

第十二章 羧 酸

一、概述



二、物理性质



三、化学性质



四、制备



五、二元羧酸



六、取代羧酸



七、酸碱理论



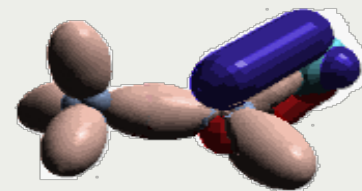
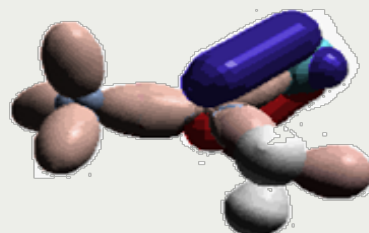
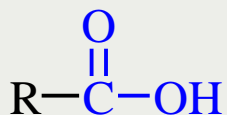
第十二章 羧 酸

一、概述

1、结构

2、分类和命名

1、结构



	羧酸	醛酮
示性式	<div> <div>酰基</div> <div> $(\text{H})\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ </div> <div>羧基</div> </div>	$(\text{H})\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}(\text{H})$
结构特征	碳原子 sp^2 杂化 $p-\pi$ 共轭效应	碳原子 sp^2 杂化
性质特征	酸性 亲核试剂的进攻 $\alpha\text{-H}$ 的取代 还原反应	- 亲核试剂的进攻 $\alpha\text{-H}$ 的取代 氧化、还原反应

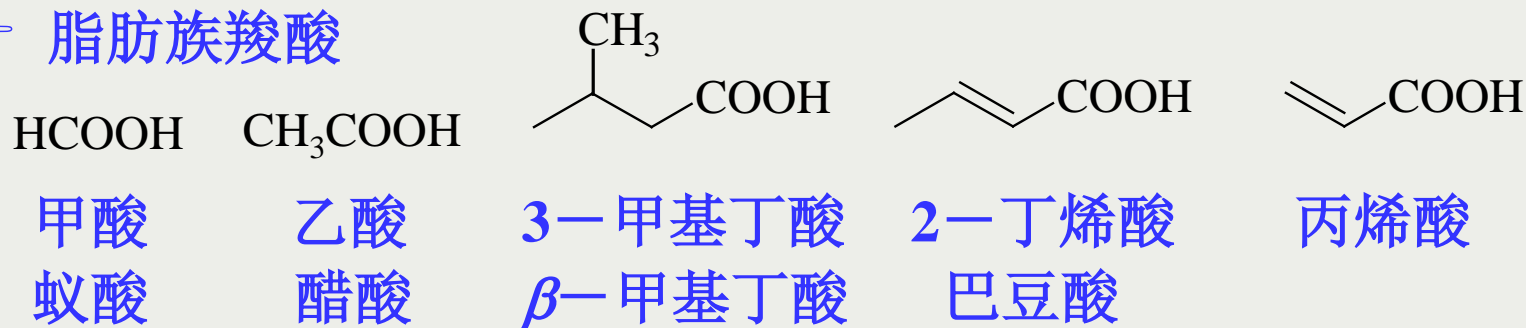
第十二章 羧 酸

2、分类和命名



➤ 烃基的类型:

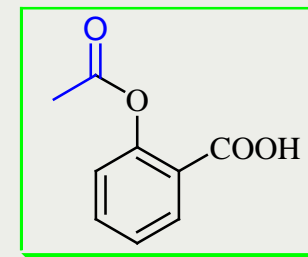
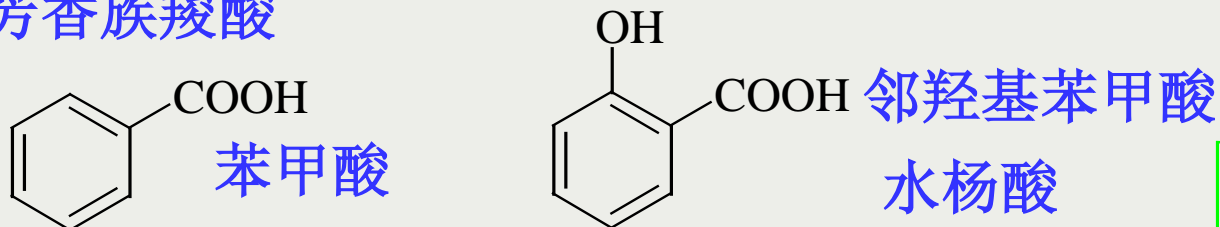
➤ 脂肪族羧酸



➤ 脂环族羧酸



➤ 芳香族羧酸



乙酰水杨酸
阿司匹林

一、概述

1、结构

2、分类和命名

第十二章 羧 酸

一、概述

1、结构

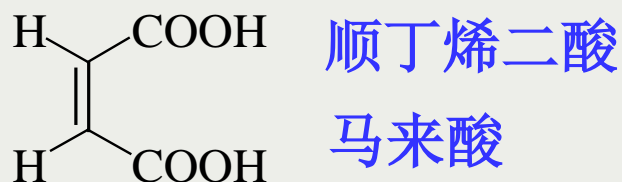
2、分类和命名

2、分类和命名

➤ 羧基的数目：

☞ 一元酸：例见上

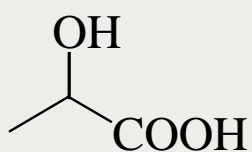
☞ 多元酸：



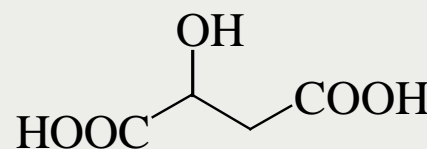
第十二章 羧 酸

2、分类和命名

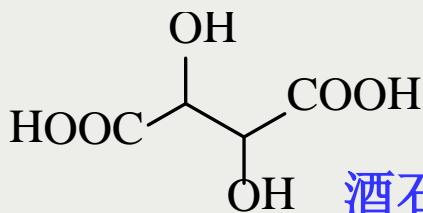
练习：命名下列羧酸：



2-羟基丙酸
乳酸

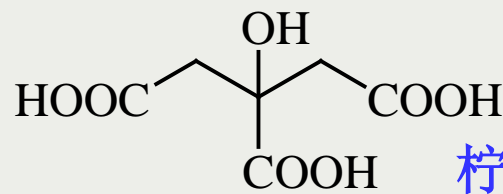


2-羟基丁二酸
苹果酸



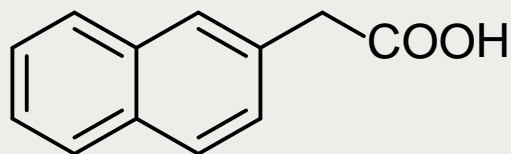
酒石酸

2,3-二羟基丁二酸

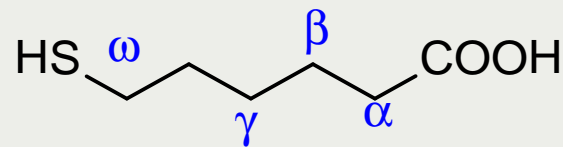


柠檬酸

3-羟基-3-羧基戊二酸



β -萘乙酸



ω -巯基己酸

一、概述

1、结构

2、分类和命名

第十二章 羧 酸

二、物理性质

1、沸点

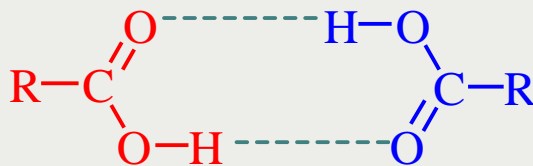
2、熔点

3、水溶性

4、光谱性质

1、沸点

分子间的氢键的作用：



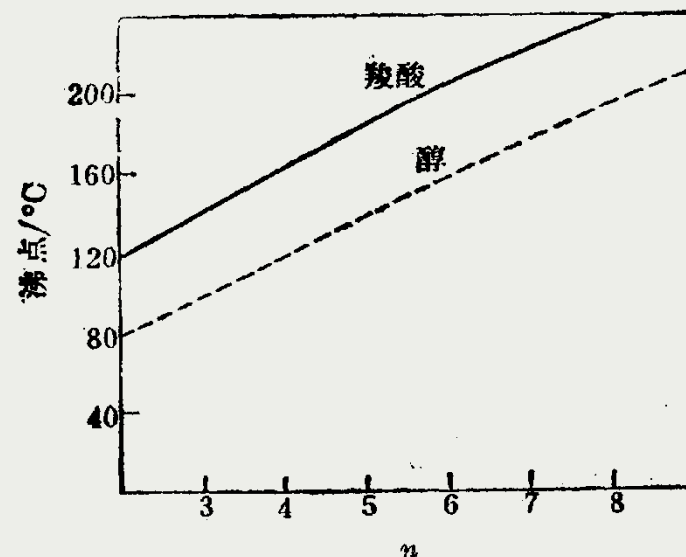
➤即使在气相中，一些低级羧酸也是以二聚体存在；

➤沸点比相应的醇高。

练习题：不查数据，比较下列化合物的沸点：

①乙烷、②乙醛、③乙醇、④乙酸。

① < ② < ③ < ④



羧酸： $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{n-2}\text{COOH}$

醇： $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{n-2}\text{CH}_2\text{OH}$

