_3}\uparrow + \underset{(次)}{CH_3CH_2CH{=}CH_2}\uparrow + 2H_2O$。

【例1】下列物质能发生消去反应，但不能发生催化氧化反应的是 ( )

A. $-CH_2OH$

B. $(CH_3)_2CHOH$

C. $CH_3CH_2C(CH_3)_2CH_2OH$

D. $CH_3CH_2C(CH_3)_2OH$

【答案】D

【解析】醇的消去反应的机理为 β-H 消去，即与羟基相连的碳原子(α-碳)的邻位碳原子(β-碳)上如果有氢原子，则该醇可以在一定的条件下发生消去反应。A、C 中无 β-H，所以不能发生消去反应，B、D 中有 β-H，所以可以发生

消去反应。醇的催化氧化反应的机理为 α-H 脱除氧化，即与官能团羟基相连的碳原子(α-碳)上如果有氢原子，则该醇可以在一定的条件下发生催化氧化反应，A、B、C 中都有 α-H，所以都能发生催化氧化反应，D 中没有 α-H，所以 D 不能发生催化氧化反应。本题选 D。

【变式训练 1】下列醇类物质中，能被氧化成醛的是 (A)

A. $CH_3CH_2CH_2OH$

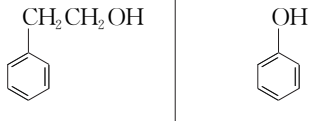
B. $CH_3CHOHCH_3$

C. $(CH_3)_3CCH(CH_3)OH$

D. $CH_3CH_2C(CH_3)_2OH$

【解析】含“$—CH_2OH$”结构的醇可被氧化成醛；A 被氧化为丙醛；B、C 被氧化为酮；D 不能被氧化，答案为 A。

要点 2 醇和酚的比较

类别	脂肪醇	芳香醇	酚
实例	CH_3CH_2OH		
官能团	醇羟基(—OH)	醇羟基(—OH)	酚羟基(—OH)
结构特点	—OH 与链烃基相连	—OH 与苯环侧链上的碳原子相连	—OH 与苯环直接相连
主要化学性质	(1)与钠反应 (2)取代反应 (3)消去反应 (4)氧化反应 (5)酯化反应		(1)弱酸性 (2)取代反应 (3)显色反应 (4)加成反应 (5)与钠反应 (6)氧化反应
特性	灼热的铜丝插入某些醇中，有刺激性气味物质(醛或酮)生成		与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应

【例 2】苯酚(—OH)在一定条件下能与氢气加成得到环己醇(—OH)。下列关于这两种有机物的叙述中，错误的是 ( )

A. 都能发生取代反应

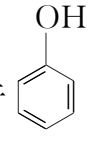
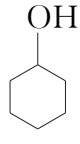
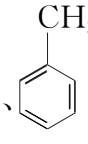
B. 都能与金属钠反应放出氢气

C. 苯酚是比碳酸更强的酸，环己醇则显中性

D. 苯酚与 $FeCl_3$ 溶液作用显紫色，环己醇加入 $FeCl_3$ 溶液中无明显现象

【答案】C

【解析】苯酚和环己醇均能发生取代反应，故 A 正确；醇羟基和酚羟基都可以和金属钠反应生成氢气，故 B 正确；苯酚的酸性比碳酸弱，故 C 错误；苯酚和氯化铁溶液作用显紫色，环己醇加入氯化铁溶液中无明显现象，故 D 正确。

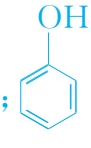
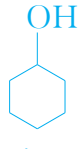
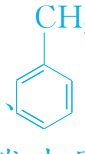
【变式训练 2】(双选)下列关于  、  、  的说法不正确的是 (BD)

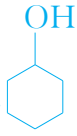
A. 都能与金属钠反应放出氢气

B. 都能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应

C. 都能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色

D. 都能在一定条件下发生加成反应

【解析】三种物质都含有—OH，都能与钠反应产生氢气，A 正确；  属于酚类，  、  属于醇类，只有酚能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应，B 不正确；苯酚和含 $—\overset{|}{\underset{|}{C}}—OH$ 结构的醇都能被酸性 $KMnO_4$ 溶液

氧化而使其褪色，C 正确； 

不能发生加成反应，D 不正确。

要点 3 卤代烃在有机合成中的桥梁作用

1. 卤代烃的作用

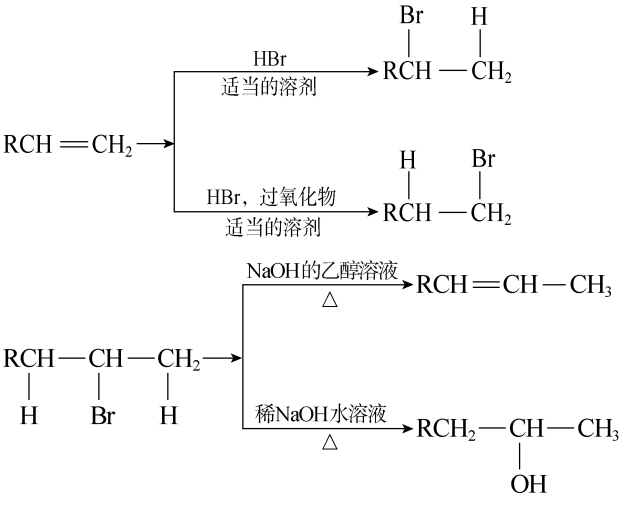
卤代烃既可以发生消去反应生成烯烃，又可以发生取代反应引入羟基，所以在有机合成中引入官能团时，常常使用卤代烃作为中间桥梁，经过消去、加成、取代等一系列反应，得到目标产物。

(1)引入羟基官能团制备醇或酚

由于一些卤代烃可以水解生成醇，故在有机合成题中常利用“先生成卤代烃，再水解引入羟基”的方法来引入羟基或增加羟基的数目。如 1-丙醇⟶1，2-丙二醇，思路是 1-丙醇$\xrightarrow{\text{消去}}$丙烯$\xrightarrow{X_2}$1，2-二卤代丙烷$\xrightarrow{\text{水解}}$1，2-丙二醇。又如乙烯⟶乙二醇、丙烯⟶1，2-丙二醇等均是利用“先生成卤代烃，再水解得到醇”的原理。

(2)在分子指定位置引入官能团

在有机反应中，反应物相同而条件不同，可得到不同的主产物，如下式中—R 代表烃基，副产物均已略去。条件不同，H 和 Br 所主要加成的位置不同。如：

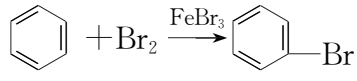


2. 在烃分子中引入卤素原子的方法

卤素原子的引入是改变分子性能的第一步反应，在有机合成和有机推断中起着桥梁的作用。在烃分子中引入—X 有以下两种途径：

(1)烃与卤素单质的取代反应

$CH_3CH_3+Cl_2\xrightarrow{\text{光照}}CH_3CH_2Cl+HCl$；



。

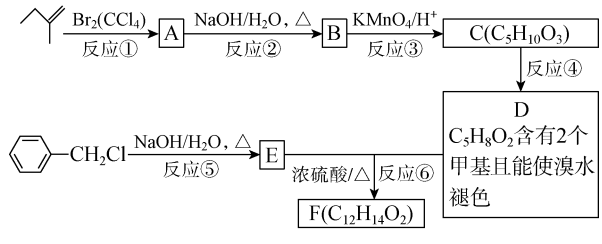
(2)不饱和烃与卤素单质、卤化氢等的加成反应

$CH_3CH{=}CH_2+Br_2\longrightarrow CH_3CHBrCH_2Br$；

$CH_3CH{=}CH_2+HBr\longrightarrow CH_3CHBrCH_3$；

$CH{\equiv}CH+HBr\xrightarrow{\text{催化剂}}CH_2{=}CHBr$。

【例 3】有机物 F 可用于制造香精，可利用下列路线合成。



回答下列问题：

(1) 分子中可能共面的原子最多有_____个。

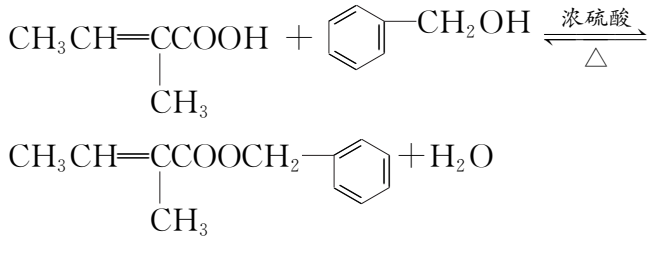
(2)物质 A 的名称是_____。

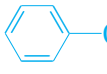
(3)物质 D 中含氧官能团的名称是_____。

(4)反应④的反应类型是_____。

(5)写出反应⑥的化学方程式：_____。

【答案】(1)9　(2)2-甲基-1，2-二溴丁烷　(3)羧基　(4)消去反应　(5)



【解析】 和溴发生的是加成反应，A的结构简式为 $CH_3CH_2C(CH_3)BrCH_2Br$，反应②是水解反应，生成的B的结构简式为 $CH_3CH_2C(CH_3)OHCH_2OH$。B氧化得到C，则C的结构简式为 $CH_3CH_2C(CH_3)OHCOOH$。根据C和D的分子式可判断，反应④是消去反应，则D的结构简式为 $CH_3CH{=}C(CH_3)COOH$，反应⑤是卤代烃的水解反应，则E的结构简式为  CH_2OH，E和D通过酯化反应生成F，则F的结构简式为 $CH_3CH{=}C(CH_3)COOCH_2$ 。

(1) 分子中的5个C、双键上的2个H、2个甲基上各有1个H可能共面，故可能共面的原子最多有9个。

(2)A为 $CH_3CH_2C(CH_3)BrCH_2Br$，其名称是2-甲基-1,2-二溴丁烷。

(3)D为 $CH_3CH{=}C(CH_3)COOH$，其含氧官能团为羧基。

(4)反应④为醇的消去反应。

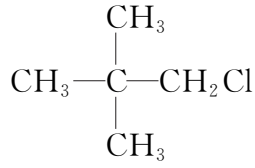
(5)反应⑥为D、E的酯化反应，化学方程式为

$$CH_3CH{=}C(CH_3)COOH + C_6H_5CH_2OH \xrightleftharpoons[\triangle]{\text{浓硫酸}} CH_3CH{=}C(CH_3)COOCH_2C_6H_5 + H_2O。$$

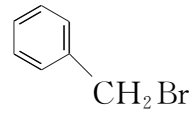
【变式训练3】下列关于甲、乙、丙、丁四种有机物说法正确的是 （ D ）

CH_3Cl 甲

$CH_3CH(Br)CH_3$ 乙



丙



丁

A. 甲、乙、丙、丁中加入NaOH的醇溶液共热，然后加入稀硝酸至溶液呈酸性，再滴入 $AgNO_3$ 溶液，均有沉淀生成

B. 甲中加入NaOH水溶液共热，再滴入 $AgNO_3$ 溶液，可检验该物质中含有的卤素原子

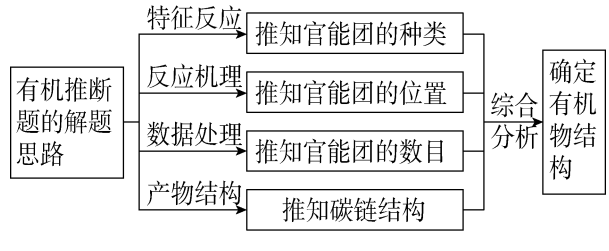
C. 乙发生消去反应得到两种烯烃

D. 丙与NaOH水溶液共热，反应后生成的醇能被氧化为醛

【解析】甲、丙、丁与NaOH的醇溶液不能发生消去反应，加入稀硝酸至溶液呈酸性，再滴入 $AgNO_3$ 溶液，没有沉淀生成，故A错误；甲中加入NaOH水溶液共热，反应液没有进行酸化，再滴入 $AgNO_3$ 溶液，溶液中的 OH^- 会干扰卤素原子的检验，故B错误；乙发生消去反应只得到丙烯一种烯烃，故C错误；丙与NaOH水溶液共热生成2,2-二甲基-1-丙醇，能被氧化为2,2-二甲基丙醛，故D正确。

要点4 有机推断题的解题思路和方法

1. 有机推断题的解题思路



2. 解有机推断题的一般方法

(1)找已知条件最多的、信息量最大的。这些信息可以是化学反应、有机物性质(包括

物理性质)、反应条件、实验现象、官能团的结构特征、变化前后的碳链或官能团间的差异、数据上的变化等。

(2)寻找特殊的或唯一的。包括具有特殊性质的物质(如常温下处于气态的含氧衍生物——甲醛)、特殊的分子式(这种分子式只能有一种结构)、特殊的反应、特殊的颜色等。

(3)根据数据进行推断。数据往往起突破口的作用,常用来确定有机物的分子式或某种官能团的数目。

(4)根据加成所需 H_2、Br_2 的量,确定分子中不饱和键的类型及数目;由加成产物的结构,结合碳的四价确定不饱和键的位置。

(5)如果不能直接推断某物质,可以假设几种可能,结合题给信息进行顺推或逆推,猜测可能,再验证可能,看是否完全符合题意,从而得出正确答案。

3.解有机推断题的关键——找准突破口

(1)根据反应现象推知官能团

①能使溴水褪色,可推知该物质分子中可能含有碳碳双键、三键或醛基。②能使酸性高锰酸钾溶液褪色,可推知该物质分子中可能含有碳碳双键、三键、醛基或为苯的同系物。③遇三氯化铁溶液显紫色,可推知该物质分子中含有酚羟基。④遇碘水变蓝,可推知该物质为淀粉。⑤加入新制氢氧化铜悬浊液,加热,有砖红色沉淀生成;或加入银氨溶液,水浴加热,有银镜生成,可推知该分子结构中含有醛基,则该物质可能为醛类、甲酸或甲酸某酯。⑥加入金属 Na 放出氢气,可推知该物质分子结构中含有羟基或羧基。⑦加入 Na_2CO_3 溶液或 $NaHCO_3$ 溶液产生 CO_2 气体,可推知该物质分子结构中含有羧基。⑧加入溴水出现白色沉淀,可推知该物质为苯酚或其衍生物。⑨能水解,可推知该物质可能含有碳卤键或酯基,其中能水解生成醇和羧酸的物质是酯。

(2)根据特征数字推断官能团

①某有机物与醋酸反应,相对分子质量增加 42,则表明有机物分子中含有 1 个—OH;增加 84,则表明有机物分子中含有 2 个—OH。因为—OH 转变为了—OOC—CH_3。②某有机物在催化剂作用下被氧气氧化,若相对分子质量增加 16,则表明有机物分子内有 1 个—CHO(变为—COOH);若增加 32,则表明有机物分子内有 2 个—CHO(变为—COOH)。③某有机物与 Cl_2 反应,若有机物的相对分子质量增加 71,则说明有机物分子内含有 1 个碳碳双键;若增加 142,则说明有机物分子内含有 2 个碳碳双键或 1 个碳碳三键。

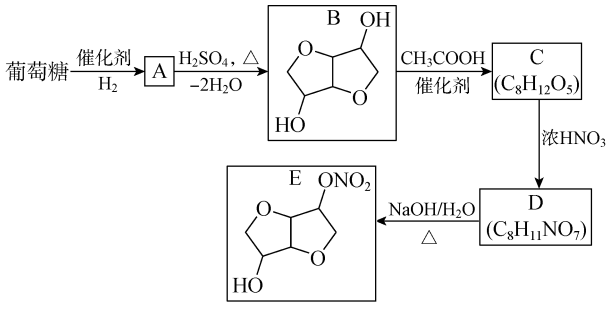
(3)根据反应产物推知官能团位置

①若由醇氧化得醛或羧酸,可推知—OH 一定连接在有 2 个氢原子的碳原子上;由醇氧化为酮,推知—OH 一定连在有 1 个氢原子的碳原子上;若醇不能在催化剂作用下被氧化,则—OH 所连的碳原子上无氢原子。②由消去反应的产物,可确定—OH 或—X 的位置。③由取代反应产物的种类数,可确定碳链结构。如已知烷烃分子式和一氯代物的种类数时,可推断其可能的结构。有时甚至可以在不知其分子式的情况下,判断其可能的结构简式。④由加氢后碳链的结构,可推测原物质分子中 $\diagdown C{=}C \diagdown$ 的位置。

(4)根据反应条件推断反应类型

①在氢氧化钠水溶液中发生水解反应,则反应可能为卤代烃的水解反应或酯的水解反应。②在氢氧化钠的醇溶液中加热发生反应,则一定是卤代烃发生了消去反应。③在浓硫酸存在并加热至 170 ℃时发生反应,则该反应为乙醇的消去反应。④能与氢气在镍催化条件下发生反应,则为烯烃、炔烃、苯及其同系物、醛的加成反应(或还原反应)。⑤能在稀硫酸作用下发生反应,则为酯、二糖、淀粉等的水解反应。⑥能与溴水反应,可能为烯烃、炔烃的加成反应。

【例 4】以葡萄糖为原料制得的山梨醇(A)和异山梨醇(B)都是重要的生物质转化平台化合物。E 是一种治疗心绞痛的药物,由葡萄糖为原料合成 E 的路线如下:



回答下列问题:

(1)葡萄糖的分子式为_____。

(2)A 中含有的官能团的名称为_____。

(3)由 B 到 C 的反应类型为_____。

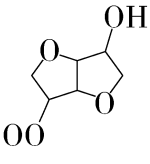
(4)C 的结构简式为_____。

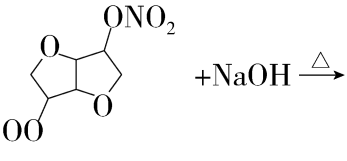
(5)由 D 到 E 的化学方程式为_____

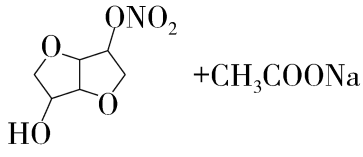
_____。

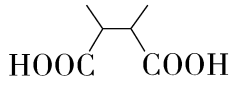
(6)F 是 B 的同分异构体,7.30 g F 与足量饱和碳酸氢钠反应放出 2.24 L 二氧化碳(标准状况),F 的可能结构共有_____种(不考虑立体异构);其中核磁共振氢谱有 3 组峰,且峰面积比为 3∶1∶1 的化合物的结构简式为_____。

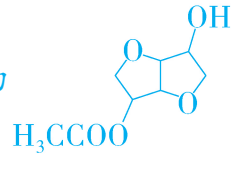
【答案】(1)$C_6H_{12}O_6$ (2)羟基 (3)取代反应(或酯化反应)

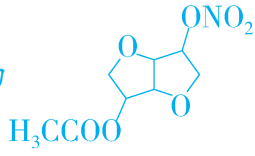
(4) 

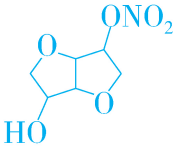
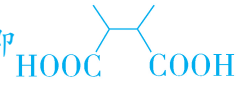
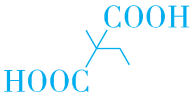
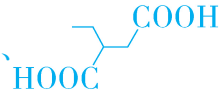
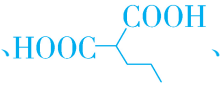
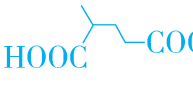
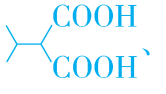
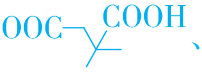
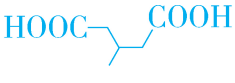
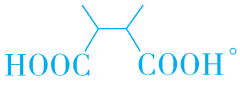
(5) 



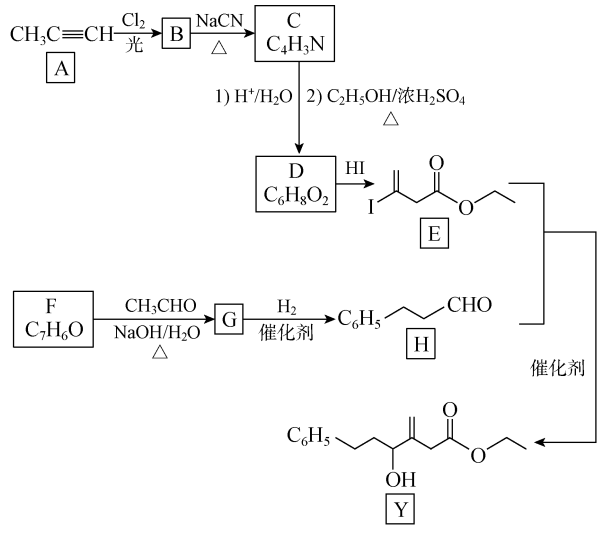
(6)9 

【解析】葡萄糖在催化剂作用下与氢气发生醛基的加成反应生成 A,A 在浓硫酸的作用下发生分子内脱水反应生成 B,B 与乙酸发生酯化反应生成 C,根据 C 与 D 的分子式可知 C 生成 D 是 C 分子中的一个羟基与硝酸发生酯化反应,D 在氢氧化钠溶液中水解生成 E,据此解答。(1)葡萄糖的分子式为 $C_6H_{12}O_6$。(2)葡萄糖在催化剂作用下与氢气发生醛基的加成反应生成 A,因此 A 中含有的官能团的名称为羟基。(3)由 B 到 C 发生酯化反应,反应类型为取代反应。(4)根据 B 的结构简式可知 C 的结构简式为  。(5)由 D 到 E 是酯基在碱性条件下的水解反应,化学方程式

为  +NaOH $\xrightarrow{\triangle}$

 +CH_3COONa。(6)F 是 B 的同分异构体，分子式为 $C_6H_{10}O_4$，相对分子质量为 146，7.30 g F 与足量饱和碳酸氢钠反应可释放出 2.24 L 二氧化碳(标准状况)，说明 F 分子中含有羧基，7.30 g F 的物质的量是 7.3 g ÷146 g/mol＝0.05 mol，二氧化碳是 0.1 mol，因此 F 分子中含有 2 个羧基，则 F 相当于丁烷分子中的 2 个氢原子被羧基取代，如果是正丁烷，根据“定一移一”可知有 6 种结构。如果是异丁烷，则有 3 种结构，所以可能的结构共有 9 种(不考虑立体异构)，即  、 、  、  、  、  、  、  、  。其中核磁共振氢谱有 3 组峰，且峰面积比为 3∶1∶1 的化合物的结构简式为  。

【变式训练 4】有报道称，碘代化合物 E 与化合物 H 在 Cr-Ni 催化下可以发生偶联反应，合成一种多官能团的化合物 Y，其合成路线如下：



已知：RCHO ＋ CH_3CHO $\xrightarrow[\triangle]{NaOH/H_2O}$ R—CH═CH—CHO＋H_2O。

回答下列问题：

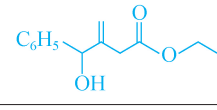
(1)A 的化学名称是 丙炔 。

(2)B 为单氯代烃，由 B 生成 C 的化学方程式为 ═—CH_2Cl＋NaCN $\xrightarrow{\triangle}$ ═—CH_2CN＋NaCl 。

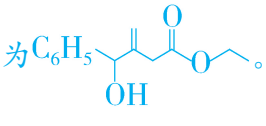
(3)由 A 生成 B、G 生成 H 的反应类型分别是 取代反应 、 加成反应 。

(4)D 的结构简式为 ═—$CH_2COOC_2H_5$ 。

(5)Y 中含氧官能团的名称为 羟基、酯基 。

(6)E 与 F 在 Cr-Ni 催化下也可以发生偶联反应，产物的结构简式为  。

【解析】A 到 B 是在光照下的取代反应，Cl 应该取代饱和碳上的 H，所以 B 为 CH_2Cl—C≡CH；B 与 NaCN 反应，根据 C 的分子式确定 B 到 C 是 Cl 被 CN 取代，所以 C 为

$CH_2(CN)C{\equiv}CH$；C 在酸性条件下水解得到 $CH{\equiv}CCH_2COOH$，再与乙醇酯化得到 D，所以 D 为 $CH{\equiv}CCH_2COOCH_2CH_3$，D 与 HI 加成得到 E。根据题目的已知反应，要求 F 中一定要有醛基，再根据 H 的结构可知 F 中有苯环，所以 F 一定为 —CHO；F 与 CH_3CHO 发生题目已知反应得到 G，G 为 —CH=CHCHO；G 与氢气加成得到 H；H 与 E 发生偶联反应得到 Y。(1)A 的名称为丙炔。(2)B 为 $CH_2(Cl)C{\equiv}CH$，C 为 $CH_2(CN)C{\equiv}CH$，所以化学方程式为 $CH_2(Cl)C{\equiv}CH + NaCN \xrightarrow{\triangle} CH_2(CN)C{\equiv}CH + NaCl$。(3)由上述分析可知，A 生成 B 的反应是取代反应，G 生成 H 的反应是加成反应。(4)D 为 $CH{\equiv}CCH_2COOCH_2CH_3$。(5)Y 中含氧官能团为羟基和酯基。(6)E 和 H 发生偶联反应可以得到 Y，将 H 换为 F 就是将苯环直接与醛基相连，所以将 Y 中的苯环直接与羟基相连的碳连接即可，所以产物为  。

拓展提升

1. 酯类物质广泛存在于香蕉、梨等水果中。某实验小组先从梨中分离出一种酯，然后将分离出的酯水解，得到了乙酸和另一种化学式为 $C_6H_{13}OH$ 的物质。对于此过程，下列分析不正确的是 （ C ）

A. $C_6H_{13}OH$ 分子中含有羟基

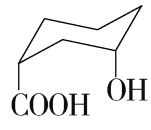
B. $C_6H_{13}OH$ 可与金属钠发生反应

C. 实验小组分离出的酯可表示为 $C_6H_{13}COOCH_3$

D. 稀硫酸是该反应的催化剂

【解析】$C_6H_{13}OH$ 分子中含有羟基，A 项正确；$C_6H_{13}OH$ 分子内含羟基，可与金属钠发生反应，B 项正确；根据题意可知，酯水解得到乙酸和化学式为 $C_6H_{13}OH$ 的醇，则该酯为 $CH_3COOC_6H_{13}$，C 项错误；酯水解生成酸和醇，反应为可逆反应，其中稀硫酸作催化剂，D 项正确；答案选 C。

2. 有机物 X 的结构简式如图，某同学对其可能具有的化学性质进行了预测，其中正确的是 （ D ）



①可以使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色

②可以和 $NaHCO_3$ 溶液反应

③一定条件下能与 H_2 发生加成反应

④在浓硫酸、加热条件下，能与冰醋酸发生酯化反应

A. ①②　　B. ②③

C. ①②③　　D. ①②④

【解析】该有机物中含有醇羟基，可以使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，故①正确；含有羧基，可以和 $NaHCO_3$ 溶液反应，故②正确；含有的羧基不能与 H_2 发生加成反应，故③错误；含有羟基，在浓硫酸、加热条件下，能与冰醋酸发生酯化反应，故④正确；故选 D。

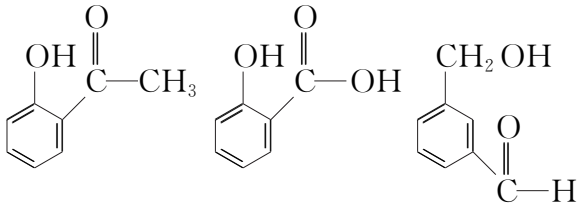
3. 甲、乙两组有机反应类型相同的是 （ B ）

选项	甲组	乙组
A	苯与氢气在催化剂、加热条件下反应	苯与液溴在溴化铁作用下反应
B	蔗糖在稀硫酸中反应生成葡萄糖	丙烯酸与甲醇在催化剂作用下反应
C	氧气与乙醇在铜和加热条件下反应	丙烯与溴的四氯化碳溶液反应
D	在酸性重铬酸钾溶液中滴加乙醇	光照条件下甲烷与氯气反应

【解析】本题考查有机反应类型的判断，意在考查学生的推理能力。题中有机反应类型如下表：

选项	甲组	乙组
A	加成反应	取代反应
B	取代反应	取代反应
C	氧化反应	加成反应
D	氧化反应	取代反应

4. 关于下列物质的说法，正确的是 （ D ）



甲　　乙　　丙

A. 三者含有的官能团的种类相同

B. 乙和丙中的—OH 性质相同

C. 甲和乙互为同分异构体

D. 甲和丙互为同分异构体

【解析】甲中含有酚羟基、羰基两种官能团，乙中含有酚羟基、羧基两种官能团，丙中含有醇羟基、醛基两种官能团，故 A、B 错误；甲、乙、丙的分子式分别为 $C_8H_8O_2$、$C_7H_6O_3$、$C_8H_8O_2$，因此只有甲、丙两种有机物互为同分异构体，故 C 错误，D 正确。

温馨提示：请自主完成第三章达标测试

课后作业 · 单独成册

第四章 生物大分子

一、课标导向

课标要求

1. 认识糖类的组成和性质特点；能列举典型糖类物质，能说明单糖、二糖和多糖的区别与联系。

2. 了解葡萄糖的结构特点、主要性质与应用。

3. 能描述淀粉、纤维素的典型性质，了解它们与葡萄糖的关系。

4. 知道糖类在食品加工和生物质能源开发上的应用。

5. 认识氨基酸的组成、结构特点和主要化学性质。

6. 认识蛋白质的组成和性质特点，能辨识蛋白质结构中的肽键。

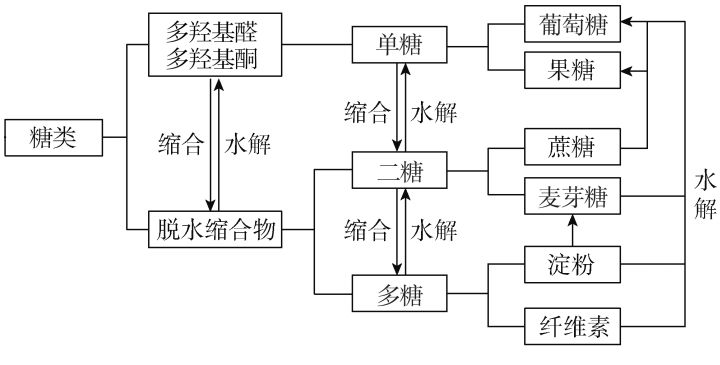
7. 知道氨基酸和蛋白质的关系，了解氨基酸、蛋白质与人体健康的关系。

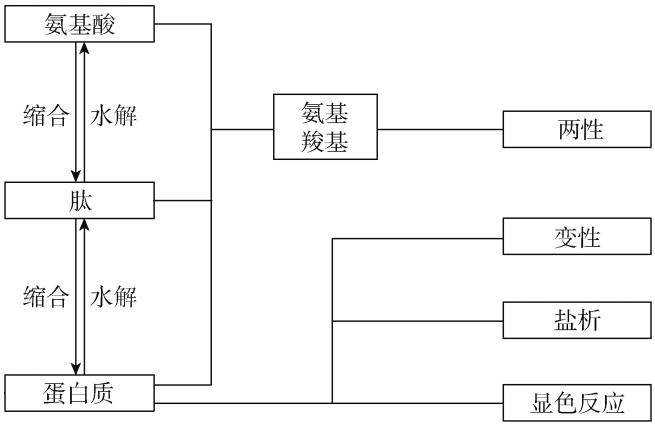
8. 了解脱氧核糖核酸、核糖核酸的结构特点和生物功能，能说明它们对于生命遗传的意义。

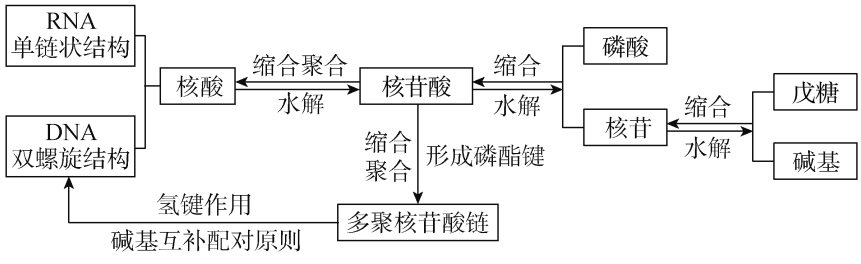
9. 能辨识核糖核酸、脱氧核糖核酸中的磷酯键，并能基于氢键分析碱基的配对原理。

10. 认识人工合成多肽、蛋白质、核酸等的意义，体会化学科学在生命科学发展中所起的重要作用。

知识网络







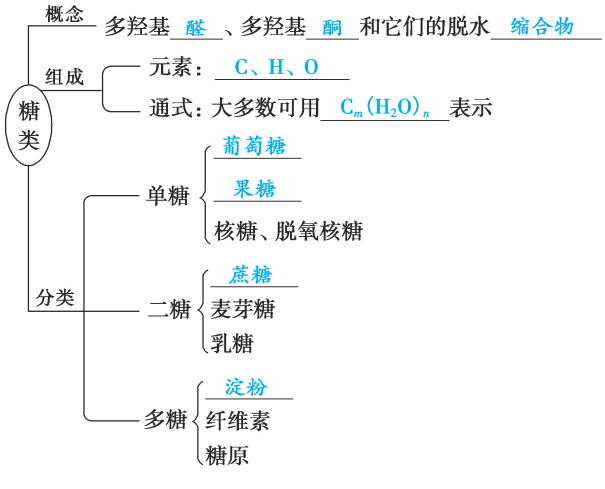
二、精讲精练

第一节　糖类

自主预习

知新导学

1. 糖类的组成和分类



2. 单糖

(1)葡萄糖

①存在及物理性质

存在	自然界中分布最广的单糖，存在于水果、蜂蜜，以及植物的种子、叶、根、花和动物的血液、淋巴液中
物理性质	无色晶体，易溶于水，熔点低，有甜味(甜度不如蔗糖)

②结构

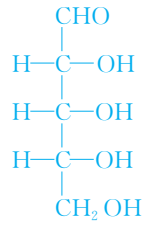
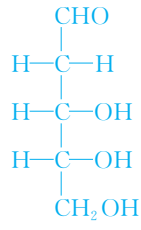
葡萄糖的分子式为 $C_6H_{12}O_6$ ，分子中含有1个醛基和5个羟基，是一种多羟基醛，属于 醛 糖，其结构简式为 $CH_2OH(CHOH)_4CHO$ 。

(2)果糖

①存在与物理性质：主要存在于水果和蜂蜜中，比蔗糖的甜度 高 。纯净的果糖为无色晶体，易溶于水， 吸湿 性强。

②结构：分子式为 $C_6H_{12}O_6$ ，是葡萄糖的 同分异构体 ，是一种多羟基酮，属于 酮 糖，其结构简式为 $CH_2OH(CHOH)_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_2OH$ 。