第十二章 羧 酸

二、物理性质

1、沸点

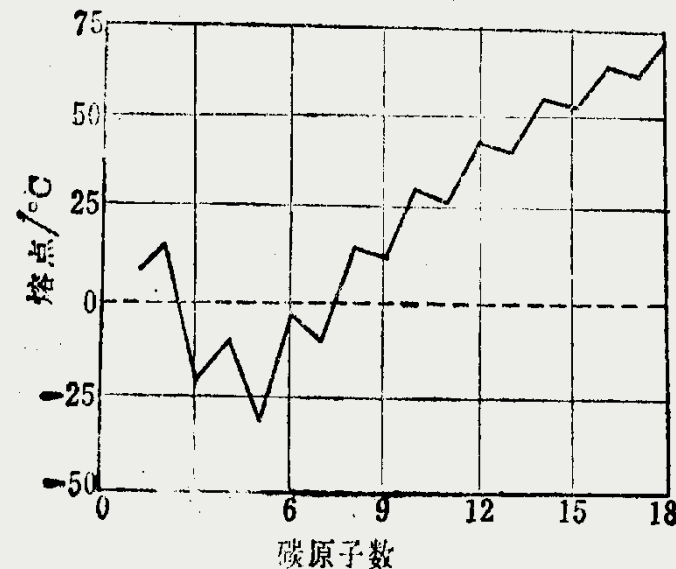
2、熔点

3、水溶性

4、光谱性质

2、熔点

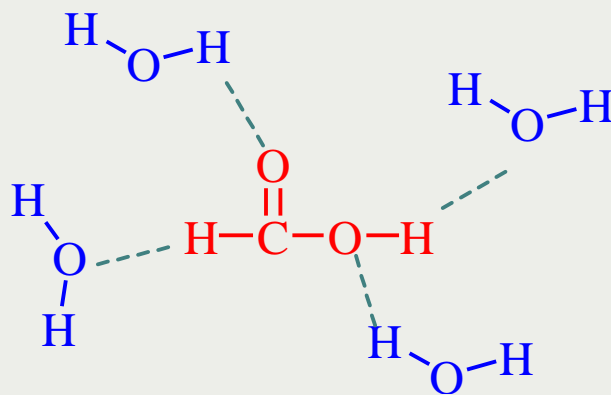
偶数碳原子比奇数碳原子高，因为对称性较好，分子之间晶格能较大。



(a) 脂肪族饱和一元羧酸的熔点

3、水溶性

与水分子形成氢键：



➤ 羧酸水溶性较好，
R基团增大，水溶性降低。

第十二章 羧 酸

二、物理性质

1、沸点

2、熔点

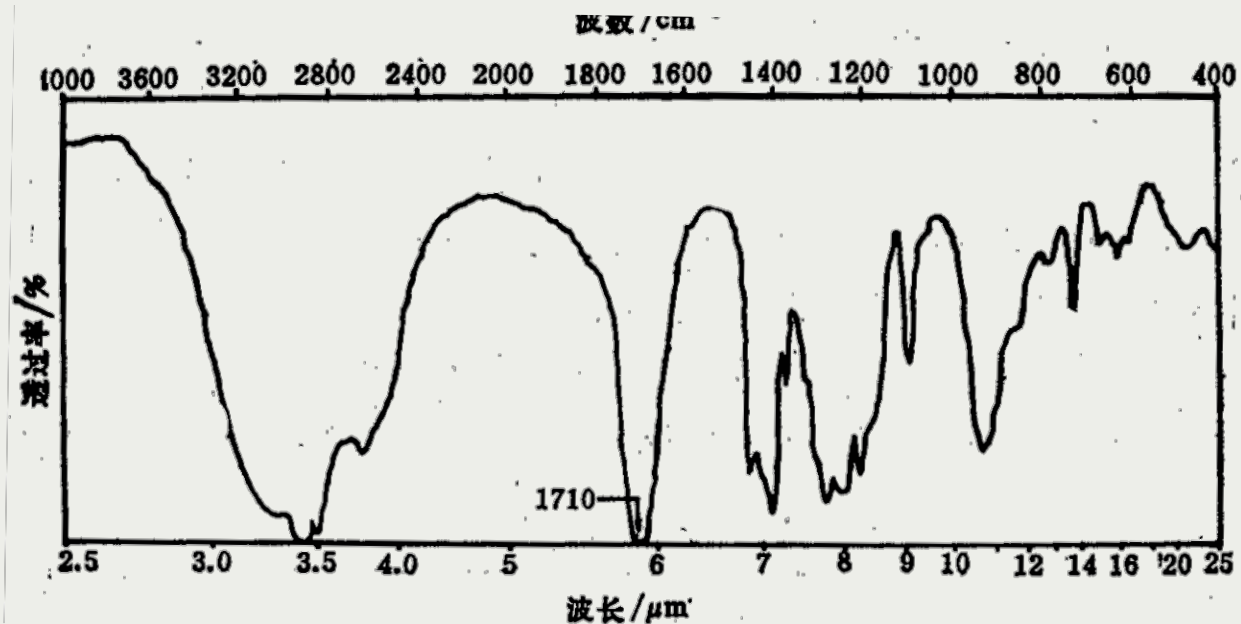
3、水溶性

4、光谱性质

4、光谱性质

➤ 红外光谱:

正己酸



O—H 键的伸缩振动: $\sim 3500\text{cm}^{-1}$, 宽强峰;

C=O 键的伸缩振动: $1725\sim 1700\text{cm}^{-1}$, 尖强峰;

第十二章 羧 酸

二、物理性质

1、沸点

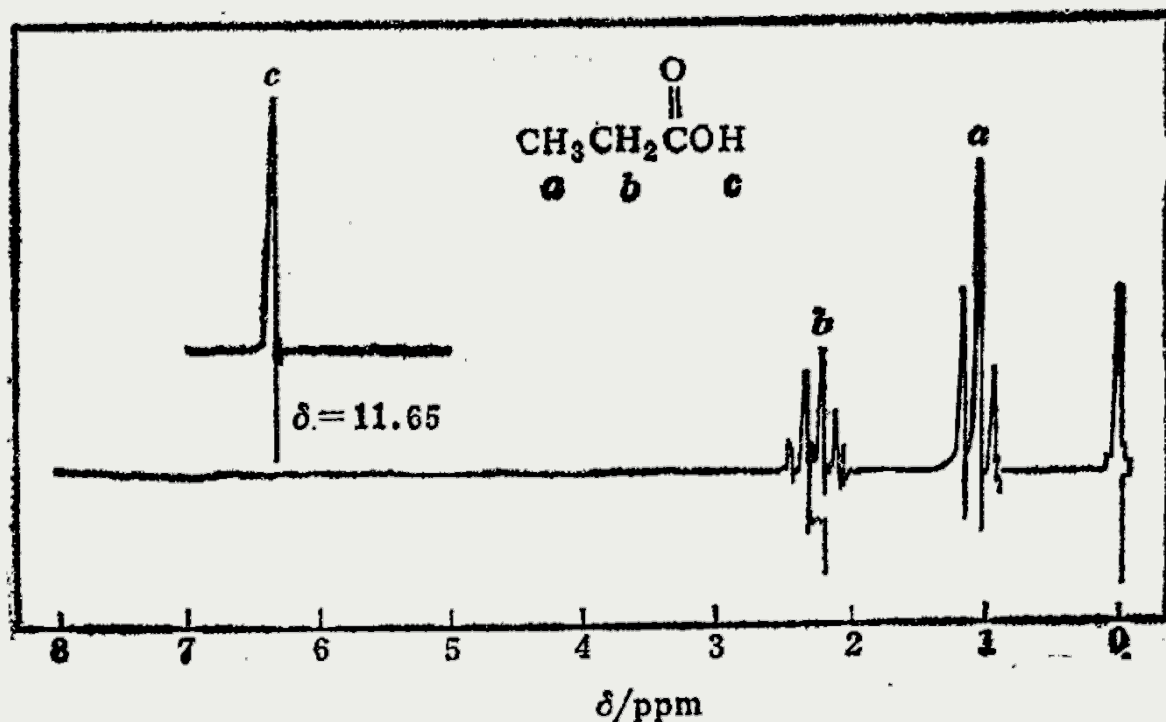
2、熔点

3、水溶性

4、光谱性质

4、光谱性质

➤ 核磁共振： ^1H -NMR

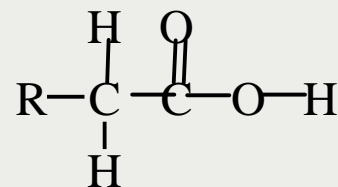


COOH 上氢原子的化学位移在 9.5~13ppm。

第十二章 羧 酸

三、化学性质

主要的反应类型：



- O—H 键的断裂，羧酸的酸性
- C—O 键的断裂，羧酸衍生物的生成
- C=O 键的断裂，亲核加成
- C—C 键的断裂，脱羧反应
- C—H 键的断裂， α -H的取代
- 还原反应、氧化反应（甲酸）

第十二章 羧 酸

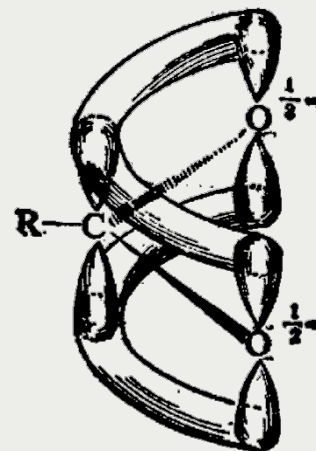
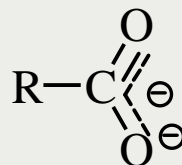
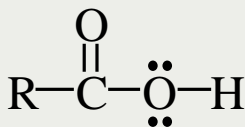
1、酸性



➤ 实验事实：（比苯酚的酸性强）



➤ 理论解释：



羧酸根负离子轨道图

- ☞ 羧基p-π共轭效应，O—H键被削弱，H⁺易于离去；
- ☞ 羧酸根负离子负电荷离域化，电荷分散，比较稳定。

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、α-卤代反应

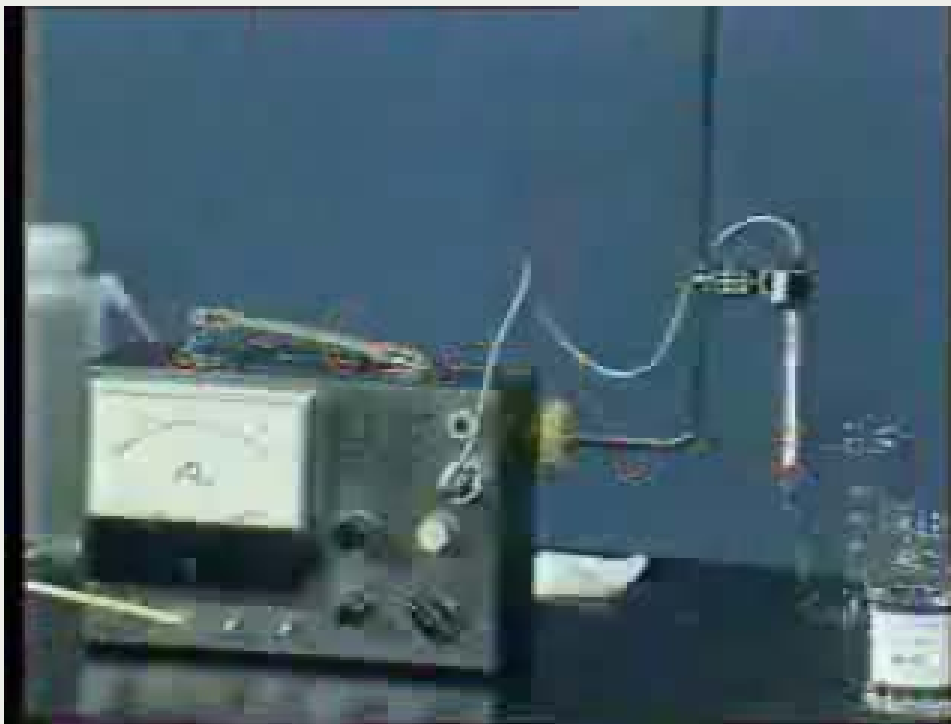
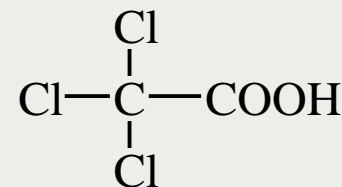
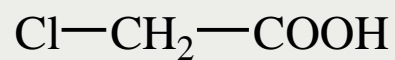
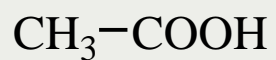
5、氧化和还原

第十二章 羧 酸

1、酸性



☞ 比较下列化合物的酸性:



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

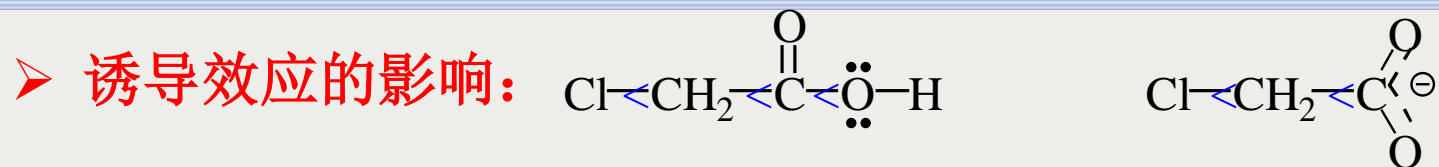
3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

5、氧化和还原

第十二章 羧 酸

1、酸性



☞ 吸电子基的诱导效应使得O-H键上的电子更偏向于氧原子，O—H将更容易断裂。

☞ 氢离子离去后的负离子由于吸电子基的诱导效应更趋于稳定。

例：pK_a值的比较：

	CCl_3COOH	CHCl_2COOH	CH_2ClCOOH	CH_3COOH
pK _a	0.64	1.26	2.86	4.76
	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHClCOOH}$	$\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{COOH}$	$\text{H}_2\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	
pK _a	2.84	4.06	4.52	

➤ 一种吸电子基时：吸电子基距离羧基越近，吸电子基的数目越多羧酸的酸性越强。

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、α-卤代反应

5、氧化和还原

第十二章 羧酸

1、酸性

➤ 诱导效应的影响:



诱导效应: (与H相比)

☞ 吸电子诱导效应 (−I) : $^+\text{NR}_3 > ^+\text{NH}_3 > \underline{\text{NO}_2} > \underline{\text{CN}} > \underline{\text{COOH}} > \underline{\text{F}} > \text{Cl} > \text{Br} > \text{I} > \text{OAr} > \underline{\text{COOR}} > \text{OR} > \underline{\text{COR}} > \text{SH} > \underline{\text{OH}} > \text{Ph} > \text{CH}=\text{CH}_2 > \text{H}$

☞ 不同吸电子基时: 吸电子基吸电子性越强, 羧酸的酸性越强。

☞ 供电子诱导效应 (+I) : $\text{O}^- > \text{COO}^- > (\text{CH}_3)_3\text{C} > (\text{CH}_3)_2\text{CH} > \text{CH}_3\text{CH}_2 > \text{CH}_3 > \text{H}$

☞ 供电子基时: 供电子基供电子性越强, 羧酸的酸性越弱。

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

5、氧化和还原

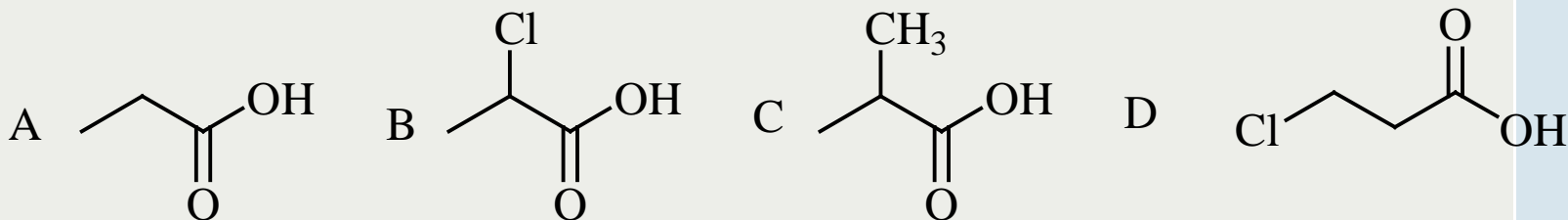
第十二章 羧酸

1、酸性

➤ 诱导效应的影响:

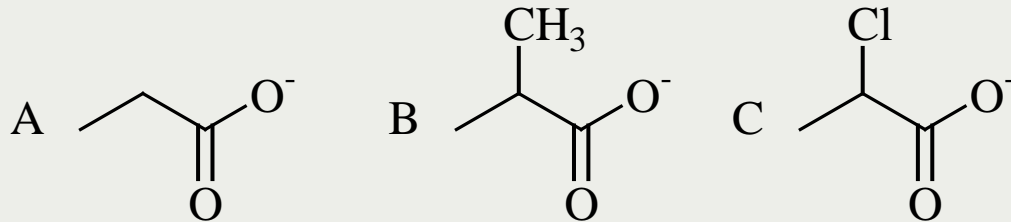


例：将下列化合物的酸性由强到弱排列成序：



bdac

例：将下列离子的碱性由强到弱排列成序：



bac

羧酸盐碱性的比较：共轭酸的酸性越强其共轭碱的碱性越弱。

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

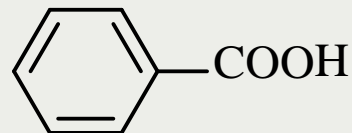
4、 α -卤代反应

5、氧化和还原

第十二章 羧 酸

1、酸性

➤ 共轭效应的影响:



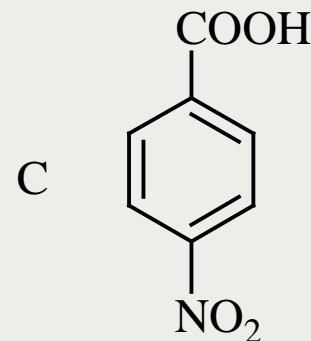
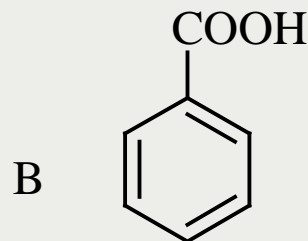
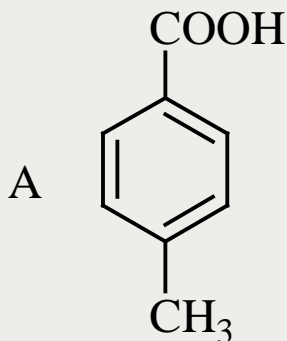
pKa

4.76

4.20

苯环的共轭效应使得苯甲酸的酸性增强。

例：将下列化合物的酸性由强到弱排列成序：



cba

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

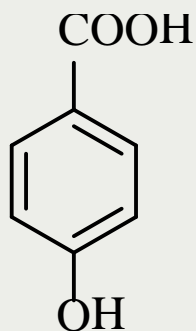
4、 α -卤代反应

5、氧化和还原

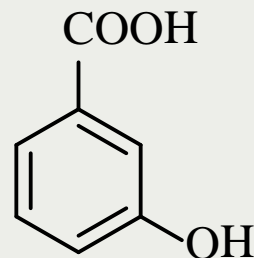
第十二章 羧 酸

1、酸性

➤ 共轭效应的影响:



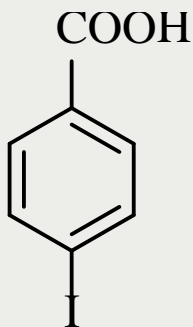
pKa 4.57



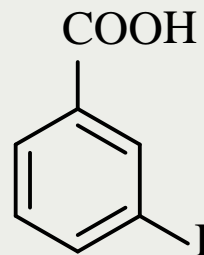
4.08

邻羟基：给电子的共轭大于吸电子的诱导效应；
 间羟基：吸电子的诱导，羟基的给电子共轭不能直接传递到羧基。

例：比较下列化合物的酸性：



<



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

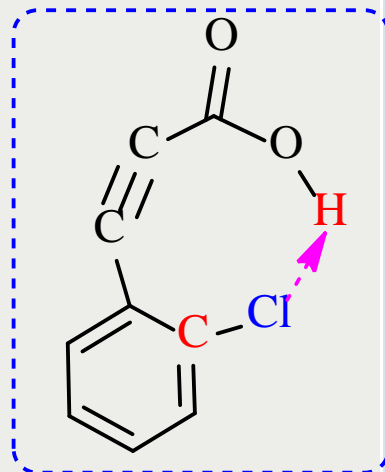
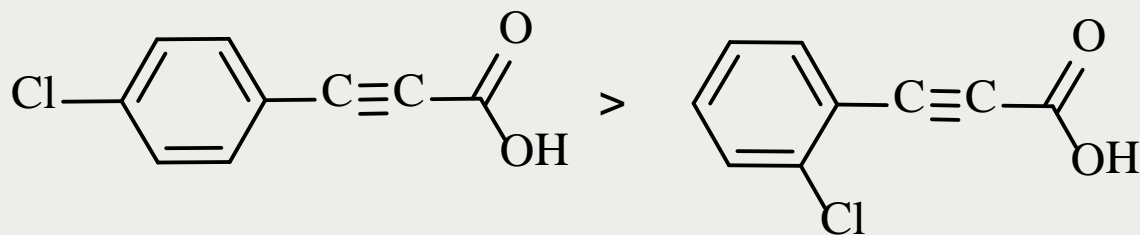
5、氧化和还原

第十二章 羧 酸

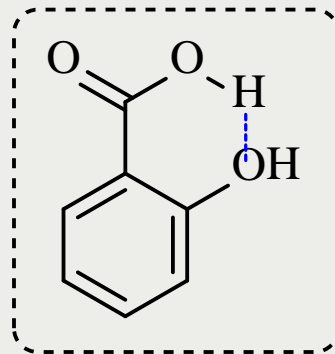
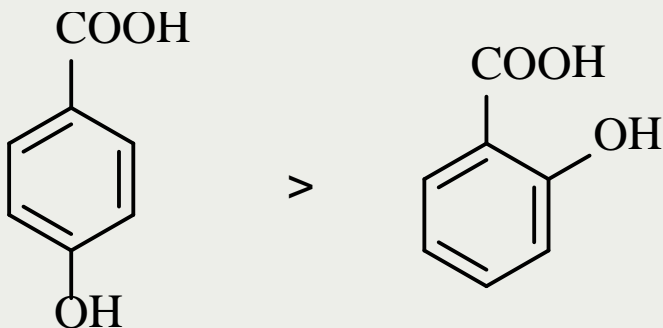
1、酸性

➤ 场效应的影响:

例1: 比较下列化合物的酸性:



例2: 比较下列化合物的酸性:



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、α-卤代反应

5、氧化和还原

第十二章 羧酸

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

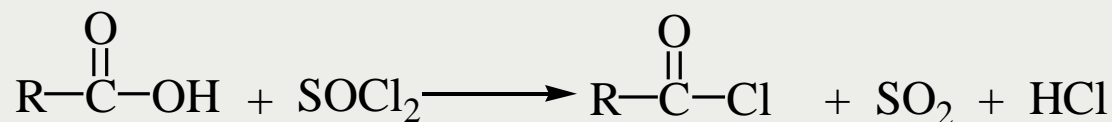
2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

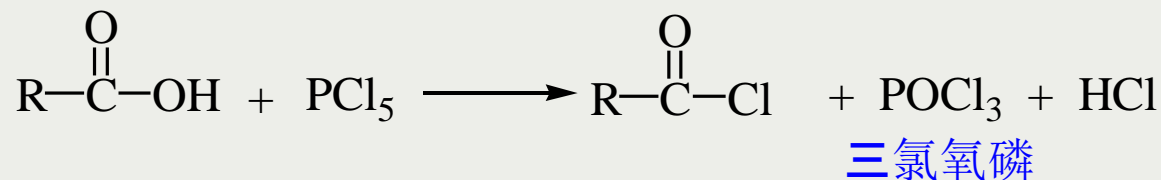
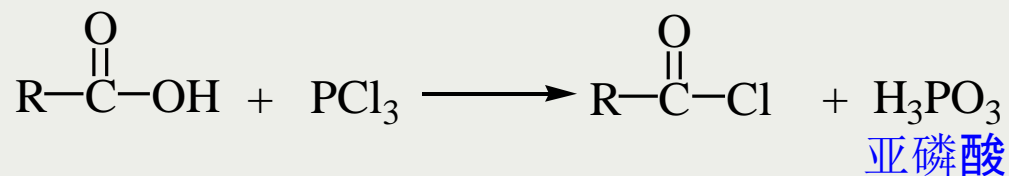
4、 α -卤代反应