(3)核糖与脱氧核糖

名称	核糖	脱氧核糖
结构		
应用	核糖核酸(RNA)的重要组成部分	脱氧核糖核酸(DNA)的重要组成部分
特点	都是含有5个碳原子的单糖——戊糖	

3. 多糖

淀粉和纤维素是最重要的多糖，它们都是由大量葡萄糖单元相互连接组成的，属于 天然有机高分子 。其分子式可以表示为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 或 $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ ，二者分子中 n 值不同，组成和结构也不同。

(1)淀粉

存在	绿色植物光合作用的产物，是植物储存营养物质的一种形式，在种子、块根和块茎中含量丰富，谷类和薯类含淀粉较多
结构	天然淀粉由 直链淀粉 和 支链淀粉 组成
性质	色、味、态 — 白色粉末状物质，没有甜味 溶解性 — 不溶于冷水，在热水中部分溶解，形成胶状的淀粉糊 水解反应 — $\underset{淀粉}{(C_6H_{10}O_5)_n}+nH_2O\xrightarrow{酸或酶}\underset{葡萄糖}{nC_6H_{12}O_6}$ 酯化反应 — 分子中含有 醇羟基 ，能发生酯化反应 无还原性 — 不能被银氨溶液和氢氧化铜等弱氧化剂氧化，属于 非还原 糖 特征反应 — 遇碘显 蓝 色，可用于检验淀粉的存在
用途	①食物成分：可提供有机体所需的葡萄糖 ②工业原料：以淀粉或其水解生成的葡萄糖等为原料，经发酵可以得到多种产品；淀粉经酯化后可用于生产食品添加剂、表面活性剂和可降解塑料等

(2)纤维素

①存在及物理性质

存在	自然界中分布最广泛的一种多糖，参与构成植物的细胞壁
物理性质	白色纤维状物质， 没有 甜味， 不溶 于水和一般的有机溶剂

②化学性质

a. 水解反应

在酸或酶的催化下纤维素水解的化学方程式：$\underset{纤维素}{(C_6H_{10}O_5)_n}+nH_2O\xrightarrow{酸或酶}\underset{葡萄糖}{nC_6H_{12}O_6}$ 。

b. 酯化反应：分子结构中含有醇羟基，能发生酯化反应。

c. 无还原性：不能被氢氧化铜等弱氧化剂氧化，属于 非还原 糖。

③用途

用途	原料或性能
纺织工业	棉和麻
造纸工业	木材、秸秆
制造纤维素硝酸酯(又称硝酸纤维)	极易燃烧，可用于生产火药、塑料和涂料等
制造纤维素乙酸酯(又称醋酸纤维)	不易燃烧，是一种纺织工业原料，可用于生产塑料、过滤膜、胶片等
制造黏胶纤维	用木材、秸秆等富含纤维素的物质经化学处理后，通过纺丝而制成的再生纤维。其中的长纤维一般称为 人造丝 ，短纤维称为 人造棉 ，都可用于纺织工业

小试牛刀

1. 下列关于糖类的叙述正确的是 (D)

A. 含有C、H、O三种元素的有机物叫糖

B. 糖类物质均能发生银镜反应

C. 糖类物质都有甜味

D. 糖类是多羟基醛、多羟基酮和它们的脱水缩合物

2. 下列变化中，葡萄糖发生还原反应的是 (B)

A. 葡萄糖变成葡萄糖酸

B. 葡萄糖变成六元醇

C. 葡萄糖变成二氧化碳和水

D. 葡萄糖变成某种酯

3. 下列反应类型中，葡萄糖不能发生的是 (D)

A. 酯化反应　　B. 氧化反应

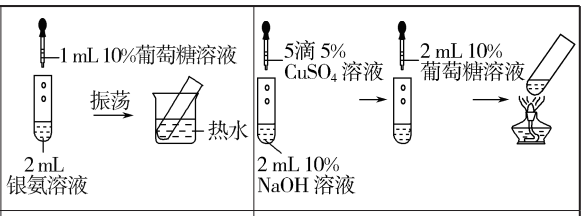
C. 加成反应　　D. 水解反应

互动课堂

合作探究

探究 1　葡萄糖的化学性质

1. 被弱氧化剂(银氨溶液、氢氧化铜)氧化

实验操作		
实验现象	试管壁上有银镜生成	试管中出现砖红色沉淀
化学方程式	$CH_2OH(CHOH)_4CHO+2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{\triangle} CH_2OH(CHOH)_4COONH_4+2Ag\downarrow+3NH_3+H_2O$	$CH_2OH(CHOH)_4CHO+2Cu(OH)_2+NaOH \xrightarrow{\triangle} CH_2OH(CHOH)_4COONa+Cu_2O\downarrow+3H_2O$
实验结论	葡萄糖对银氨溶液、氢氧化铜等弱氧化剂表现出还原性，属于还原糖	

2. 生物体内的催化氧化

葡萄糖是一种重要的营养物质，经酶的催化发生氧化反应放出热量，提供维持生命活动所需要的能量。反应的化学方程式为 $\underset{葡萄糖}{C_6H_{12}O_6}+6O_2 \xrightarrow{酶} 6CO_2+6H_2O$。

3. 发酵生成酒精

$\underset{葡萄糖}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{酒化酶} 2C_2H_5OH+2CO_2\uparrow$

【例 1】下列有关葡萄糖的叙述中，错误的是 (　　)

A. 能加氢生成六元醇

B. 能发生银镜反应

C. 能与醇发生酯化反应

D. 能被氧化为 CO_2 和 H_2O

【答案】C

【解析】葡萄糖[$CH_2OH(CHOH)_4CHO$]分子中含有五个醇羟基和一个醛基。含有醛基，可与氢气加成得到六元醇，与银氨溶液反应可生成银镜；含有醇羟基，可与羧酸反应生成酯；葡萄糖由 C、H、O 三种元素组成，可燃烧生成 CO_2 和 H_2O 或在人体中被催化氧化为 CO_2 和 H_2O。

【变式训练 1】(双选)下列有关葡萄糖与果糖的说法中，不正确的是 (BD)

A. 二者互为同分异构体

B. 二者都难溶于水

C. 二者都能发生银镜反应

D. 葡萄糖比果糖要甜

【解析】A 项，葡萄糖和果糖的分子式都是 $C_6H_{12}O_6$，前者是多羟基醛，后者是多羟基酮，二者结构不同，互为同分异构体，正确；B 项，葡萄糖和果糖都易溶于水，错误；C 项，尽管果糖分子中不含醛基，但由于多个羟基对酮羰基的影响，使果糖也像葡萄糖一样能发生银镜反应，正确；D 项，二者都有甜味，但果糖比葡萄糖甜得多，错误。

探究2 二糖

1. 蔗糖和麦芽糖的比较

	蔗糖	麦芽糖
存在	存在于大多数植物体中，在甘蔗和甜菜中含量最丰富	主要存在于发芽的谷粒和麦芽中
分子式	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_{12}H_{22}O_{11}$
物理性质	无色晶体，易溶于水，有甜味	白色晶体，易溶于水，有甜味（甜度比蔗糖的低）
水解反应	在酸或酶的作用下，发生水解反应：$\underset{蔗糖}{C_{12}H_{22}O_{11}}+H_2O \xrightarrow{酸或酶} \underset{葡萄糖}{C_6H_{12}O_6}+\underset{果糖}{C_6H_{12}O_6}$	在酸或酶的作用下，发生水解反应：$\underset{麦芽糖}{C_{12}H_{22}O_{11}}+H_2O \xrightarrow{酸或酶} 2\underset{葡萄糖}{C_6H_{12}O_6}$
联系	从结构和组成上看，蔗糖和麦芽糖互为同分异构体	

2. 实验探究蔗糖、麦芽糖的还原性

实验内容	实验现象	实验结论
向盛有新制的$Cu(OH)_2$（呈碱性）的试管中加入蔗糖溶液，加热	无明显现象	蔗糖为非还原糖
向盛有新制的$Cu(OH)_2$（呈碱性）的试管中加入麦芽糖溶液，加热	有砖红色沉淀生成	麦芽糖为还原糖

【例2】下列对于蔗糖的说法中，不正确的是（　　）

A. 蔗糖是最重要的二糖，它的相对分子质量是葡萄糖的2倍

B. 纯净的蔗糖溶液中加入银氨溶液，微热，不发生银镜反应

C. 在蔗糖与稀硫酸共热后的溶液中滴加银氨溶液，再水浴加热，看不到有银镜生成

D. 在蔗糖里加入浓硫酸，可观察到颜色变黑，并有泡沫出现

【答案】A

【解析】蔗糖的分子式是$C_{12}H_{22}O_{11}$，其相对分子质量比葡萄糖的2倍小18，故A不正确。

【变式训练2】下列说法不正确的是（ A ）

A. 蔗糖是多羟基的醛类化合物

B. 蔗糖的水解产物能发生银镜反应

C. 蔗糖与麦芽糖水解都有葡萄糖生成

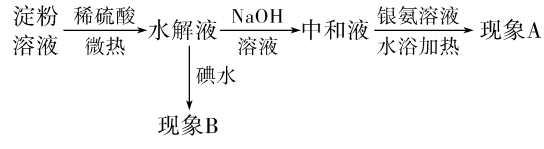
D. 蔗糖与麦芽糖互为同分异构体

【解析】蔗糖分子中不含醛基，故A不正确。

探究3 淀粉水解程度的判断及水解产物的检验

淀粉在酸或酶的作用下能够发生水解反应，最终生成葡萄糖。淀粉遇碘显蓝色，不能发生银镜反应；水解产物葡萄糖遇碘不能变蓝色，但能发生银镜反应。依据这一性质可判断淀粉在水溶液中是否发生了水解以及水解是否完全。

实验步骤如下：



实验现象及结论如下：

	现象A	现象B	结论
①	未出现银镜	溶液变蓝色	淀粉尚未水解
②	出现银镜	溶液变蓝色	淀粉部分水解
③	出现银镜	溶液不变蓝色	淀粉完全水解

【例3】某学生欲检验淀粉的水解程度，设计了以下四种实验方案并得出了自己的结论，其中实验方案设计及结论均正确的是（　　）

A. 淀粉溶液$\xrightarrow[\triangle]{H_2SO_4}$水解液$\xrightarrow{NaOH}$中和液$\xrightarrow{碘水}$溶液变蓝

结论：淀粉尚未水解

B. 淀粉溶液$\xrightarrow[\triangle]{H_2SO_4}$水解液$\xrightarrow[\triangle]{新制的Cu(OH)_2}$

有砖红色沉淀

结论：淀粉完全水解

C. 淀粉溶液 $\xrightarrow[\triangle]{H_2SO_4}$ 水解液 $\xrightarrow[\triangle]{银氨溶液}$ 无现象

结论：淀粉尚未水解

D. 淀粉溶液 $\xrightarrow[\triangle]{H_2SO_4}$ 水解液 $\xrightarrow{NaOH}$ 中和液 $\xrightarrow[\triangle]{新制的\ Cu(OH)_2}$ 有砖红色沉淀

结论：淀粉已水解

【答案】D

【解析】A 项，方案设计及结论均不正确，因为碘水与 NaOH 反应，溶液不会变蓝；B 项，方案设计及结论均不正确，因为当水解液呈酸性时，加入的新制 $Cu(OH)_2$ 先与硫酸发生中和反应而无法与葡萄糖作用；C 项，方案设计及结论均不正确；D 项，方案设计与结论均正确。

【变式训练 3】进行淀粉水解实验（包括检验水解产物及水解是否完全）时，除淀粉外，还需下列试剂中的一种或几种，实验时所需试剂的顺序依次是 （ B ）

①碘水 ②银氨溶液 ③NaOH 溶液 ④稀硫酸

A. ①②③④ B. ④①③②

C. ④①②③ D. ①④③②

【解析】淀粉水解需用④稀硫酸作催化剂，检验淀粉是否水解完全要用①碘水，检验水解产物前应用③NaOH 溶液中和 H_2SO_4，然后用②银氨溶液检验。

随堂小练

1.（双选）下列有关糖类的叙述正确的是 （ CD ）

A. 糖类都有甜味

B. 糖类都含有醛基，对氢氧化铜等弱氧化剂表现出还原性

C. 糖类的组成不都符合 $C_m(H_2O)_n$ 的通式

D. 糖类是多羟基醛、多羟基酮和它们的脱水缩合物

【解析】并不是所有的糖都有甜味，有些糖不是还原糖，有些糖的组成不符合碳水化合物的通式。

2. 下列物质中，在一定条件下既能发生水解反应，又能发生银镜反应的是 （ D ）

A. 蔗糖 B. 葡萄糖

C. 果糖 D. 麦芽糖

【解析】葡萄糖、果糖是单糖，不能发生水解反应；蔗糖没有还原性，不能发生银镜反应；麦芽糖属于二糖，且具有还原性，既能发生水解反应，又能发生银镜反应。

3.（双选）下列有关淀粉和纤维素两种物质的说法正确的是 （ BC ）

A. 二者都能水解，但水解的最终产物不同

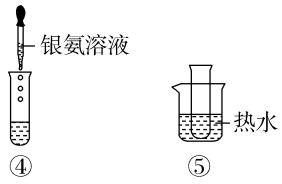
B. 二者所含 C、H、O 三种元素的质量分数相同

C. 它们都属于糖类，且都是高分子

D. 都可用 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 表示，但淀粉能发生银镜反应而纤维素不能

【解析】淀粉、纤维素都属于多糖，都是高分子，它们在一定条件下均能水解，最终产物均为葡萄糖；二者的组成都可用 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 表示，所以二者所含 C、H、O 的质量分数相同；二者都不能发生银镜反应。

4. 下列关于蔗糖属于非还原糖，而其水解产物具有还原性的实验方案的说法中正确的是 （ D ）



A. 验证蔗糖属于非还原糖的操作顺序：④③

B. 验证蔗糖属于非还原糖的操作顺序：④②⑤

C. 验证蔗糖水解产物具有还原性的操作顺序：①④⑤

D. 验证蔗糖水解产物具有还原性的操作顺序：①②④⑤

【解析】糖类是否属于还原糖，可通过银镜反应加以证明。银镜反应应该在水浴中进行加热，故不能选择③，同时考虑到银镜反应的发生应该在碱性条件下进行，故蔗糖水解后应先加碱中和过量的酸至碱性，才能进行银镜反应，综上所述，选 D。

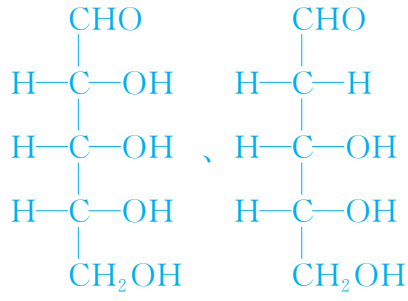
5. 根据核糖和脱氧核糖的结构式，推测其可能发生的反应类型：<u>①②③⑤⑥⑦</u>（填序号）。

①氧化反应　②还原反应　③酯化反应

④水解反应　⑤加成反应　⑥消去反应

⑦取代反应

【解析】核糖和脱氧核糖的结构简式分别为



，依据其结构特点及所含官能团，再结合反应类型的特点，不难作出判断。

温馨提示：请自主完成课后作业（十五）

课后作业·单独成册

第二节 蛋白质

自主预习

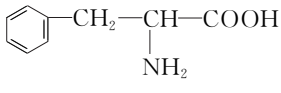
知新导学

1. 氨基酸

(1)概念和结构

氨基酸
- 概念 → 羧酸分子烃基上的氢原子被氨基取代得到的化合物
- 结构
  - 结构简式 → α-氨基酸：$R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$
  - 官能团
    - 氨基 → $-NH_2$
    - 羧基 → $-COOH$

(2)常见的氨基酸

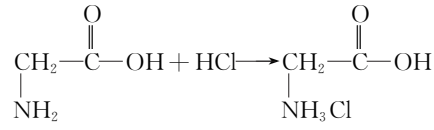
俗名	结构简式	系统命名
甘氨酸	H_2N-CH_2-COOH	氨基乙酸
丙氨酸	$CH_3-\underset{\underset{NH_2}{\vert}}{CH}-COOH$	2-氨基丙酸
谷氨酸	$HOOC-(CH_2)_2\underset{\underset{NH_2}{\vert}}{CH}-COOH$	2-氨基戊二酸
苯丙氨酸		2-氨基-3-苯基丙酸
半胱氨酸	$HS-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{\vert}}{CH}-COOH$	2-氨基-3-巯基丙酸

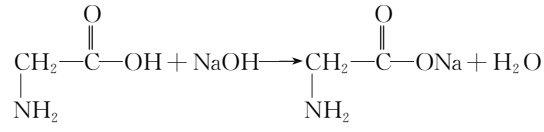
(3)物理性质

天然氨基酸均为 无 色晶体，熔点较 高 ，多在 200～300 ℃熔化时分解。一般能溶于水，而难溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。