5、氧化和还原

2、衍生物的生成:酰氯的合成



副产物易于除去，易氧化的物质不能使用。



三氯氧磷为液体，如产物是固体，易于提纯。适于小批量制备。

第十二章 羧酸

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

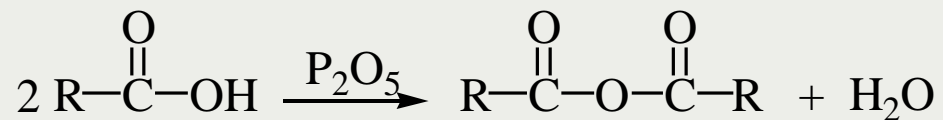
2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

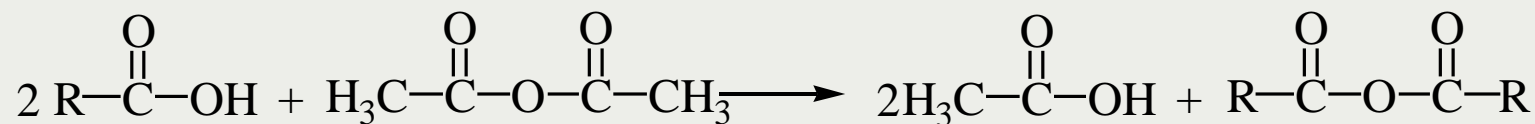
4、 α -卤代反应

5、氧化和还原

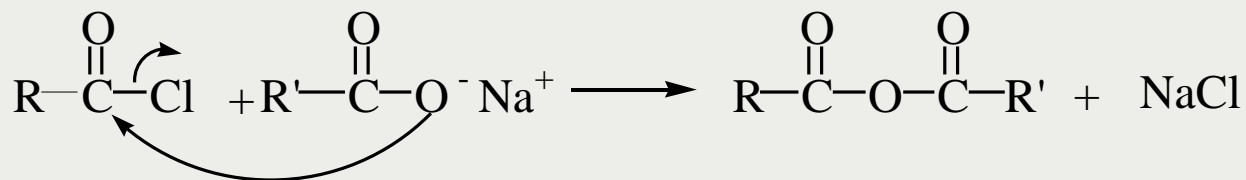
2、衍生物的生成：酸酐的合成



大多数酸酐的制备方法。



用廉价的醋酸酐制备价格较高的羧酸酐。



合成混酐的方法。

第十二章 羧酸

2、衍生物的生成:酯的合成



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

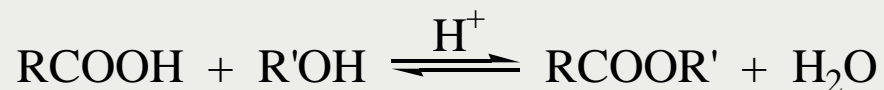
2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

5、氧化和还原



➤ **酯化反应**：羧酸、醇在催化剂的作用下生成酯。

☞ **特点**：平衡反应。

☞ **使反应向正方向进行的方法**：

A、加入过量的便宜的醇；

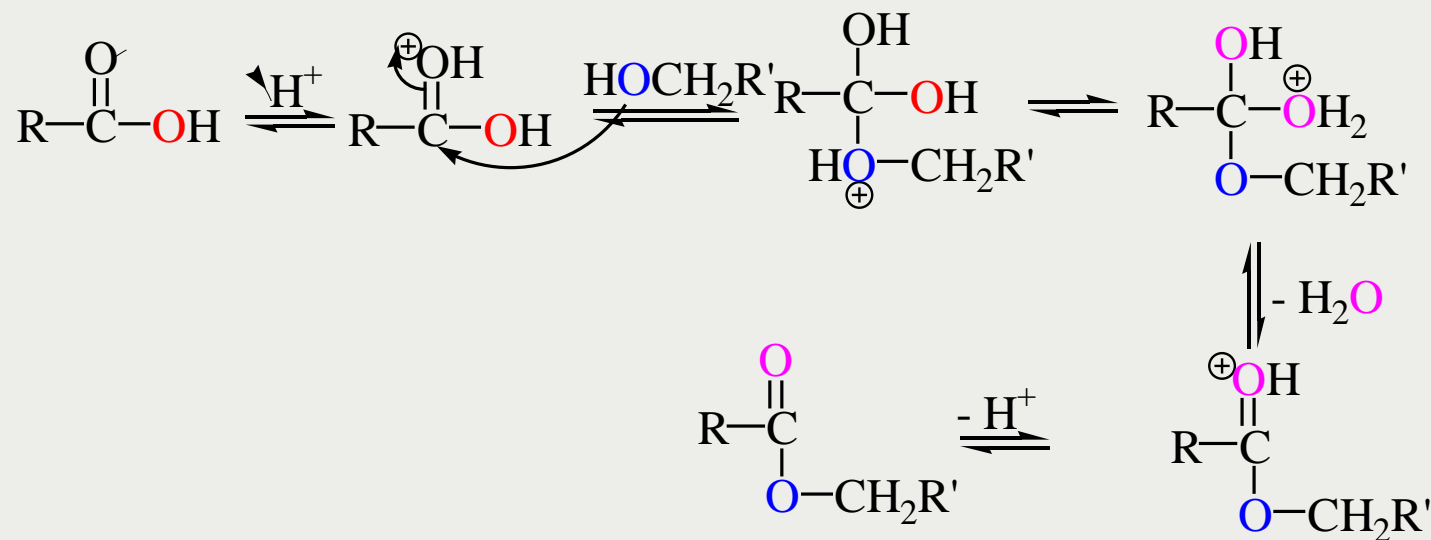
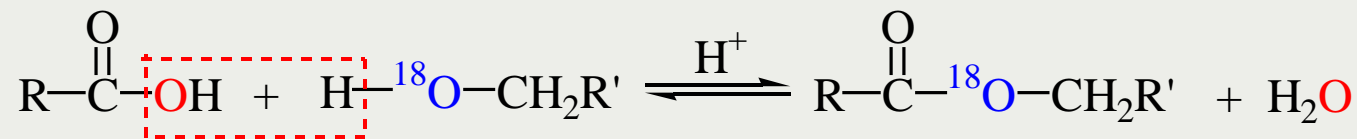
B、除去反应过程中生成的水。

第十二章 羧酸

2、衍生物的生成：酯的合成

➤ 反应历程

➡ 羧酸和大多数醇（伯醇等）：酸脱羟基醇脱氢



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、α-卤代反应

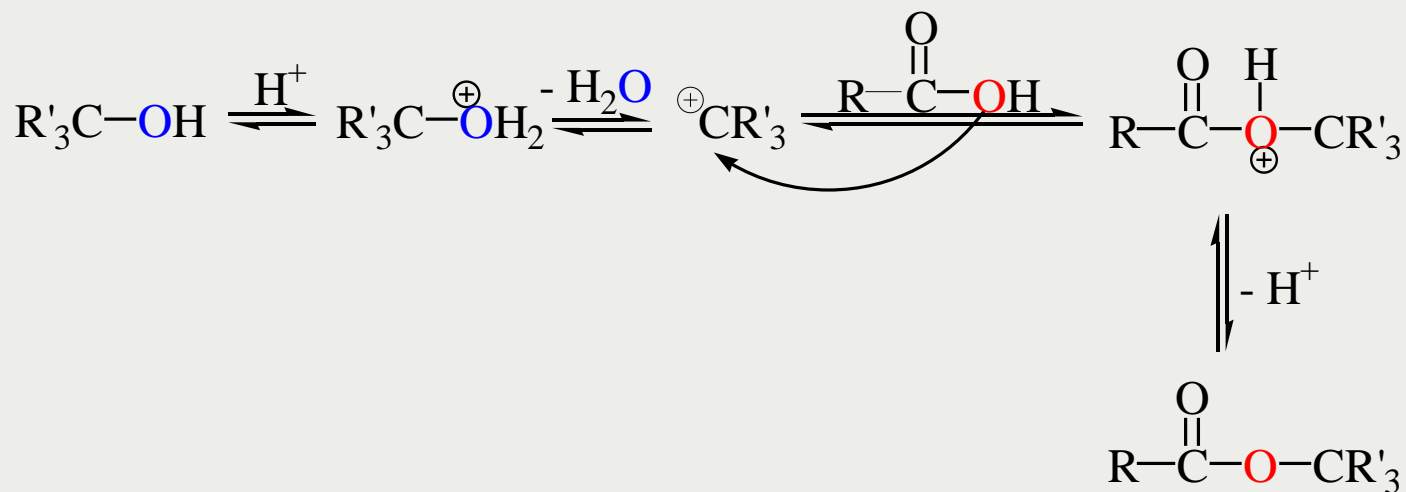
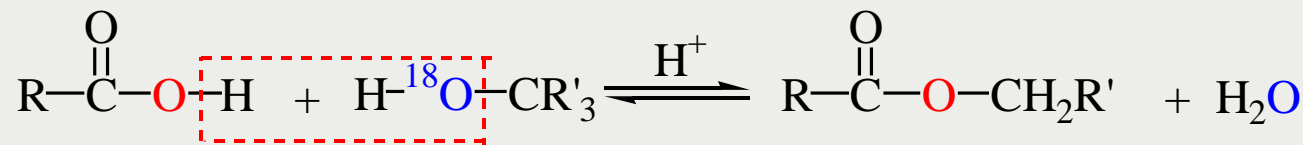
5、氧化和还原