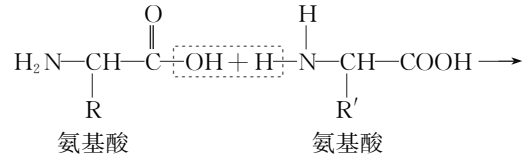
(4)化学性质

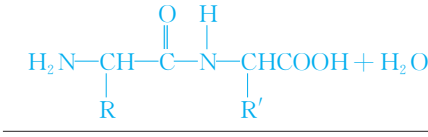
①氨基酸的两性：氨基酸分子中既含有羧基，又含有 氨 基。羧基是 酸 性基团，氨基是 碱 性基团，因此氨基酸是两性化合物，能与酸、碱反应生成盐。





②成肽反应：两个氨基酸分子(可以相同，也可以不同)在一定条件下，通过氨基与 羧 基间缩合脱去水，形成含有肽键的化合物，发生成肽反应。





2. 蛋白质

(1)组成

蛋白质是由多种氨基酸通过 肽键 等相互连接形成的一类生物大分子，主要由 C、H、O、N、S 等元素组成，有些蛋白质还含有 P、Fe、Zn、Cu 等元素。

(2)结构

蛋白质的结构不仅取决于多肽链的氨基酸 种类 、 数目 及 排列顺序 ，还与其 特定的空间结构 有关。

分级	形成过程
一级结构	蛋白质分子中氨基酸单体的排列顺序
二级结构	肽键中的氧原子与氢原子之间存在 氢键 ，会使肽链 盘绕或折叠 成特定的空间结构
三级结构	肽链在二级结构基础上进一步 盘曲折叠 ，形成更复杂的结构
四级结构	多个具有特定三级结构的多肽链通过非共价键相互作用(如氢键等)排列组装形成

(3)化学性质

蛋白质与氨基酸性质类似，也是两性分子。除此之外，蛋白质还具有水解、<u>盐析</u>、<u>变性</u>、显色反应等性质。

3. 酶

酶
- 概念：一类由细胞产生的、对生物体内的化学反应具有催化作用的有机化合物，其中绝大多数是蛋白质
- 催化特点：
  - 条件温和
  - 具有高度的<u>专一性</u>
  - 具有<u>高效性</u>

小试牛刀

1. 下列关于氨基酸的说法不正确的是　（ C ）

A. 氨基酸是羧酸的取代酸，氨基取代了羧酸分子烃基上的氢原子

B. 天然氨基酸均为无色晶体，且多为 α-氨基酸

C. 氨基酸不溶于水、乙醇、乙醚等溶剂

D. 氨基酸是两性化合物，能与酸、碱反应生成盐

2. 下列物质中既能与盐酸反应，又能与 NaOH 溶液反应的是　（ D ）

①$NaHCO_3$　②$(NH_4)_2CO_3$　③$Al(OH)_3$　④NH_4Cl　⑤H_2NCH_2COOH　⑥CH_3COOH

A. ①②③　　B. ①②④⑤

C. ⑤⑥　　D. ①②③⑤

3. 下列关于蛋白质的叙述正确的是　（ B ）

A. 加热会使蛋白质变性，因此生吃鸡蛋比熟吃好

B. 蛋白质溶液能产生丁达尔效应

C. 鸡蛋清中加入食盐，会使蛋白质变性

D. 天然蛋白质中仅含 C、H、O、N 四种元素

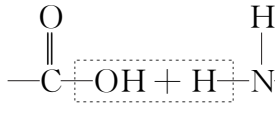
互动课堂

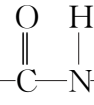
合作探究

探究 1　氨基酸的成肽反应

1. 氨基酸的成肽反应原理

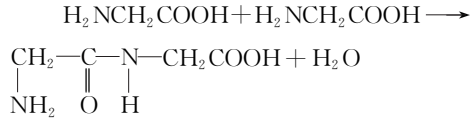
氨基酸的成肽反应是由氨基提供的氢原子与羧基提供的羟基结合生成水，即



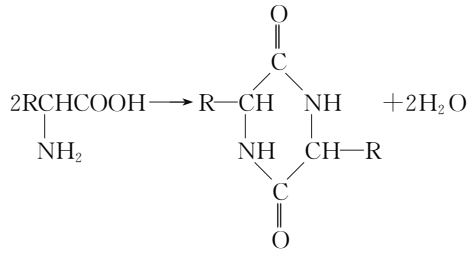
，脱去一分子水后形成肽键（  ）。肽键可简写为“—CONH—”，但不能写成“—CNHO—”，两者的连接方式不同。

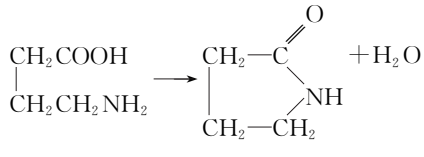
2. 氨基酸的成肽反应规律

(1)两分子间缩合成二肽

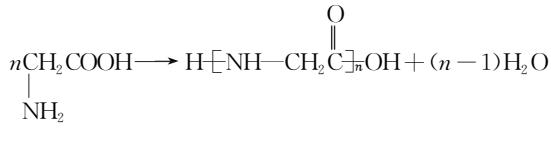


(2)分子间或分子内缩合成环

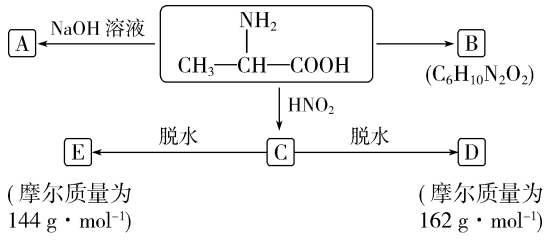




(3)多个分子缩合成多肽或蛋白质



【例 1】根据如图所示转化关系回答下列有关问题。



已知：$R—\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}—COOH + HNO_2 \longrightarrow R—\underset{\underset{OH}{|}}{CH}—COOH + N_2\uparrow + H_2O$。

(1)A、B 的结构简式：

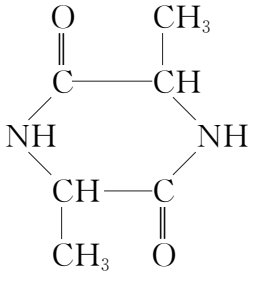
A_____；

B_____。

(2)C→D 的化学方程式为_____。

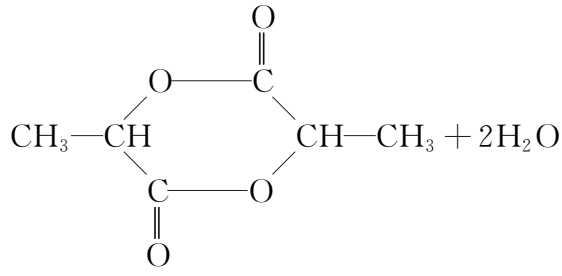
(3)C→E 的化学方程式为_____。

【答案】(1) $CH_3—\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}—COONa$



(2)$2CH_3—\overset{\overset{OH}{|}}{CH}—COOH \xrightleftharpoons[\triangle]{浓\ H_2SO_4} CH_3—\overset{\overset{OH}{|}}{CH}—COO—\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}—COOH + H_2O$

(3) $2CH_3—\overset{\overset{OH}{|}}{CH}—COOH \xrightleftharpoons[\triangle]{浓\ H_2SO_4}$



【解析】$CH_3—\overset{\overset{NH_2}{|}}{CH}—COOH$ 的分子式为 $C_3H_7NO_2$，其分子组成与 B($C_6H_{10}N_2O_2$)分子组成的关系为 $2C_3H_7NO_2 \longrightarrow B(C_6H_{10}N_2O_2) + 2H_2O$，据此可知 B 为环状结构。结合题给信息，C 应是 $CH_3—\overset{\overset{NH_2}{|}}{CH}—COOH$ 与亚硝酸(HNO_2)反应得到的 $CH_3—\overset{\overset{OH}{|}}{CH}—COOH$，C 能发生脱水反应，比较 D、E 的摩尔质量可知，D 在分子组成上比 E 多一个“H_2O”，则 D 是两分子 C 脱去一分子水的产物，E 是两分子 C 脱去两分子水的产物。

【变式训练 1】有一分子式为 $C_8H_{14}N_2O_5$ 的二肽，经水解得到丙氨酸 $CH_3—\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}—COOH$ 和另一种氨基酸 X，则 X 的分子式可能是（ B ）

A. $C_3H_7NO_3$　　B. $C_5H_9NO_4$

C. $C_5H_{11}NO_5$　　D. $C_5H_7NO_4$

【解析】二肽的水解方程式为 $C_8H_{14}N_2O_5 + H_2O \xrightarrow{催化剂} CH_3—\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}—COOH + X$，根据原子守恒可得 X 的分子式为 $C_5H_9NO_4$。

探究 2　蛋白质的性质

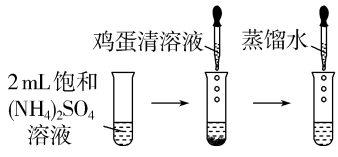
1. 蛋白质的水解

$$\text{蛋白质}\xrightarrow[\text{逐步水解}]{\text{酶、酸或碱}}\text{多肽}\xrightarrow[\text{最终水解}]{\text{酶、酸或碱}}\text{氨基酸}$$

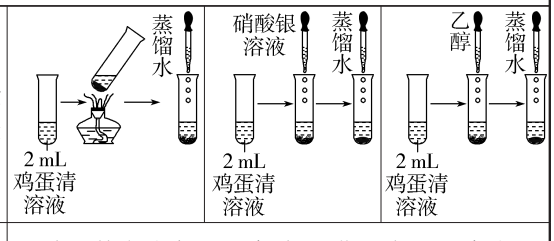
食物中的蛋白质在人体内各种蛋白酶的作用下水解成氨基酸，氨基酸被肠壁吸收进入血液，再在体内重新合成人体所需要的蛋白质。

2. 蛋白质的盐析和变性

(1)盐析

实验探究	实验操作	
	实验现象	试管内溶液产生沉淀，加入蒸馏水后沉淀溶解
	实验结论	蛋白质的盐析是一个可逆过程，盐析出的蛋白质在水中仍能溶解，并不影响其活性
应用	采用多次盐析和溶解可分离提纯蛋白质	

(2)变性

变性因素	物理因素：加热、加压、搅拌、振荡、超声波、紫外线和放射线等	
	化学因素：强酸、强碱、重金属盐、乙醇、甲醛等	
实验探究	实验操作	
	实验现象	三支试管内均产生沉淀，加入蒸馏水后沉淀均不溶解
	实验结论	蛋白质的变性是一个不可逆过程，变性后的蛋白质在水中不能重新溶解，同时也会失去原有的生理活性
应用	乙醇、苯酚、碘、紫外线等均可使蛋白质变性，可用于杀菌消毒；疫苗等生物制剂的低温保存、攀登高山需要防晒护目等都是为了防止蛋白质变性	

3. 显色反应

向鸡蛋清溶液加入浓硝酸会有白色沉淀产生，加热后沉淀变黄色。含有苯环的蛋白质均能发生这个反应。除了硝酸，其他一些试剂也可以与蛋白质作用，呈现特定的颜色，可用于蛋白质的分析检测。

4. 蛋白质灼烧有烧焦羽毛的气味，可用于蛋白质的鉴别。

【例 2】下列关于蛋白质的叙述中，正确的是　　(　　)

A. 人造丝、羊毛、病毒等主要成分都是蛋白质

B. 蛋白质溶液中加入甲醛溶液或饱和食盐水，蛋白质都会析出，再加水，又都会溶解

C. 重金属盐能使蛋白质凝结

D. 浓硝酸与浓硫酸腐蚀皮肤会使其分别变黄、变黑，因为它们都与蛋白质发生了显色反应

【答案】C

【解析】人造丝的主要成分是黏胶纤维，A不正确；蛋白质溶液中加入甲醛溶液后会发生变性，再加水，不会溶解，B不正确；浓硫酸腐蚀皮肤使其变黑是由于发生了脱水反应，不是显色反应，D不正确。

【变式训练 2】(双选)下列关于蛋白质的说法不正确的是　　(AC)

A. 蛋白质是由多种 α-氨基酸加聚而生成的天然高分子

B. 通常用酒精消毒，其原理是酒精使微生物中的蛋白质变性而失去生理活性

C. 浓的 Na_2SO_4 溶液能使溶液中的蛋白质析出，加水后析出的蛋白质不能溶解

D. 鉴别织物成分是蚕丝还是人造丝可采用灼烧闻气味的方法

【解析】氨基酸生成蛋白质发生的是脱去

水分子的缩合反应而不是加聚反应，故 A 项错误；无论何种形式的消毒，其原理都是使微生物中的蛋白质变性而失去原有生理活性，故 B 项正确；盐析是可逆过程，加水后析出的蛋白质会重新溶解，故 C 项错误；人造丝的主要成分是黏胶纤维，灼烧时没有烧焦羽毛的气味，故 D 项正确。

随堂小练

1. 下列关于氨基酸的叙述中，不正确的是 （ D ）

A. 天然氨基酸都是晶体，一般能溶于水

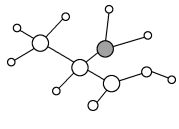
B. 氨基酸都不能发生水解反应

C. 氨基酸是两性化合物，能与酸、碱反应生成盐

D. 天然蛋白质水解最终可以得到 α-氨基酸、β-氨基酸等多种氨基酸

【解析】天然氨基酸熔点较高，室温下均为晶体，一般能溶于水而难溶于乙醇、乙醚等有机溶剂；氨基酸分子间能发生成肽反应，但氨基酸都不能发生水解反应；氨基酸是两性化合物，能与酸、碱反应生成盐；天然蛋白质水解的最终产物是多种 α-氨基酸。

2. 分子式为 $C_3H_7O_2N$ 的有机化合物，经实验分析发现有如图所示的原子连接顺序，则此有机化合物一定是 （ C ）



A. 硝基化合物　　B. 硝酸酯

C. α-氨基酸　　D. 蛋白质

【解析】每个碳原子的成键数为 4，每个氮原子的成键数为 3，每个氧原子的成键数为 2，每个氢原子只能形成 1 个键，显然大白球为碳原子，与题图最右下方的碳原子相连的 2 个中白球为氧原子，最小的白球是氢原子，灰球应是氮原子。碳原子可形成 4 个共价键，但结构中的大白球除形成 4 个键外，也有形成 3 个键的，是因为有碳氧双键。

3. 蛋白质的几级结构与肽键的形成有关（ A ）

A. 一级结构　　B. 二级结构

C. 三级结构　　D. 四级结构

【解析】蛋白质的一级结构与肽键的形成有关。

4. 下列过程不涉及蛋白质变性的是 （ C ）

A. 煮鸡蛋

B. 使用福尔马林（甲醛水溶液）保存标本

C. 以粮食为原料酿酒

D. 使用医用酒精、紫外线杀菌消毒

【解析】以粮食为原料酿酒不涉及蛋白质的变性。

温馨提示：请自主完成课后作业（十六）

第三节 核酸

自主预习

知新导学

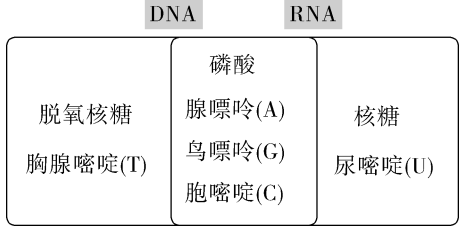
1. 核酸的组成

(1)组成

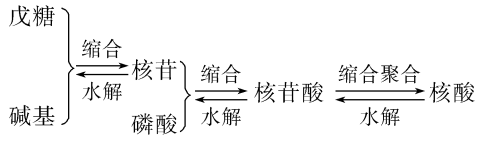
核酸可以看作磷酸、戊糖和碱基通过一定方式结合而成的生物大分子。

①戊糖:分为 核糖 和 脱氧核糖 ,对应的核酸分别是 核糖核酸 (RNA)和 脱氧核糖核酸 (DNA)。

②碱基:具有碱性的杂环有机化合物。RNA 中的碱基和 DNA 中的碱基不完全相同,共同的类别有 3 种。如下图所示:



(2)水解及产物的缩合过程



2. 核酸的结构

(1)DNA 分子——双螺旋结构

①由两条多聚核苷酸链组成,两条链 平行 盘绕,形成双螺旋结构。

②每条链中的 脱氧核糖 和 磷酸 交替连接,排列在 外侧 ,碱基排列在 内侧 。

③两条链上的碱基通过 氢键 作用,腺嘌呤(A)与 胸腺嘧啶 (T)配对,鸟嘌呤(G)与 胞嘧啶 (C)配对,结合成碱基对,遵循碱基互补配对原则。

(2)RNA 分子——单链状结构

①与 DNA 类似,以核苷酸为基本构成单位,其中的戊糖由 核糖 替代了 脱氧核糖 ,碱基由 尿嘧啶 (U)替代了 胸腺嘧啶 (T)。

②RNA 分子一般呈单链状结构,比 DNA 分子 小 得多。

3. 核酸的生物功能

(1)DNA 分子

①基因:有一定碱基排列顺序的 DNA 片段含有特定的遗传信息,被称为基因。

②作用:DNA 分子上有许多基因,决定了生物体的一系列性状。

(2)RNA 分子:参与 遗传信息的传递 过程。

(3)DNA 分子的复制过程:亲代 DNA 分子解旋作为母链模板→在酶的作用下,利用游离的核苷酸各自合成一段与母链互补的子链→形成两个子代 DNA 分子。

(4)我国科学工作者的贡献

①1981 年,人工合成了具有生物活性的核酸分子——酵母丙氨酸转移核糖核酸。

②1999 年,参与了人类基因组计划。

③2002 年,完成了水稻基因组图谱的绘制。

小试牛刀

1. 在双链 DNA 分子中，每条链中连接两个相邻的脱氧核苷酸之间的键是 （ C ）

A. 肽键　　B. 氢键

C. 磷酯键　　D. 高能磷酸键

2. 将用放射性同位素标记的某种物质注入金丝雀体内后，经检测，新产生的细胞的细胞核具有放射性。注入的物质可能是 （ A ）

A. 脱氧核苷酸　　B. 核糖核苷酸

C. 脱氧核糖核酸　　D. 核糖核酸

3. 组成 DNA 的结构的基本成分是 （ C ）

①核糖　②脱氧核糖　③磷酸　④腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶　⑤胸腺嘧啶　⑥尿嘧啶

A. ①③④⑤　　B. ①②④⑥

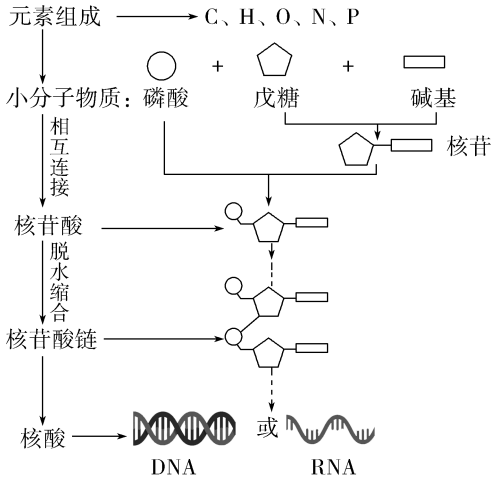
C. ②③④⑤　　D. ②③④⑥

互动课堂

合作探究

探究　核酸的结构及与蛋白质的比较

1. 核酸的结构层次



2. 核酸与蛋白质的比较

项目	核酸		蛋白质
	DNA	RNA	
组成元素	C、H、O、N、P		C、H、O、N、S 等
组成单位	核苷酸		氨基酸
分子结构	一般呈双螺旋结构	一般呈单链状结构	氨基酸→多肽→蛋白质
结构的多样性	核苷酸的种类、数目及排列顺序		氨基酸的种类、数目、排列顺序以及肽链的盘曲折叠方式
功能	主要的遗传物质	传递遗传信息	生命活动的主要承担者

【例】（双选）下列说法正确的是 （　　）

A. 人体细胞中碱基、核苷酸、戊糖的种类分别是 5 种、8 种、2 种

B. 大肠杆菌细胞中含有碱基 A、T、G、C 的核苷酸共 7 种

C. 组成核酸的基本单位是核糖核苷酸

D. DNA 与 RNA 的不同点只在于戊糖和碱基的不同

【答案】AB

【解析】人体细胞中碱基、核苷酸、戊糖的种类分别是 5 种、8 种和 2 种，A 正确；大肠杆菌细胞中既含有 DNA，又含有 RNA，故含有碱基 A、T、G、C 的核苷酸共 7 种，B 正确；组成核酸的基本单位是核苷酸，包括核糖核苷酸和脱氧核糖核苷酸，C 错误；DNA 与 RNA 除了戊糖和碱基不同外，还有结构的不同，DNA 一般是双链，RNA 一般是单链，D 错误。

【变式训练】RNA 水解后，得到的化学物质是 （ D ）

A. 氨基酸、葡萄糖、碱基

B. 氨基酸、核苷酸、葡萄糖

C. 脱氧核糖、碱基、磷酸

D. 核糖、碱基、磷酸

【解析】RNA 是核糖核酸的简称，水解后得到的化学物质是核糖（五碳糖）、碱基、磷酸。氨基酸是蛋白质的组成单位，葡萄糖是六碳糖，DNA 中含有脱氧核糖。

随堂小练

1. 对生物体的遗传性、变异性和蛋白质的生物合成具有重要作用的物质是 （ C ）

A. 氨基酸　　B. 葡萄糖

C. 核酸　　D. 核苷酸

【解析】核酸是生物体遗传信息的载体，控制生物性状。

2. 下列说法中不正确的是 （ D ）

A. 组成天然蛋白质的氨基酸几乎都是 α-氨基酸

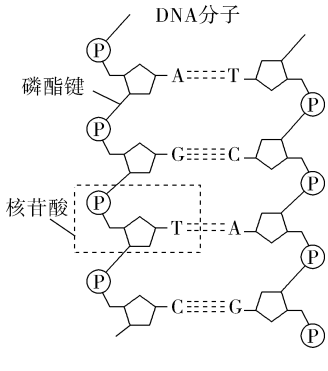
B. 利用盐析可以分离和提纯蛋白质

C. DNA 是生物体遗传信息的载体

D. RNA 主要存在于细胞核中，它根据 DNA 提供的信息控制体内蛋白质的合成

【解析】盐析不改变蛋白质的生理活性，蛋白质只是暂时失去溶解性，利用多次盐析和溶解可分离和提纯蛋白质；DNA 主要存在于细胞核中，它是生物体遗传信息的载体；RNA 主要存在于细胞质中，根据 DNA 提供的信息控制体内蛋白质的合成。

3. DNA 分子的结构如图所示。类比蛋白质的结构，核苷酸和磷酯键分别对应蛋白质中的 （ C ）



A. 氨基、氢键

B. 羧基、氢键

C. 氨基酸、肽键

D. 巯基、肽键

【解析】DNA 分子对应蛋白质分子，核苷酸对应氨基酸，磷酯键对应肽键。

4. 如图表示细胞内与核酸有关的物质或结构。请据图回答下列问题：

元素 a ⟶ { b, c, d } e ⟶ f

(1)细胞内的核酸包括两类：一类是 脱氧核糖核酸 ，简称 DNA；另一类是 核糖核酸 ，简称 RNA 。二者除碱基有所区别外，还有 DNA 中含有脱氧核糖，而 RNA 中含有核糖（或二者所含戊糖不同） 。

(2)e 和 f 的关系是 e 是 f 的基本组成单位 。

(3)f 被彻底水解后的产物是 b、c、d （用字母表示），元素 a 包括 C、H、O、N、P 。

【解析】(1)核酸可分为脱氧核糖核酸（DNA）和核糖核酸（RNA），前者特有的是脱氧核糖和胸腺嘧啶，后者特有的是核糖和尿嘧啶。(2)图中 e 为核苷酸，f 为核酸，e 是 f 的基本组成单位。(3)核酸被彻底水解后的产物为磷酸、戊糖和碱基，可用字母 b、c、d 表示。核酸的元素组成为 C、H、O、N、P。

温馨提示：请自主完成课后作业（十七）

课后作业 · 单独成册

三、知能拓展

重难突破

要点1 糖类的还原性及还原糖的检验

1. 糖类的还原性

糖类的还原性是指具有醛基的糖类，能发生银镜反应或与新制的 $Cu(OH)_2$ 加热有砖红色沉淀生成。

2. 水解产物中葡萄糖的检验

(1)水解条件

①蔗糖：稀硫酸(1∶5)作催化剂，水浴加热。

②纤维素：90%浓硫酸作催化剂，小火微热。

(2)水解产物中葡萄糖的检验

欲要检验水解产物中的葡萄糖，必须先加入 NaOH 溶液中和其中的硫酸至溶液呈碱性，再加入银氨溶液，水浴加热，或加入新制的 $Cu(OH)_2$，加热，进行检验。

3. 淀粉水解程度的检验

淀粉在酸的作用下能够发生水解反应最终生成葡萄糖。反应物淀粉遇碘能变蓝色，但不能发生银镜反应；产物葡萄糖遇碘不能变蓝色，但能发生银镜反应。依据此性质可判断淀粉在水溶液中是否发生水解和水解是否已进行完全。若中和液只能发生银镜反应，遇碘不变蓝色，说明淀粉完全水解；若不能发生银镜反应，遇碘变蓝色，说明淀粉没有水解；若既能发生银镜反应，遇碘又变蓝色，说明淀粉部分水解。

【例1】为了检验淀粉水解的产物，设计如下实验方案：

淀粉液 $\xrightarrow[①\triangle]{试剂1}$ 水解液 $\xrightarrow[②]{试剂2}$ 混合液 $\xrightarrow[③\triangle]{试剂3}$ 砖红色沉淀

请回答下列问题：

(1)试剂1为20% H_2SO_4 溶液，其作用是_____。

(2)试剂2为_____，其作用是_____，使检验水解产物的实验得以顺利进行；发生反应的离子方程式为_____。

(3)反应①的化学方程式为_____。

(4)为检验淀粉是否已完全水解，取少量水解液于试管中，加入碘水，则证明淀粉未完全水解的现象是_____。

(5)如果实验过程中没有加入试剂2而直接加入试剂3，能否达到实验目的？_____(填“能”或“不能”)。若不能，其原因是_____，最简单的改正措施是_____。

【答案】(1)作催化剂　(2)氢氧化钠溶液中和作催化剂的硫酸　$H^+ + OH^- = H_2O$

(3)$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow[\triangle]{稀硫酸} nC_6H_{12}O_6$

(4)水解液显蓝色　(5)不能　硫酸能溶解 $Cu(OH)_2$ 而使实验失败　直接向溶液中加入稍过量的 NaOH 溶液

【解析】(1)淀粉的水解过程，加入稀硫酸作催化剂，加快淀粉的水解反应速率。(2)稀

硫酸能够与氢氧化铜反应，会导致实验失败，所以应该先加入氢氧化钠溶液中和稀硫酸，离子方程式为 $H^+ + OH^- = H_2O$。(3)淀粉在稀硫酸作用下完全水解生成葡萄糖，水解方程式为 $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow[\triangle]{稀硫酸} nC_6H_{12}O_6$。(4)淀粉遇碘单质显蓝色，据此可以检验淀粉是否完全水解，方法为取少量水解液于试管中，加入碘水，如果溶液显蓝色，则证明淀粉未完全水解。(5)如果不加入氢氧化钠中和催化剂稀硫酸，由于硫酸能溶解 $Cu(OH)_2$ 而使实验失败，无法达到实验目的；为了避免实验失败，应该向溶液中加入稍过量的 NaOH 溶液中和稀硫酸。

【变式训练 1】某同学称取 9 g 淀粉溶于水，测定淀粉水解的百分率，其程序如下：

淀粉溶液 $\xrightarrow[\triangle]{加A}$ 混合液 $\begin{cases} 取少量混合液 \xrightarrow{加碘水} 溶液变蓝色 \\ \xrightarrow{加B} 混合液 \xrightarrow[\triangle]{加银氨溶液} 单质沉淀 \end{cases}$

提示：少量混合液计算时忽略不计。

(1)所加试剂 A 为 稀硫酸 ，B 为 NaOH 溶液 。

(2)只加 A，不加 B 是否可以？其理由是 不可以，银镜反应必须在碱性条件下进行 。

(3)当析出 2.16 g 金属单质时，淀粉的水解百分率是 18% 。

【解析】淀粉在酸性条件下水解，故 A 可选稀硫酸，加热条件下淀粉的水解产物是葡萄糖。葡萄糖含有醛基，可与银氨溶液反应生成单质银，但银镜反应必须在碱性条件下进行，故 B 为 NaOH 溶液。遇碘变蓝是淀粉的特性，混合液加碘水溶液变蓝，说明其中还有淀粉存在；混合液和银氨溶液发生反应，则证明淀粉已经部分水解生成葡萄糖。2.16 g 银的物质的量为 $\frac{2.16\ g}{108\ g/mol} = 0.02\ mol$，由 $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H \sim 2Ag$，可知水解生成 0.01 mol 葡萄糖，即发生水解的淀粉的质量为 $0.01\ mol \times 162\ g/mol = 1.62\ g$。故淀粉的水解百分率为 $\frac{1.62\ g}{9\ g} \times 100\% = 18\%$。

要点 2 氨基酸和蛋白质的性质

1. 氨基酸的性质(氨基和羧基的性质)

(1)氨基酸的两性

氨基是碱性基团，能与酸反应；羧基是酸性基团，能跟碱反应；所以氨基酸具有两性。

$$\begin{array}{l} CH_2-COOH \\ | \\ NH_2 \end{array} + HCl \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2-COOH \\ | \\ NH_3Cl \end{array}$$

$$\begin{array}{l} CH_2-COOH \\ | \\ NH_2 \end{array} + NaOH \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2COONa \\ | \\ NH_2 \end{array} + H_2O$$

(2)氨基酸的缩合

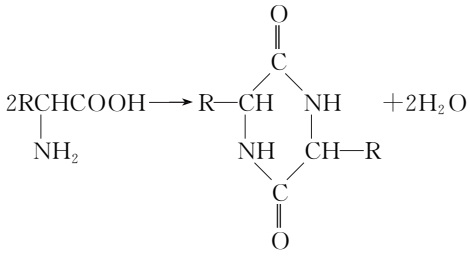
氨基酸分子间发生缩合反应生成多肽和水。此反应的原理与醇和羧酸反应生成酯类似。由氨基提供的氢原子与羧基提供的羟基结合成水，其反应规律如下：

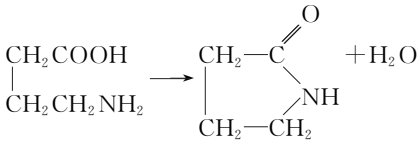
①两分子间缩合成二肽

$$H_2NCH_2COOH + H_2NCH_2COOH \longrightarrow$$

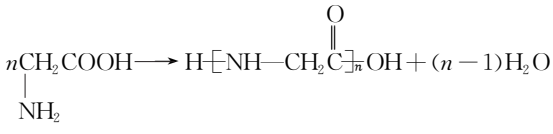
$$\begin{array}{l} CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH-CH_2COOH \\ | \\ NH_2 \end{array} + H_2O$$

②分子间或分子内缩合成环

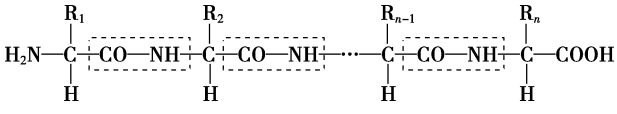




③多个分子缩聚成多肽或蛋白质



(3)有关多肽结构的计算规律



假设氨基酸的平均相对分子质量为 a，由 n 个氨基酸分别形成 1 条肽链或 m 条肽链：

形成肽链数	形成肽键数	脱去水分子数	多肽平均相对分子质量
1	$n-1$	$n-1$	$na-18(n-1)$
m	$n-m$	$n-m$	$na-18(n-m)$

2. 蛋白质的性质及其应用

(1)蛋白质的两性：蛋白质是由氨基酸缩聚而成，但其分子中仍有羧基与氨基，所以蛋白质具有两性。

(2)蛋白质溶液与盐溶液的作用：盐溶液的浓稀程度、轻金属盐溶液和重金属盐溶液对蛋白质的影响不同。

①浓的轻金属盐溶液能使蛋白质发生盐析，蛋白质凝结成固体从溶液中析出，盐析出来的蛋白质仍保持原有的性质和生理活性。盐析是物理过程，也是可逆的。利用盐析，可分离、提纯蛋白质。

②稀的轻金属盐溶液不会降低蛋白质在水中的溶解度，反而会促进蛋白质的溶解。

③重金属盐溶液不论是浓溶液还是稀溶液，均能使蛋白质变性，变性后的蛋白质不再具有原有的可溶性和生理活性。变性过程是化学过程，变性是不可逆的。加热、紫外线、强酸、强碱、某些有机物也能使蛋白质变性。利用此性质可杀菌、消毒。

(3)水解反应：蛋白质水解时，肽键 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{H}{\overset{|}{N}}-$ 中的 C—N 键发生断裂，碳原子上连接羟基，氮原子上连接氢原子，分别形成—COOH 和—NH_2。天然蛋白质水解可得到 α-氨基酸。

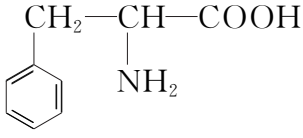
(4)显色反应：蛋白质的显色反应是检验蛋白质的方法之一，反应的实质就是硝酸作用于含有苯环的蛋白质使它变成黄色的硝基化合物。大多数蛋白质中含有苯环，能与硝酸发生显色反应。

(5)灼烧：分别灼烧羊毛线、棉线，发现羊毛线燃烧不快，火焰小，离火即熄灭，有烧焦羽毛的气味，灰烬为黑褐色结晶，呈卷曲状，用手指可碾成粉末；棉线燃烧无臭，燃烧后成灰。日常生活中常用灼烧的方法鉴别毛织物和棉织物。

【例 2】某蛋白质充分水解后，能分离出有机物 R，R 可与等物质的量的 KOH 或盐酸完全反应。3.75 g R 可与 50 mL 1 mol/L 的 NaOH 完全中和，则 R 的结构简式为 ( )

A. $\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH_2}-COOH$

B. $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$

C. 