第十二章 羧酸

2、衍生物的生成:酯的合成

➤ 反应历程

➡ 羧酸和少数醇（如叔醇）：醇脱羟基酸脱氢



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、α-卤代反应

5、氧化和还原

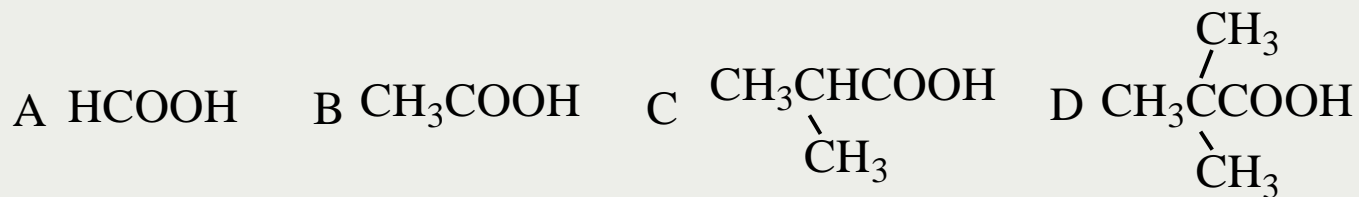
第十二章 羧酸

2、衍生物的生成:酯的合成



➤ 酯化反应的速率

例题一：将下列化合物与丁醇进行酯化反应的活性由大到小排列成序，并简要说明理由：



ABCD

例题二：将下列化合物与苯甲酸进行酯化反应的活性由大到小排列成序，并简要说明理由：

A 甲醇 B 异丙醇 C 乙醇

ACB

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

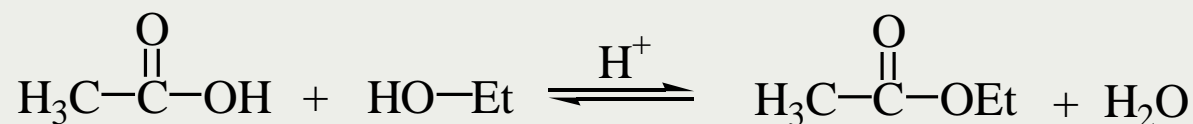
5、氧化和还原

第十二章 羧酸

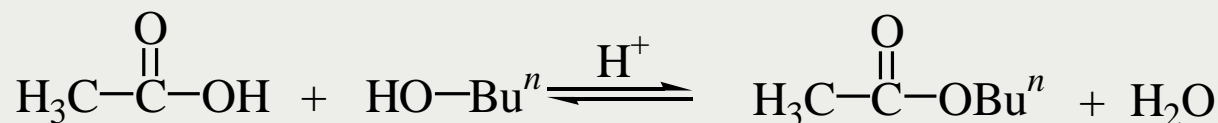
2、衍生物的生成:酯的合成

➤ 酯化反应实例

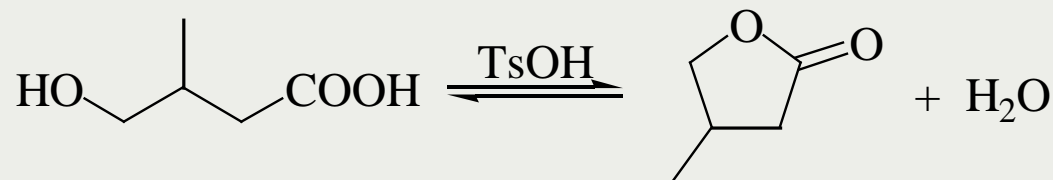
➡ 加入过量的醇:



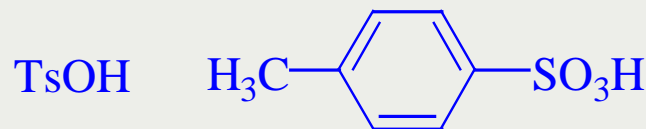
➡ 油水分离器除去反应中生成的水:



➡ 羟基酸的成酯合成内酯:



易成五、六元环的内酯。



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、α-卤代反应

5、氧化和还原

第十二章 羧酸

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

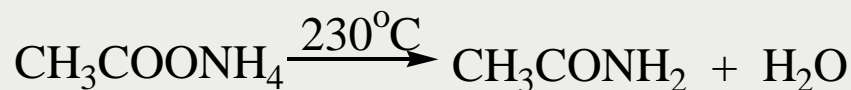
3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

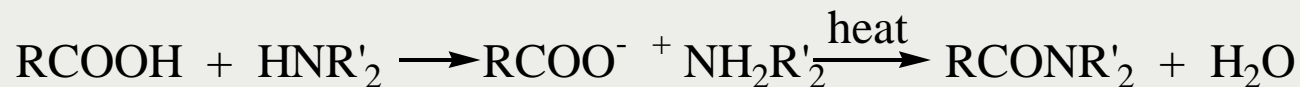
5、氧化和还原

2、衍生物的生成：酰胺的合成

铵盐脱水



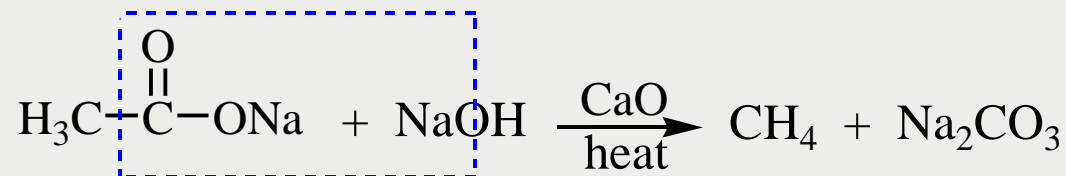
N-取代酰胺的制备:



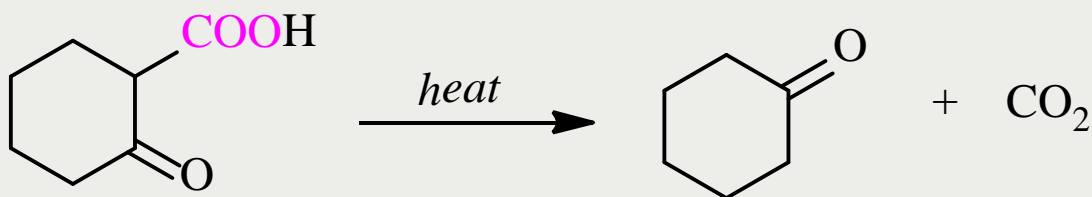
第十二章 羧 酸

3、脱羧反应

➤ 一元羧酸的脱羧



➤ 含强吸电子基团羧酸的脱羧



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、α-卤代反应

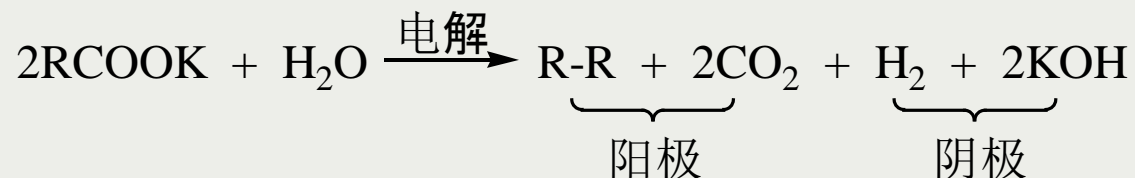
5、氧化和还原

第十二章 羧 酸

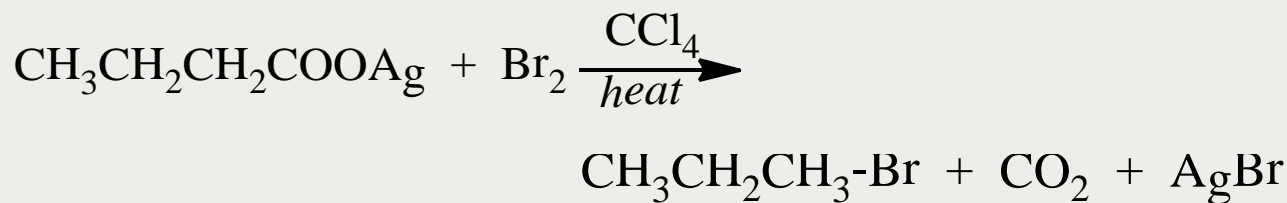
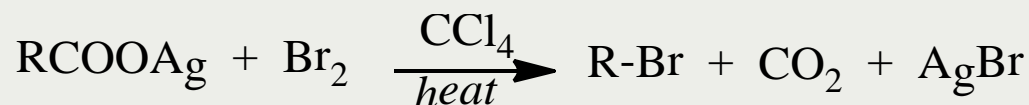
3、脱羧反应



➤ 羧酸钾盐的电解脱羧（Kolbe电解）：



➤ Hunsdiecker反应：



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

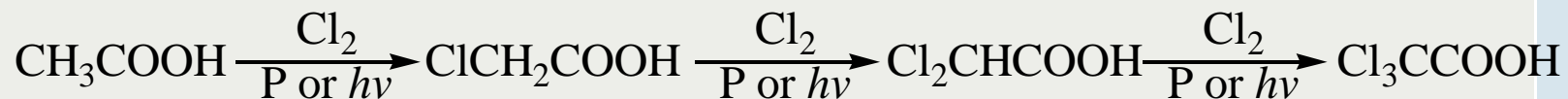
3、脱羧反应

4、α-卤代反应

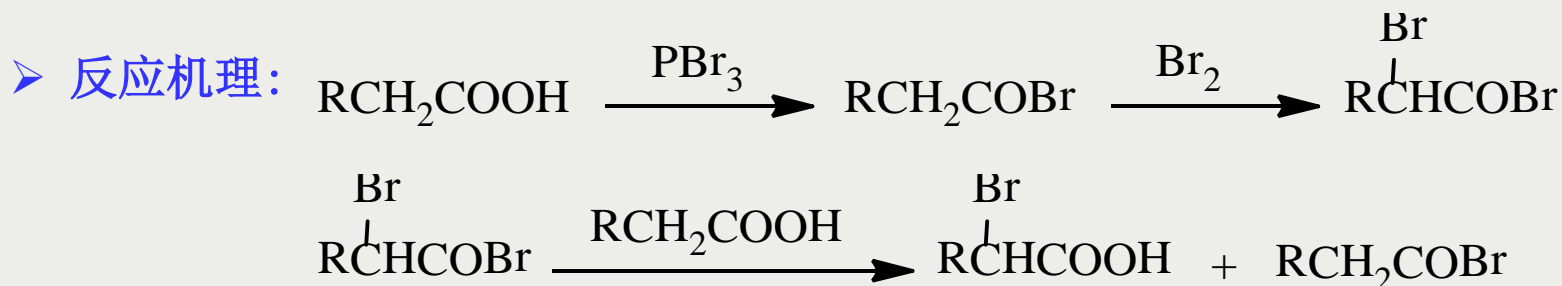
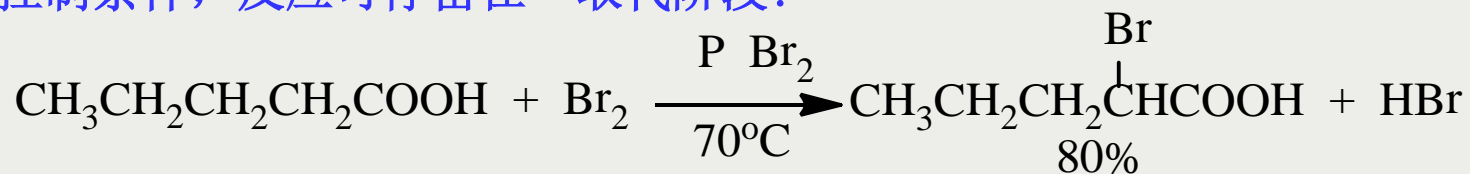
5、氧化和还原

第十二章 羧 酸

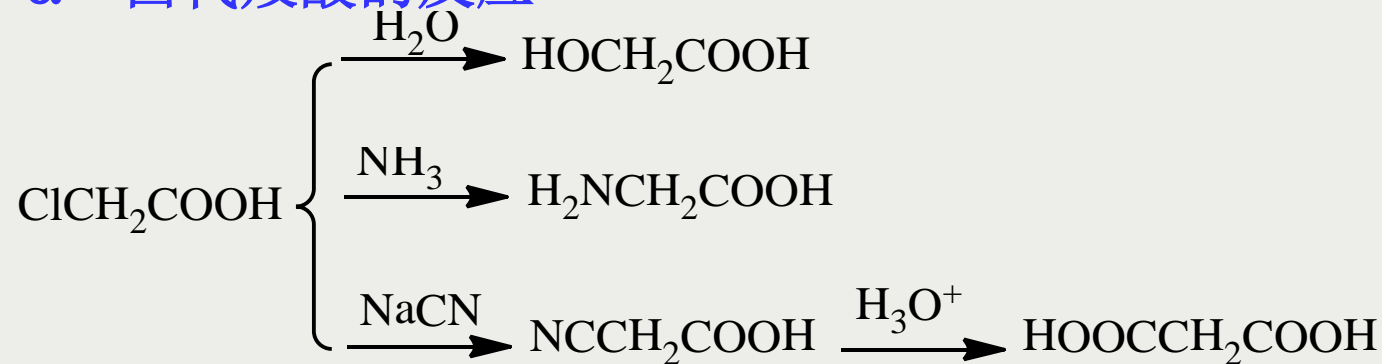
4、 α -卤代反应



➤ 控制条件，反应可停留在一取代阶段：



➤ α -卤代羧酸的反应



三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

5、氧化和还原

第十二章 羧 酸

三、化学性质

1、酸性

2、衍生物的生成

2.1、酰氯的合成

2.2、酸酐的合成

2.3、酯的合成

2.4、酰胺的合成

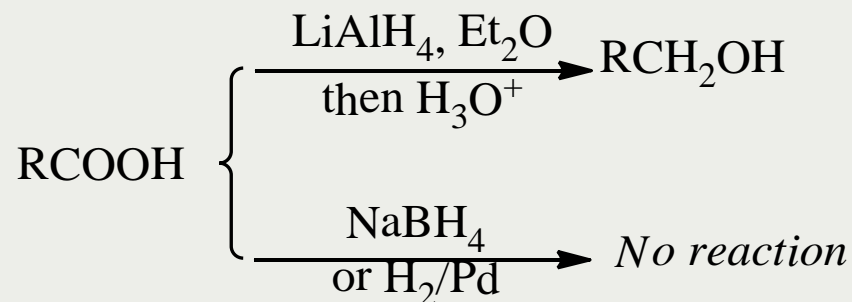
3、脱羧反应

4、 α -卤代反应

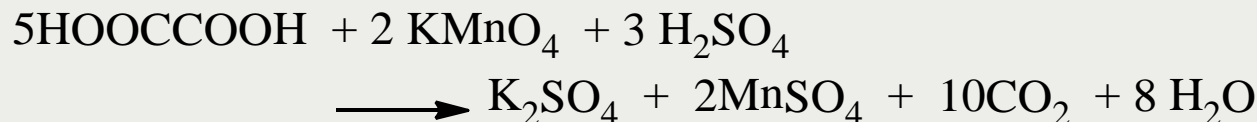
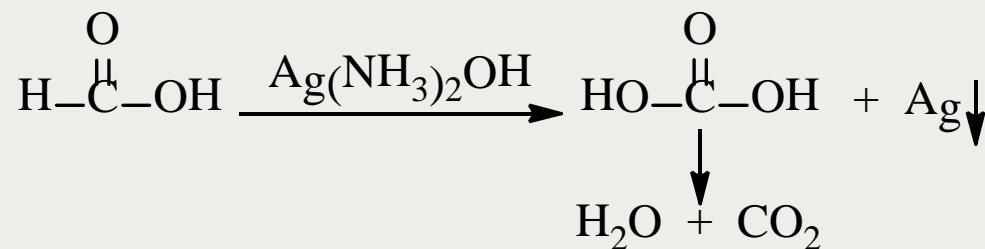
5、氧化和还原