D. $HOOC-CH_2-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$

【答案】A

【解析】有机物 R 与等物质的量的 KOH 或盐酸完全反应，说明 R 分子中有一个氨基和一个羧基。此有机物摩尔质量 $M=\frac{3.75\ g}{0.05\ mol}=75\ g/mol$，即相对分子质量为 75，通过相对分子质量分析，有机物 R 中还含有一个—CH_2—，则 R 的结构简式为 H_2N-CH_2COOH。故选 A。

【变式训练 2】由甘氨酸(H_2N-CH_2-COOH)和 α-羟基乙酸($HO-CH_2-COOH$)所组成的混合物发生分子间脱水反应，其中生成物中属于两分子脱水的直链状产物有 (D)

A. 1 种　　B. 2 种

C. 3 种　　D. 4 种

【解析】2 分子甘氨酸脱去 1 分子水形成二肽 $H_2N-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-CH_2-COOH$；2 分子 α-羟基乙酸发生酯化反应生成链状酯 $HO-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-COOH$；1 分子甘氨酸中的—COOH 与 1 分子 α-羟基乙酸中的—OH 酯化生成链状酯 $H_2NCH_2COOCH_2COOH$；1 分子甘氨酸中的—NH_2 与 1 分子 α-羟基乙酸中的—COOH 反应生成有机物 $HO-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-CH_2-COOH$。共 4 种，故选 D。

拓展提升

1. 氨基酸是两性化合物，此处的两性指的是 (B)

A. 水溶液既有酸性，又有碱性

B. 既能跟酸反应，又能跟碱反应

C. 既能被氧化，又能被还原

D. 既有氧化性，又有还原性

【解析】由氨基酸的结构可知，氨基酸羧基决定了其酸性，氨基则决定了其碱性，所以在不同酸碱性的溶液中，氨基酸存在不同的解离，即氨基酸的两性指的是酸性和碱性。答案选 B。

2. 下列关于氨基酸、肽键与蛋白质的关系叙述中，错误的是 (C)

A. 氨基酸之间脱水可以形成肽键

B. 蛋白质就是相对分子质量很大的多肽

C. 含有肽键的化合物有二肽、三肽、四肽等多肽，三肽中含有三个肽键

D. 多肽与蛋白质并没有一个严格的界限

【解析】肽键是相邻氨基酸分子的氨基与羧基脱水而形成的，而肽的数值与氨基酸分子数目是对应的，即两个氨基酸分子脱水形成二肽，三个氨基酸分子脱水形成三肽，由此可见，肽键数目比肽的数目(即氨基酸分子的数目)少 1。答案选 C。

3. 下列关于糖类的叙述中，正确的是 (B)

A. 葡萄糖、果糖、半乳糖都是还原糖，但元素组成不同

B. 淀粉、糖原、纤维素都是由葡萄糖聚合而成的多糖

C. 蔗糖、麦芽糖、乳糖都可与新制的 $Cu(OH)_2$ 反应生成砖红色沉淀

D. 蔗糖是淀粉的水解产物之一，麦芽糖是纤维素的水解产物之一

【解析】葡萄糖、果糖和半乳糖都具有还原性，属于还原糖，组成元素相同，都是 C、H、O，A 错误；淀粉、糖原和纤维素的基本组成单位都是葡萄糖，都是由葡萄糖聚合而成的多糖，B 正确；蔗糖不具有还原性，属于非还原糖，不能与新制的 $Cu(OH)_2$ 发生反应，麦芽糖和乳糖都具有还原性，都能与新制的 $Cu(OH)_2$ 发生反应，生成砖红色沉淀，C 错误；淀粉的初步水解产物是麦芽糖，彻底水解产物是葡萄糖，纤维素的初步水解产物是纤维二糖，彻底水解产物是葡萄糖，D 错误。

4. 下列关于细胞内蛋白质和核酸的叙述中，正确的是 (B)

A. 核酸和蛋白质的组成元素相同

B. 核酸的合成需要相应蛋白质的参与

C. 蛋白质的分解都需要核酸的直接参与

D. 高温会破坏蛋白质和核酸分子中的肽键

【解析】核酸的组成元素是 C、H、O、N、P，而蛋白质的主要组成元素是 C、H、O、N、S 等，A 错误；核酸包括 DNA 和 RNA，两者的合成都需要相关酶的催化，而这些酶的化学本质是蛋白质，B 正确；蛋白质的分解需要蛋白酶的参与，而蛋白酶的本质是蛋白质，因此蛋白质的分解不需要核酸的直接参与，C 错误；高温会破坏蛋白质分子的空间结构，但是不会破坏肽键，且核酸分子中不含肽键，D 错误。

5. 糖类、蛋白质都是人体必需的营养物质。

(1)氨基酸是组成蛋白质的基本结构单元，其分子中一定含有的官能团是氨基(—NH_2)和 —COOH(或羧基) (写结构简式或名称)。人体中共有二十多种氨基酸，其中人体自身 不能 (填“能”或“不能”)合成的氨基酸称为人体必需氨基酸。

(2)淀粉在淀粉酶的作用下最终水解为葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)，部分葡萄糖在体内被氧化生成二氧化碳和水。写出葡萄糖在体内被氧化的化学方程式：$C_6H_{12}O_6$(葡萄糖)$+6O_2 \xrightarrow{酶} 6CO_2+6H_2O$ 。

(3)蛋白质在一定条件下能发生变性，从而失去生理活性。万一误服硫酸铜溶液，此时应立即怎样处理？ 喝大量的牛奶(或豆浆或鸡蛋清)(任写出一种即可) 。

【解析】(1)氨基酸是含有氨基和羧基的一类有机化合物的通称；人体中共有二十多种氨基酸，其中人体自身不能合成的氨基酸称为人体必需氨基酸。(2)葡萄糖在体内被氧化生成二氧化碳和水，化学方程式为 $C_6H_{12}O_6$(葡萄糖)$+6O_2 \xrightarrow{酶} 6CO_2+6H_2O$。(3)铜盐属于重金属盐，能使蛋白质变性，万一误服硫酸铜溶液，应立即喝大量的牛奶或豆浆或鸡蛋清等解毒。

温馨提示：请自主完成第四章达标测试

第五章 合成高分子

一、课标导向

课标要求

1. 了解聚合物的组成与结构特点，认识单体和单体单元(链节)及其与聚合物结构的关系。
2. 了解加聚反应和缩聚反应的特点，能对单体和高分子进行相互推断。
3. 能分析高分子的合成路线，能写出典型的加聚反应和缩聚反应的化学方程式。
4. 认识塑料、合成橡胶、合成纤维的组成和结构特点，能列举重要的合成高分子。
5. 了解新型高分子材料的优异性能及其在高新技术领域中的应用。
6. 能参与材料选择与使用、垃圾处理等社会性议题的讨论，并作出科学的判断、评价及决策。

知识网络

- 合成高分子的基本方法
  - 加聚反应
    - 单体、链节的判断，聚合度的计算
    - 聚合物的平均相对分子质量＝链节的相对质量×n
  - 缩聚反应
    - 单体的判断
    - 结构简式的书写
      - 一般在方括号外侧写出端基原子或原子团
    - 化学方程式的书写
      - 各单体物质的量与缩聚物结构简式的下角标一般要一致
      - 由一种单体进行缩聚反应，生成的小分子物质的量一般为$n-1$
      - 由两种单体进行缩聚反应，生成的小分子物质的量一般为$2n-1$

- 高分子材料
  - 通用高分子材料
    - 塑料
      - 聚乙烯
        - 合成方法
          - 高压法聚乙烯 — 含有支链较多，密度和软化温度也较低
          - 低压法聚乙烯 — 含有支链较少，密度和软化温度也较高
      - 酚醛树脂
        - 酸催化下 — 羟甲基苯酚之间相互脱水缩合成线型结构的高分子
        - 碱催化下 — 网状结构的酚醛树脂
    - 合成纤维
      - 聚酯纤维，如涤纶
      - 聚酰胺纤维，如锦纶、芳纶
    - 合成橡胶 — 顺丁橡胶、氯丁橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶、硅橡胶等
  - 功能高分子材料
    - 高吸水性树脂
      - 淀粉、纤维素等天然吸水材料的改性
      - 带有强亲水基团的烯类单体聚合得到高聚物
    - 高分子分离膜
      - 根据膜孔大小分为微滤膜、超滤膜、纳滤膜、反渗透膜等
      - 应用：海水淡化、饮用水的制取等

二、精讲精练

第一节　合成高分子的基本方法

自主预习

知新导学

1. 高分子与一般有机化合物的区别

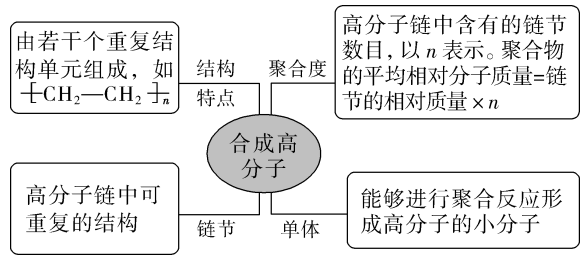
	高分子	一般有机化合物
相对分子质量	比一般有机化合物__大__得多，通常在 10^4 以上，是平均值	具有明确的数值，且数值较__小__
结构	由若干个重复结构单元组成	具有单一结构
性质	在物理、化学性质上有较大差异	

2. 加成聚合反应(加聚反应)

(1)概念

由相对分子质量小的化合物分子通过相互__加成__的方式连接成链状的高分子的反应称为加成聚合反应(简称__加聚__反应)。反应中的小分子物质称为__单体__，生成的产物称为加成聚合物(简称__加聚物__)，分子链中可重复的结构称为__链节__，又称重复结构单元，含有的链节数目称为__聚合度__，以 n 表示。

(2)加聚物的结构



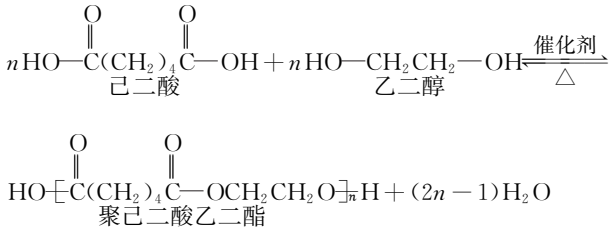
例如：$n\,CH_2=\underset{Cl}{CH} \longrightarrow \overbrace{\left[CH_2-\underset{Cl}{CH}\right]_n}^{\text{加聚物}}$

__单体__　__链节__　__聚合度__

3. 缩合聚合反应(缩聚反应)

(1)概念

由单体分子间通过 缩合 反应生成高分子的反应称为 缩合聚合 反应(简称 缩聚 反应)。如己二酸与乙二醇聚合:



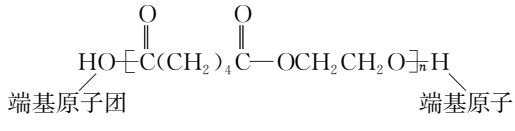
(2)特点

①在生成缩合聚合物(简称缩聚物)的同时,还伴有 小分子 的副产物(如 H_2O 等)的生成。

②一般的缩聚反应多为可逆反应,为提高产率,并得到具有较高聚合度的缩聚物,需要及时移除反应产生的 小分子副产物 。

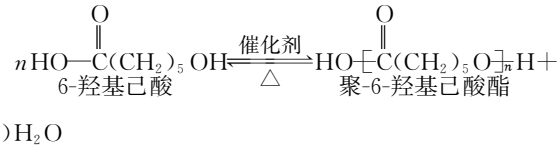
(3)书写及类型

①书写缩聚物的结构简式时,一般在方括号外侧写出 端基原子或原子团 。例如:



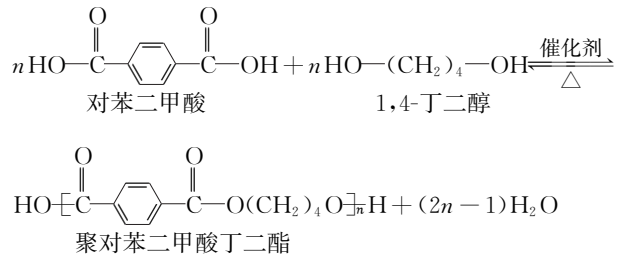
②书写缩聚反应的化学方程式时,各单体物质的量与缩聚物结构简式的下角标一般要一致,还要注意生成的小分子的物质的量,分为以下两种类型:

a. 由一种单体进行缩聚反应,生成的小分子物质的量一般为 $n-1$。例如:

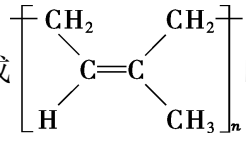


$(n-1)H_2O$

b. 由两种单体进行缩聚反应,生成的小分子物质的量一般为 $2n-1$。例如:



小试牛刀

1. 下列单体能在一定条件下发生加聚反应生成  的是 (B)

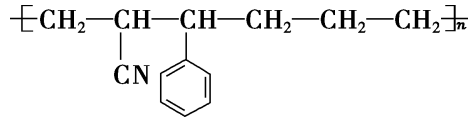
A. 丙烯

B. 2-甲基-1,3-丁二烯

C. 乙烯和丙烯

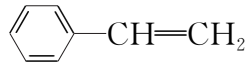
D. 2-甲基-2-丁烯

2. 某高聚物的结构如下,下列不是该高聚物单体的是 (B)



A. $CH_2=CH-CN$

B. $CH_2=CH-CH_3$

C. 

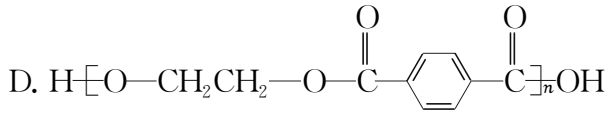
D. $CH_2=CH_2$

3. 下列高聚物中,由两种不同的单体通过缩聚反应制得的是 (D)

A. $\left[CH_2CH_2\underset{\underset{CN}{|}}{C}HCH_2\right]_n$

B. $\left[CH_2CH=CHCH_2\right]_n$

C. $\left[CH_2CH=CHCH_2CH_2\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{C}H\right]_n$

D. 

互动课堂

合作探究

探究 1 加聚反应及单体的推断与书写

1. 加聚反应的特点

- 单体：含有碳碳双键、碳碳三键等不饱和键的有机化合物，如烯烃、二烯烃、炔烃等
- 产物：没有副产物产生
- 链节：链节的化学组成和单体的化学组成相同
- 平均相对分子质量：聚合物的平均相对分子质量为链节相对质量的整数倍

2. 加聚物与单体的相互推断

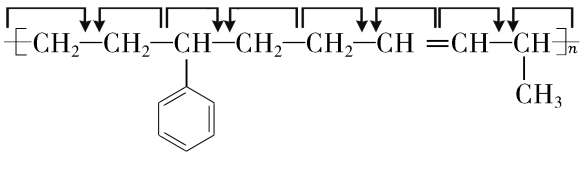
(1)由单体推断加聚物

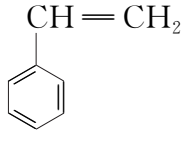
单体由官能团(一般是碳碳双键或碳碳三键)和非官能团两部分组成。单体中含有不饱和键(碳碳双键或碳碳三键)的碳链单独列成一行，断开不饱和键，展放在中括号内，其他非官能团部分作为取代基。例如：

$$CH_2{=}CHCN \longrightarrow CH_2{=}\underset{\underset{CN}{|}}{CH} \longrightarrow \left[CH_2-\underset{\underset{CN}{|}}{CH}\right]_n$$

(2)由加聚物推断单体

从每组碳原子外侧向组内画出成对的弯箭头，箭头指向处增加一条键，箭头出发处断一条键，即可迅速找出单体。例如：



可得到单体：$CH_2{=}CH_2$、  、$CH_2{=}CH-CH{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}$。

【例 1】(双选)下列高聚物的单体相同的是 ( )

A. $\left[CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2\right]_n$

B. $\left[CH_2-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\right]_n$

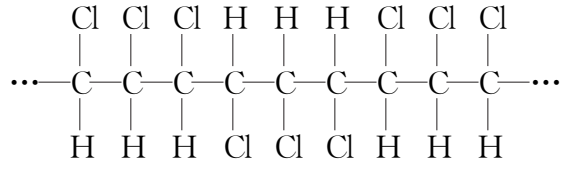
C. $\left[CH_2-CH{=}CH-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_2\right]_n$

D. $\left[CH_2-CH{=}CH-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\right]_n$

【答案】AB

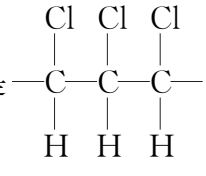
【解析】A 和 B 的单体都是 $CH_2{=}CH_2$ 和 $CH_2{=}CHCH_3$；C 的单体是 $CH_2{=}CHCH{=}CHCH_3$ 和 $CH_2{=}CH_2$；D 的单体是 $CH_2{=}CHCH{=}CH_2$ 和 $CH_2{=}CHCH_3$。

【变式训练 1】(双选)某高分子的部分结构如下：



下列说法正确的是 (CD)

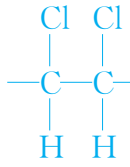
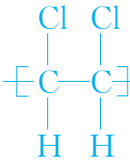
A. 该高分子的分子式为$(C_3H_3Cl_3)_n$

B. 该高分子的链节是 

C. 合成该高分子的单体是 $ClHC{=}CHCl$

D. 若 n 为聚合度，则其相对分子质量为 $97n$

【解析】因碳碳单键可以旋转，则可判断题

述高分子的重复结构单元（即链节）为  ，故该高分子的结构简式为  。合成它的单体是 ClHC═CHCl，其分子式为$(C_2H_2Cl_2)_n$，平均相对分子质量为 $97n$。

探究 2　缩聚反应及单体的推断与书写

1. 缩聚反应的特点

单体	具有双官能团（如—OH、—COOH、$-NH_2$、—C—X及活泼氢原子等）或多官能团的小分子
产物	生成高分子的同时，还伴有小分子的副产物(如H_2O、NH_3、HCl等)的生成
链节	链节的化学组成与单体的化学组成不同
产物书写	要在缩聚物的结构式方括号外侧写出端基原子或原子团

2. 缩聚物单体的推断方法

先根据高聚物的链节结构判断聚合反应的类型，当链节主链上有碳原子和其他原子时，该高聚物属于缩聚反应的产物，然后具体推断分为以下四类：

（1）若高聚物为 $H\left[OR\right]_nOH$、$H\left[O-R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_nOH$ 或 $H\left[NH-R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_nOH$，其单体必为一种。方法为去“[　]”和“$n$”即为单体。例如：$H\left[O-CH_2CH_2\right]_nOH$ 的单体为 $HO-CH_2CH_2-OH$，$H\left[O-CH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_nOH$ 的单体为 $HOCH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}OH$。

（2）凡链节中含有 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$ 的高聚物，则单体为酸和醇，将 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$ 中 C—O 断开，碳原子上加—OH，氧原子上加—H。例如：

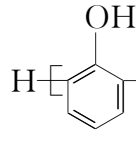
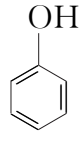
$HO\left[\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_2-O\right]_nH$ 的单体为

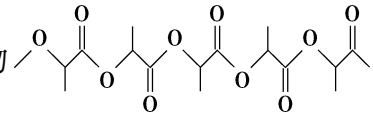
补—OH　补—H

HOOC—COOH 和 $HOCH_2CH_2OH$。

（3）凡链节中含有 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-$ 的高聚物，则单体一般为氨基酸，将 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-$ 中 C—N 断开，碳原子上加—OH，氮原子上加—H。例如：$H\left[NH-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_nOH$ 的单体为 H_2NCH_2COOH 和 $CH_3-\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$。

补—OH　补—H

（4）凡链节中含有酚羟基的结构，单体一般为酚和醛。例如：  的单体是  和 HCHO。

【例 2】聚合物  （结构片段）可被人体吸收，常作为外科缝合手术的材料。该聚合物的单体为　（　　）

A. $CH_3CH(OH)COOH$

B. $HCOOCH_2OH$

C. $HOCH_2CH_2COOH$

D. $HOCH(CH_3)COOCH(CH_3)CH_2OH$

【答案】A

【解析】由题干中给出的高聚物的结构片段可知，该高聚物中含有酯基，是某单体通过缩聚反应制得的，则该单体是 $CH_3CH(OH)COOH$。

【变式训练 2】聚乳酸 $H\left[O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}\right]_nOH$ 可在乳酸菌的作用下降解。下列有关聚乳酸的说法正确的是 （ C ）

A. 聚乳酸是一种纯净物

B. 聚乳酸是一种酸性高分子材料

C. 聚乳酸的单体为 $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-COOH$

D. 聚乳酸是由单体之间通过加聚反应合成的

【解析】高分子是混合物，A 错；由聚乳酸的结构简式可知，该物质是由乳酸的羟基和羧基脱水而生成的，属于缩聚反应的产物，C 对、D 错；乳酸显酸性，但聚乳酸不显酸性，B 错。

随堂小练

1. 聚四氟乙烯可以作为不粘锅的内衬，其链节是 （ B ）

A. CF_2-CF_2　　B. $-CF_2-CF_2-$

C. $CF_2=CF_2$　　D. $-CF_2=CF_2-$

【解析】链节是高分子链中可重复的结构。

2. 下列四种有机化合物在一定条件下不能作为合成高分子的单体的是 （ D ）

A. 丙烯酸($CH_2=CHCOOH$)

B. 乳酸[$CH_3CH(OH)COOH$]

C. 甘氨酸(NH_2CH_2COOH)

D. 丙酸(CH_3CH_2COOH)

【解析】A 项中含有碳碳双键，可作为加聚反应的单体；B 项中含有—OH、—COOH，可作为缩聚反应的单体；C 项中含有—NH_2、—COOH，可作为缩聚反应的单体；D 项中只含有—COOH，不能作为合成高分子的单体。

3. (双选)某高聚物的结构如下，下列有关叙述不正确的是 （ AC ）

$$\left[CH_2CH=\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}CH_2\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HCH_2CH_2CH_2\right]_n$$

A. 该高聚物是通过缩聚反应生成的

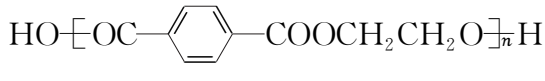
B. 合成该高聚物的单体有 3 种

C. 1 mol 该高聚物能与 1 mol H_2 加成，生成不含 $>C=C<$ 的物质

D. 该高聚物能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化

【解析】合成该高聚物的单体有 $CH_2=CH-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH_2$、$CH_3-CH=CH_2$、$CH_2=CH_2$，它们通过加聚反应生成此高聚物，故 A 错误、B 正确；1 mol 该高聚物中含 n mol 碳碳双键，能与 n mol H_2 发生加成反应，故 C 错误；该高聚物中含有碳碳双键，能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化，故 D 正确。

4. (双选)某聚酯纤维的结构简式如下，下列说法正确的是 （ CD ）



A. 羊毛与该聚酯纤维的化学成分相同

B. 该聚酯纤维和羊毛在一定条件下均不能水解

C. 合成该聚酯纤维的单体为对苯二甲酸和乙二醇

D. 由单体合成该聚酯纤维的反应属于缩聚反应

【解析】A 项，羊毛的主要成分是蛋白质，与该聚酯纤维的化学成分不同，错误；B 项，该聚酯纤维和羊毛在一定条件下均能水解，错误；C 项，根据结构简式可判断该聚酯纤维属于缩聚产物，合成该聚酯纤维的单体为对苯二甲酸和乙二醇，正确；D 项，由单体合成该聚酯纤维的反应属于缩聚反应，正确。

5. 补全下列聚合反应的化学方程式。

(1)乙烯的加聚：$nCH_2{=}CH_2 \xrightarrow{催化剂}$ $\underline{\left[CH_2-CH_2\right]_n}$ 。

(2)1,3-丁二烯的加聚：

$nCH_2{=}CH-CH{=}CH_2 \xrightarrow{催化剂}$ $\underline{\left[CH_2-CH{=}CH-CH_2\right]_n}$ 。

(3)乙烯和丙烯的加聚：$nCH_2{=}CH_2 + nCH_2{=}CH(CH_3) \xrightarrow{催化剂}$ $\underline{\left[CH_2-CH_2-CH_2-CH(CH_3)\right]_n}$ 。

(4)$HOCH_2COOH$ 的缩聚：

$nHOCH_2COOH \underset{\triangle}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}}$ $\underline{H\left[O-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_nOH+(n-1)H_2O}$ 。

(5)乙二酸和乙二醇的缩聚：$n\begin{array}{l}COOH\\|\\COOH\end{array} + n\begin{array}{l}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{array} \underset{\triangle}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}}$ $\underline{H\left[O-CH_2-CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_nOH+(2n-1)H_2O}$ 。

温馨提示：请自主完成课后作业(十八)

课后作业·单独成册

第二节 高分子材料

自主预习

知新导学

1. 高分子材料的分类

高分子材料按用途和性能可分为通用高分子材料(包括 塑料 、 合成纤维 、 合成橡胶 、黏合剂、涂料等)和功能高分子材料(包括 高分子分离膜 、导电高分子、医用高分子、 高吸水性树脂 等)等类别。

2. 通用高分子材料

(1)塑料

组成	主要成分是 合成树脂 ,为了适应工农业生产和人们生活的各种要求,还需要加入各种 加工助剂	
分类	热塑性塑料	如聚乙烯、聚氯乙烯等制成的塑料制品可以反复 加热熔融 加工
	热固性塑料	如酚醛树脂等制成的塑料制品不能 加热熔融 ,只能一次成型

①聚乙烯

比较项目	高压法聚乙烯	低压法聚乙烯
聚合反应条件	150 MPa～300 MPa,200 ℃左右,使用引发剂	0.1 MPa～2 MPa,60～100 ℃,使用催化剂
高分子链的结构	含有较多支链	支链较少
密度/($g\cdot cm^{-3}$)	0.91～0.93	0.94～0.97
软化温度/℃	105～120	120～140
主要性能	无毒,较柔软	无毒,较硬
主要用途	生产食品包装袋、薄膜、绝缘材料等	生产瓶、桶、板、管等

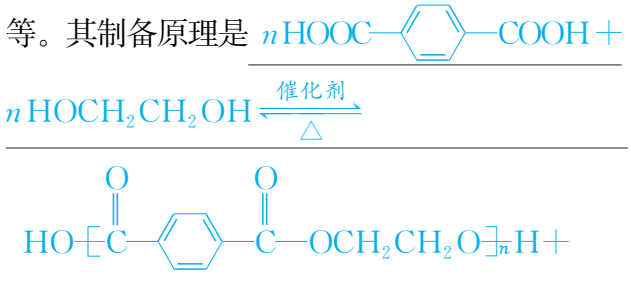
②酚醛树脂:酚(如苯酚或甲苯酚等)与醛(如甲醛)在酸或碱的催化下相互缩合而成的高分子。

(2)合成纤维

纤维 { 天然 纤维,如棉花、羊毛、蚕丝和麻等
纤维 { 化学 纤维 { 再生纤维:以木材、秸秆等农副产品为原料,经加工处理得到
合成纤维:以石油、天然气、煤、农副产品等为原料,将其转化为单体,再经过聚合反应得到

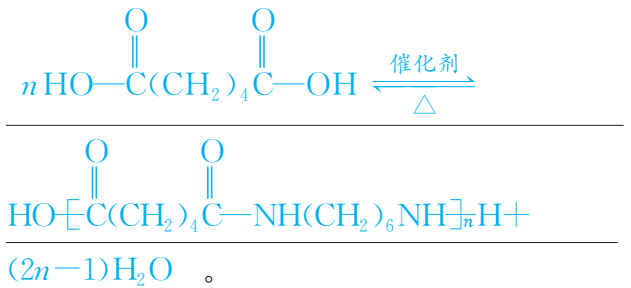
①聚酯纤维

合成纤维中产量最大的是聚酯纤维中的 涤纶 ,它大量用于服装与床上用品、各种装饰布料、国防军工特殊织物,以及工业用纤维制品等。其制备原理是



②聚酰胺纤维

聚己二酰己二胺纤维(又称锦纶 66、尼龙 66,两个数字 6 分别代表二胺和二酸分子中所含碳原子的个数)由己二胺与己二酸缩聚而成,不溶于普通溶剂,熔化温度高于 260 ℃,拉制的纤维具有天然丝的外观和光泽,耐磨性好、强度大,其制备原理为



(3)合成橡胶

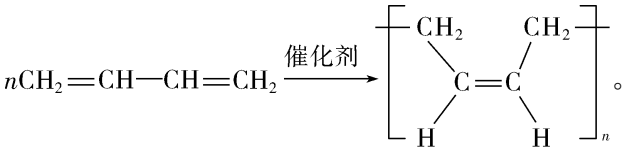
①橡胶的分类

橡胶分为天然橡胶和合成橡胶两大类。

天然橡胶的主要成分是 顺式聚异戊二烯 。

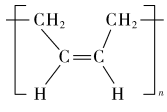
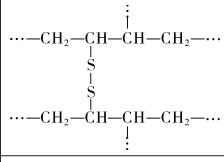
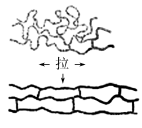
②顺丁橡胶

a. 顺丁橡胶的合成：以 1，3-丁二烯为原料，在催化剂作用下发生加聚反应，得到以顺式结构为主的聚合物，反应的方程式为



。

b. 顺丁橡胶的分类

聚顺-1，3-丁二烯	硫化顺丁橡胶	交联顺丁橡胶
		
线型结构，分子链较柔软，性能较差	网状结构，既有弹性又有强度	网状结构，有很好的弹性，耐磨、耐寒性好

3. 功能高分子材料

(1)高吸水树脂

①应用：可在干旱地区用于农业、林业抗旱保水，改良土壤；用于婴幼儿的纸尿裤，可吸入自身质量数百倍的尿液而不滴漏。

②合成方法

a. 淀粉、纤维素等天然吸水材料的改性	在淀粉或纤维素的主链上再接入带有强亲水基团的支链，可以提高它们的吸水能力。例如，淀粉与丙烯酸钠在一定条件下发生反应，生成以淀粉为主链的接枝共聚物。为防止此共聚物溶于水，还需在交联剂作用下生成 网状结构 的淀粉-聚丙烯酸钠高吸水性树脂
b. 用带有强亲水基团的烯类单体进行聚合，得到含亲水基团的高聚物	例如，在丙烯酸钠中加入少量交联剂，再在一定条件下发生聚合，可得到具有 网状结构 的聚丙烯酸钠高吸水性树脂。其结构简式为 $\left[CH_2{-}\underset{\underset{COONa}{\vert}}{CH}\right]_n$

(2)高分子分离膜

①原理：分离膜一般只允许水及一些小分子物质通过，其余物质则被截留在膜的另一侧，形成浓缩液，达到对原液净化、分离和浓缩的目的。

②分类：分离膜根据膜孔大小分为微滤膜、超滤膜、纳滤膜和反渗透膜等，可用于分离不同的物质。

③制备：生产分离膜的材料主要是有机高分子材料，如醋酸纤维、芳香族聚酰胺、聚丙烯、聚四氟乙烯等。

④应用：高分子分离膜已广泛用于海水淡化和饮用水的制取，以及果汁浓缩、乳制品加工、药物提纯、血液透析等领域。

小试牛刀

1. 下列化合物中，属于塑料的是 (A)

A. 有机玻璃　　B. 锦纶

C. 涤纶　　D. 白明胶(动物胶)

2. 下列物质中，属于合成纤维的是 (C)

A. 人造丝　　B. 蚕丝

C. 腈纶　　D. 羊毛绒

3. 维通橡胶是一种耐腐蚀、耐油、耐高温、耐寒性能都特别好的氟橡胶。它的结构简式如下，合成它的单体为 (B)

$$\left[CH_2{-}CF_2{-}CF_2{-}\underset{\underset{CF_3}{\vert}}{CF}\right]_n$$

A. 氟乙烯和全氟丙烯

B. 1,1-二氟乙烯和全氟丙烯

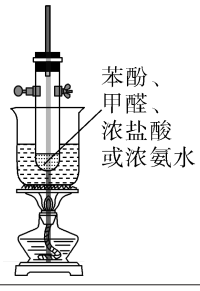
C. 1-三氟甲基-1,3-丁二烯

D. 全氟异戊二烯

互动课堂

合作探究

探究1 酚醛树脂

实验装置	
实验现象	(1)酸性条件下,生成米黄色中略带粉色的固体物质,它能溶于丙酮、乙醚等溶剂中 (2)碱性条件下,生成淡黄色固体酚醛树脂,它不溶于任何溶剂
实验结论	苯酚与甲醛在酸或碱作用下均可发生缩聚反应生成树脂: 苯酚、甲醛 —缩合反应→ 酸 △→线型结构的高分子;碱 △→网状结构的高分子
化学方程式或理论解释	(1)在酸催化下,等物质的量的苯酚与甲醛反应,苯酚邻位或对位的氢原子与甲醛的羰基加成生成羟甲基苯酚,然后羟甲基苯酚之间相互脱水缩合成线型结构的高分子: $C_6H_5OH + HCHO \xrightarrow[\triangle]{H^+} HO\text{-}C_6H_4\text{-}CH_2OH$ $n\,HO\text{-}C_6H_4\text{-}CH_2OH \xrightarrow[\triangle]{H^+} H\left[HO\text{-}C_6H_3\text{-}CH_2\right]_n OH + (n-1)H_2O$ (2)在碱催化下,苯酚与过量的甲醛反应,生成羟甲基苯酚的同时,还生成二羟甲基苯酚、三羟甲基苯酚等,继续反应就可以生成网状结构的酚醛树脂

【例1】酚醛树脂可用苯酚和甲醛反应制得。实验室制备酚醛树脂时,在酸性条件下,苯酚过量制得的酚醛树脂若不易取出时,则可趁热加入一些乙醇来取出树脂;在碱性条件下,苯酚过量时,若酚醛树脂不易取出,用加热或加溶剂的方法都很难将树脂取出。在上述两种情况下,下列有关叙述正确的是 ( )

A. 酸性条件制得的是线型结构酚醛树脂,碱性条件制得的是网状结构酚醛树脂

B. 酸性条件制得的是网状结构酚醛树脂,碱性条件制得的是线型结构酚醛树脂

C. 两种条件下制得的都是线型结构酚醛树脂

D. 两种条件下制得的都是网状结构酚醛树脂

【答案】A

【解析】根据制备酚醛树脂的实验可知,A正确。

【变式训练1】(双选)下列关于塑料的说法中,正确的是 (BC)

A. 聚乙烯塑料的单体是乙烯,所以聚乙烯塑料是纯净物

B. 塑料都是人工合成的

C. 酚醛树脂可以用作绝缘和隔热材料

D. 只有热塑性高分子材料才可能是塑料

【解析】高分子材料是由含有单体数目不等的高聚物分子组成的,因此不是纯净物,而是混合物,A错误;塑料属于合成材料,都是人工合成的,B正确;具有网状结构的酚醛树脂不导电、不导热、受热也不能软化或熔融,因此可以用作绝缘和隔热材料,C正确;塑料具有热塑性与热固性之分,D错误。

探究2 高分子材料的结构、性质及其反应特点

1. 高分子材料的结构、性质

	线型高分子	网状高分子
结构	分子中的原子以共价键相互联结，构成一条很长的卷曲状态的“链”	分子链与分子链之间还有许多共价键交联起来，形成三维空间的网状结构
溶解性	可溶于适当溶剂中	不溶于一般溶剂中
性能	具有热塑性，无固定熔点	具有热固性，受热不熔化
特性	强度大、可拉丝、吹薄膜、绝缘性好	强度大、绝缘性好
常见物质	聚乙烯、聚氯乙烯、天然橡胶	酚醛树脂、硫化橡胶

2. 有机高分子的反应特点

(1)与结构的关系：结构决定性质，高分子的化学反应主要取决于结构特点、官能团与基团之间的影响。如碳碳双键易氧化和加成，酯基易水解、醇解，羧基易发生酯化、取代等反应。

(2)常见的有机高分子化学反应

①降解：在一定条件下，高分子材料降解为小分子。如有机玻璃(聚甲基丙烯酸甲酯)热解为甲基丙烯酸甲酯；聚苯乙烯用氧化钡处理，能分解为苯乙烯。常见的高分子降解方法有生物降解、化学降解、光降解等。

②橡胶硫化：天然橡胶($\left[CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH-CH_2\right]_n$)经硫化，破坏了碳碳双键，形成单硫键(—S—)或二硫键(—S—S—)，线型结构变为网状结构。

③催化裂化：塑料催化裂化得到柴油、煤油、汽油及可燃气体等。

【例2】(双选)PBT是最坚韧的工程热塑性材料之一，它是半结晶材料，有非常好的化学稳定性、机械强度、电绝缘性和热稳定性，其结构简式为 $HO\left[\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-(CH_2)_4-O\right]_nH$。下列叙述错误的是 ( )

A. PBT具有热固性，受热不软化

B. PBT的单体是对苯二甲酸和丁二醇

C. 由单体合成PBT的反应属于缩聚反应

D. 1 mol PBT与NaOH溶液反应时，最多可消耗2 mol NaOH

【答案】AD

【解析】PBT属于线型高分子，具有热塑性，受热会软化，A不正确；PBT的单体为 $HOOC-C_6H_4-COOH$ 和 $HO-(CH_2)_4-OH$，二者通过缩聚反应生成PBT，B、C正确；1 mol PBT中含n mol酯基、n mol羧基，故最多可消耗$2n$ mol NaOH，D不正确。

【变式训练2】高分子材料发展的主要趋势是高性能化、功能化、复合化、精细化和智能化。下列材料不属于功能高分子材料的是 (B)

A. 用于生产光盘等产品的光敏高分子材料

B. 用于制造CPU芯片的良好半导体材料单晶硅

C. 用于生产“尿不湿”的高吸水性树脂

D. 能导电的碘掺杂聚乙炔

【解析】B 项中半导体材料单晶硅，属于传统无机非金属材料；A 项中光敏高分子材料、C 项中高吸水性树脂、D 项中导电高分子材料均属于功能高分子材料。

随堂小练

1. 下列有关塑料的说法不正确的是 （ D ）

A. 塑料的主要成分是合成树脂

B. 热塑性塑料可以反复加工、多次使用

C. 酚醛树脂可制热固性塑料

D. 某些合成材料和塑料制品废弃物可以倾倒到海洋中

【解析】塑料的主要成分是合成树脂，为了适应工农业生产和生活的各种要求，通常在高分子材料中掺入各种加工助剂来改善其性能，A 项正确。塑料根据其受热特征可分为热塑性塑料和热固性塑料，酚醛树脂就是热固性塑料，B、C 项正确。

2. 天然纤维的吸湿性优于合成纤维，合成纤维中吸湿性较好的是 （ C ）

A. 聚酰胺纤维（锦纶）

B. 聚酯纤维（涤纶）

C. 聚乙烯醇缩甲醛纤维（维纶）

D. 聚氯乙烯纤维（氯纶）

【解析】聚乙烯醇缩甲醛纤维（维纶）分子结构中含有吸水性强的基团——羟基，故吸湿性较好。

3. “尿不湿”的表面涂有一种既能吸水又能保水的物质。根据你的推测，这种特殊物质的结构可能是 （ C ）

A. $\left[CH_2-\underset{\underset{\displaystyle O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3}{|}}{CH}\right]_n$

B. $\left[CH_2-\underset{\underset{\displaystyle F}{|}}{CH}\right]_n$

C. $\left[CH_2-\underset{\underset{\displaystyle OH}{|}}{CH}\right]_n$

D. $\left[CCl_2-CCl_2\right]_n$

【解析】“尿不湿”的材料应是亲水但不溶于水的物质，选项中只有 $\left[CH_2-\underset{\underset{\displaystyle OH}{|}}{CH}\right]_n$ 中的—OH 属于亲水基团，而其自身属于高分子，不溶于水。

4. 下列说法正确的是 （ D ）

A. 以石油为原料制得的纤维是再生纤维

B. 天然纤维是不能再被加工处理的

C. 合成纤维、再生纤维和天然纤维统称为化学纤维

D. 煤和农副产品经过处理可制得合成纤维

【解析】棉花、羊毛、木材和草类的纤维都是天然纤维，天然纤维经过加工处理可以得到再生纤维；以石油、天然气、煤、农副产品等为原料，将其转化为单体，再经过聚合反应得到合成纤维。合成纤维和再生纤维统称为化学纤维。故只有 D 正确。

5. 橡胶树是热带植物，在我国海南已大面积种植。从橡胶树的胶乳中可提取天然橡胶，天然橡胶的成分是顺式聚异戊二烯，其结构简式为 $\left[CH_2-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}=CH-CH_2\right]_n$。

回答下列问题：

(1)天然橡胶能溶于汽油的根本原因是__天然橡胶是线型结构__。天然橡胶加入适当的硫黄进行硫化后，其结构由__线型结构__变成__网状结构__，因而硫化橡胶__不能__(填“能”或“不能”)溶于汽油。

(2)天然橡胶的单体是一种无色液体，将该无色液体加入溴水中，溴水__能__(填“能”或“不能”)褪色。

【解析】(1)从天然橡胶成分的结构简式可知，天然橡胶为线型结构的高分子，能溶于汽油等有机溶剂。天然橡胶硫化后，引入的硫原子可通过形成共价键使高分子链发生交联，形成网状结构，故硫化橡胶不能溶于汽油。

(2)天然橡胶的单体中含有两个碳碳双键，能发生加成反应而使溴水褪色。

温馨提示：请自主完成课后作业(十九)

课后作业·单独成册

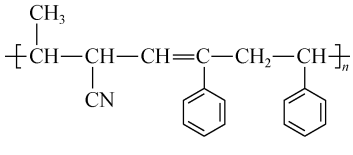
三、知能拓展

重难突破

要点1 加聚反应和缩聚反应的比较

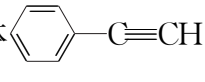
	加聚反应	缩聚反应
相同	(1)单体是相对分子质量小的有机物 (2)生成物有高分子化合物 (3)单体可相同,也可不同	
生成物	无小分子	有小分子(如 H_2O 等)
高分子与单体	组成相同	组成不同
高分子的相对分子质量	是单体的相对分子质量的整数倍	是单体的相对分子质量与缩去分子(小分子)的相对分子质量之差的 n 倍
反应特点	单体中含有不饱和键是加聚反应的必要条件,打开不饱和键,相互连成长碳链	单体通常含有两个或两个以上能够相互作用的官能团,官能团与官能团间缩去小分子,逐步缩合

【例1】某高分子材料的结构如图。已知该高分子材料是由3种单体聚合而成的。下列与此高分子材料相关的说法正确的是 (　　)



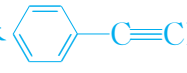
A. 3种单体中有2种有机物互为同系物

B. 3种单体都可以使溴水褪色,但只有2种能使酸性高锰酸钾溶液褪色

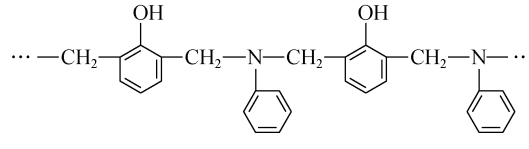
C. 形成该高分子材料的单体  中,所有原子一定处于同一平面

D. 该高分子材料是网状结构,合成它的反应是加聚反应

【答案】C

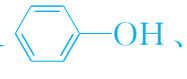
【解析】根据高分子的结构简式及由3种单体聚合而成可知,3种单体分别为 $CH_3—CH=CH—CN$、$CH\equiv C—C_6H_5$、$CH_2=CH—C_6H_5$。3种单体结构不相似,不互为同系物,A错误;3种单体都含有碳碳不饱和键,可以使溴水褪色,使酸性高锰酸钾溶液褪色,B错误;形成该高分子材料的单体  中,C≡C确定的直线在苯环的平面内,则所有原子一定处于同一平面,C正确;该高分子材料是线型结构高分子,合成它的反应是加聚反应,D错误。

【变式训练1】某种具有较好耐热性、耐水性和高频电绝缘性的高分子化合物的结构片段如下。则生成该树脂的单体的种类和化学反应类型正确的是 (D)



A. 1种　加聚反应　B. 2种　缩聚反应

C. 3种　加聚反应　D. 3种　缩聚反应

【解析】从分子的组成来看,该高分子化合物应是缩聚反应的产物,由3种单体缩聚得到,这3种单体分别是  、HCHO、 。

要点2 确定高聚物单体的常见方法

如果高聚物链节主链上的原子都是碳原子,没有其他的原子,则一般是加聚产物;如果高聚物链节主链中含有—COO—、—CONH—等官能团,则是缩聚产物。

判断高聚物单体的一种行之有效的方法是"切割法":即将高聚物的括号及聚合度 n 去掉,得到链节,根据链节中主链的情况,判

断是加聚产物单体还是缩聚产物单体，必要时将链节切割成几段，最后将切下的片段改写成单体。具体分析如下：

物质类别	高分子化合物	方法	单体
加聚物	$\left[CH_2-CH_2\right]_n$	$\left[CH_2-CH_2\right]_n$	$CH_2=CH_2$
	$\left[CH_2-\underset{\underset{CH_3}{\mid}}{CH}-CH_2-CH_2\right]_n$	$\left[CH_2-\underset{\underset{CH_3}{\mid}}{CH}-CH_2-CH_2\right]_n$	$CH_2=CHCH_3$ 和 $CH_2=CH_2$
	$\left[CH_2-\underset{\underset{CH_3}{\mid}}{C}=CH-CH_2\right]_n$	$\left[CH_2-\underset{\underset{CH_3}{\mid}}{C}=CH-CH_2\right]_n$	$CH_2=\underset{\underset{CH_3}{\mid}}{C}-CH=CH_2$
缩聚物	$HO\left[\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-CH_2CH_2-O\right]_nH$	$HO\left[\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-CH_2CH_2-O\right]_nH$ 补—OH　补—H	$HOOC-C_6H_4-COOH$ 和 $HOCH_2CH_2OH$
	$H\left[HN-\underset{\underset{R}{\mid}}{CH}-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-NH-\underset{\underset{R'}{\mid}}{CH}-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}\right]_nOH$	$H\left[HN-\underset{\underset{R}{\mid}}{CH}-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-NH-\underset{\underset{R'}{\mid}}{CH}-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}\right]_nOH$ 补—OH　补—H	$R-\underset{\underset{NH_2}{\mid}}{CH}-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OH$ 和 $R'-\underset{\underset{NH_2}{\mid}}{CH}-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OH$

【例 2】聚苯乙烯的结构为 $\left[CH_2-\underset{\underset{C_6H_5}{\mid}}{CH}\right]_n$，试回答下列问题：

(1)聚苯乙烯的链节是_____，单体是_____。

(2)实验测得聚苯乙烯的相对分子质量(平均值)为 52 000，则该高聚物的聚合度 n 为_____。

(3)已知聚苯乙烯为线型结构的高分子化合物，试推测：聚苯乙烯_____(填“能”或“不能”)溶于 $CHCl_3$，具有_____(填“热塑”或“热固”)性。

【答案】(1) $-CH_2-\underset{\underset{C_6H_5}{\mid}}{CH}-$　$CH_2=\underset{\underset{C_6H_5}{\mid}}{CH}$

(2)500　(3)能　热塑

【解析】(1)聚苯乙烯是苯乙烯(单体)通过加聚反应制得的，链节是 $-CH_2-\underset{\underset{C_6H_5}{\mid}}{CH}-$，单体是 $CH_2=\underset{\underset{C_6H_5}{\mid}}{CH}$。(2)聚合度 $n=\dfrac{\text{聚合物的平均相对分子质量}}{\text{链节的相对质量}}=\dfrac{52\ 000}{104}=500$。

(3)根据线型结构高分子的性质可推知聚苯乙烯具有热塑性，能溶于 $CHCl_3$ 等有机溶剂。

【变式训练 2】某高聚物的结构如下，其单体应是　(D)

$\left[\underset{\underset{C_6H_5}{\mid}}{CH}-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2\right]_n$

①苯乙烯　②丁烯　③丁二烯　④丙炔　⑤苯丙烯

A. ①②　　B. ④⑤

C. ③⑤　　D. ①③

【解析】利用“切割法”可知，该高聚物的单体是苯乙烯和丁二烯，故 D 正确。

拓展提升

1. 下列材料中属于功能高分子材料的是（ C ）

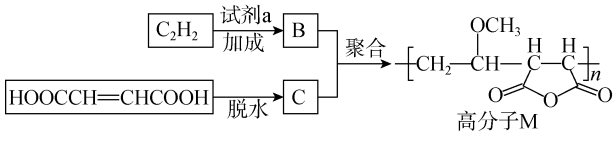
①有机玻璃　②合成橡胶　③高分子分离膜　④生物高分子材料　⑤隐身材料　⑥液晶高分子材料　⑦光敏高分子材料　⑧智能高分子材料

A. ①③④⑥⑧　　B. ②④⑥⑦⑧

C. ③④⑤⑥⑦⑧　　D. ①②③④⑤⑥⑦⑧

【解析】有机玻璃、合成橡胶属于通用高分子材料，其他都属于功能高分子材料。

2. 高分子 M 广泛用于牙膏、牙科黏合剂等口腔护理产品，其合成路线如图：



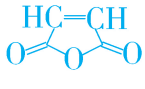
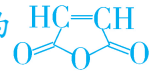
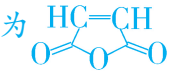
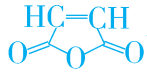
下列说法不正确的是（ D ）

A. 试剂 a 是甲醇

B. 化合物 B 不存在顺反异构体

C. 化合物 C 的核磁共振氢谱有一组峰

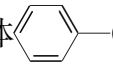
D. 合成 M 的聚合反应是缩聚反应

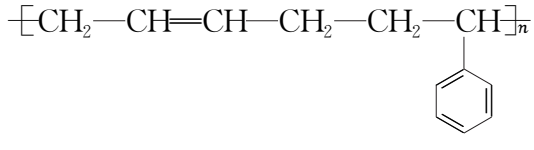
【解析】CH≡CH 与试剂 a 发生加成反应生成 B，HOOCCH═CHCOOH 分子内脱水生成 C，B 和 C 聚合生成 M，根据聚合物 M 的结构简式可知，M 的单体为 CH_2═CH—OCH_3 和  ，由此可知 B 为 CH_2═CH—OCH_3，C 为  ，则试剂 a 为 CH_3OH，故 A 正确；化合物 B 为 CH_2═CH—OCH_3，不存在顺反异构体，故 B 正确；化合物 C 为  ，其结构对称，只含有一种氢原子，则核磁共振氢谱有一组峰，故 C 正确；CH_2═CH—OCH_3 和  发生加聚反应得到高分子 M，故 D 错误。

3. 下列工业生产过程中，属于应用缩聚反应制取高聚物的是（ D ）

A. 由单体 CH_2═CH_2 制取高聚物

$$\left[CH_2—CH_2\right]_n$$

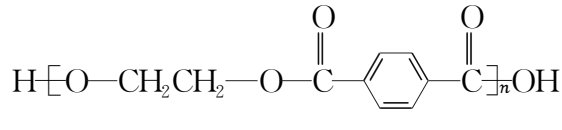
B. 由单体  —CH═CH_2 与 CH_2═CH—CH═CH_2 制取高聚物



C. 由单体 CH_2═CH—CH_3 制取高聚物

$$\left[CH_2—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\right]_n$$

D. 由单体 $HOCH_2CH_2OH$ 与 HOOC— —COOH 制取高聚物



【解析】A、B、C 中均为加聚反应；D 中单体因分别含有—OH、—COOH，故发生了缩聚反应。

4. 工程塑料 ABS 树脂(结构简式如下,式中—C_6H_5 是苯基)合成时用了三种单体。这三种单体的结构简式分别是 $CH_2{=}CH{-}CN$ 、$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$ 、$C_6H_5{-}CH{=}CH_2$ 。

$$-\left[CH_2-\underset{\underset{CN}{|}}{CH}-CH_2-CH{=}CH-CH_2-CH_2-\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}\right]_n-$$

【解析】根据单体加聚生成高聚物的特点可知,单烯烃加聚时高聚物的长链中没有双键,二烯烃加聚时长链中含有一个双键,依据这样的变化特征推知 ABS 的链节由三部分组成。

温馨提示:请自主完成第五章达标测试

课后作业·单独成册