5、氧化和还原反应

➤ 还原反应 金属氢化物还原，双键不受影响。



➤ 氧化反应
 (羧基的氧化态加高，一般不能再被氧化，氧化反应局限于少数几种羧酸)：

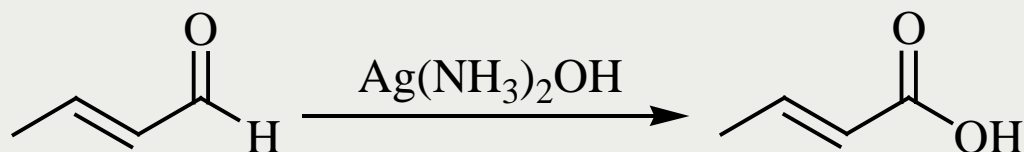
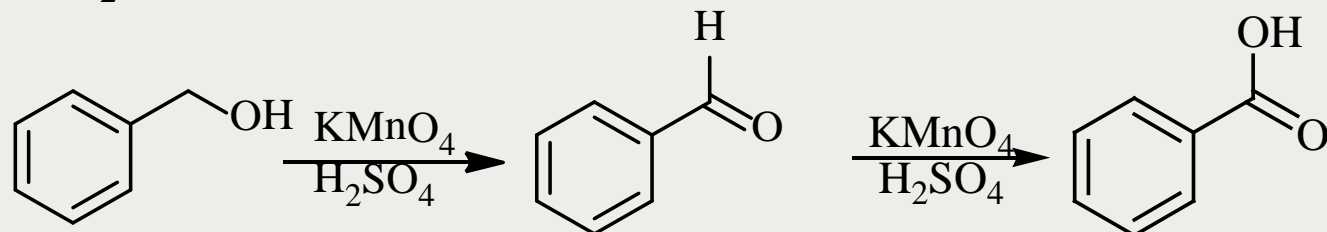


实验室测定高锰酸钾浓度的滴定反应。

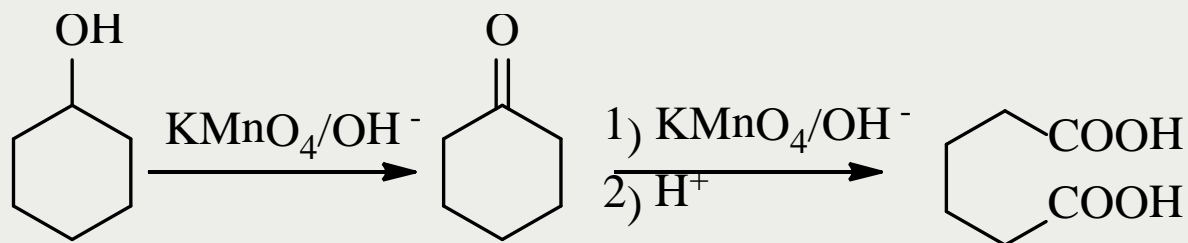
第十二章 羧 酸

1、醇或醛的氧化

➤ 伯醇、醛



➤ 仲醇、酮 (几个特例)



四、羧酸的制备

1、醇或醛的氧化

2、烷烃的氧化

3、腈的水解

4、 RMgX 与 CO_2 反应

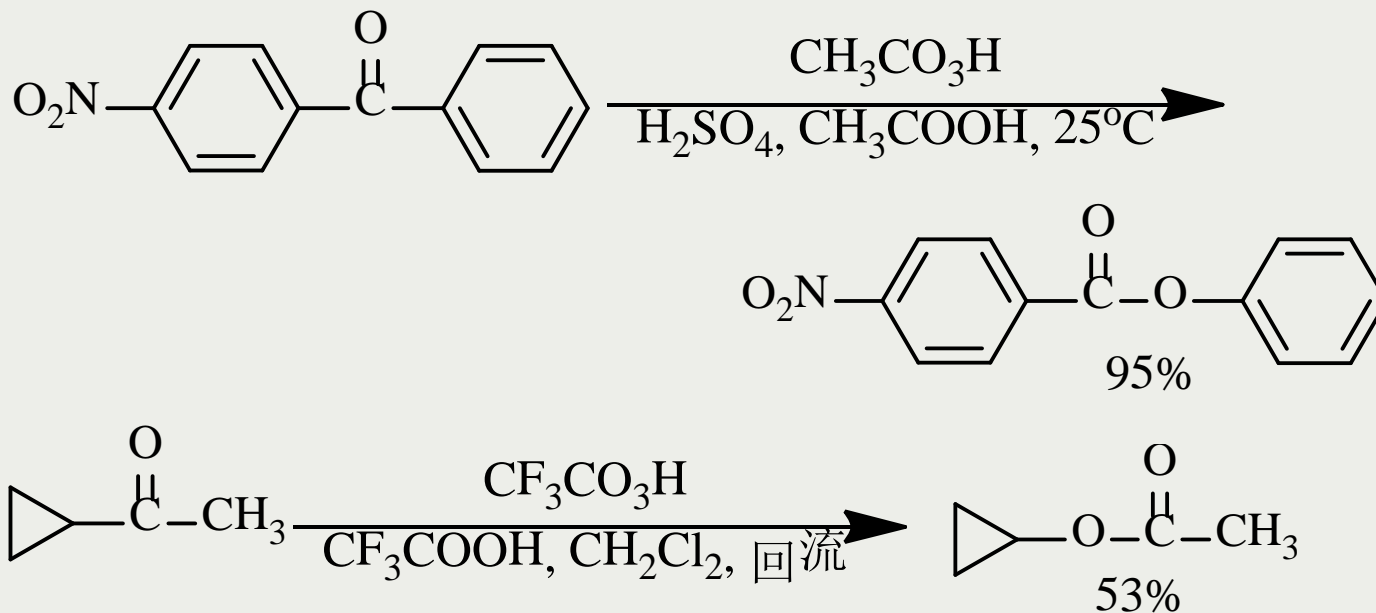
5、衍生物的水解



第十二章 羧酸

1、醇或醛的氧化

➤ Baeyer-Villiger氧化



✎ 混酮的氧化反应中，不同基团重排的易难次序为：
 $\text{p-CH}_3\text{O-C}_6\text{H}_4 > \text{p-CH}_3\text{-C}_6\text{H}_4 > \text{C}_6\text{H}_5 > \text{p-Cl-C}_6\text{H}_4 > 3^\circ\text{-R} > 2^\circ\text{-R} > 1^\circ\text{-R} > \text{CH}_3$ 。

✎ 若重排基团为手性基团，它的构型在重排中保持。

四、羧酸的制备

1、醇或醛的氧化

2、烷烃的氧化

3、腈的水解

4、 RMgX 与 CO_2 反应

5、衍生物的水解

第十二章 羧 酸

四、羧酸的制备

1、醇或醛的氧化

2、烷烃的氧化

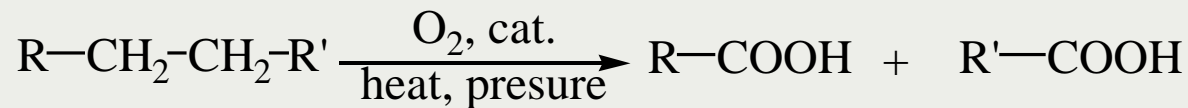
3、腈的水解

4、 $RMgX$ 与 CO_2 反应

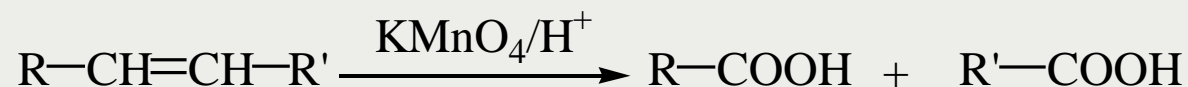
5、衍生物的水解

2、烷烃的氧化

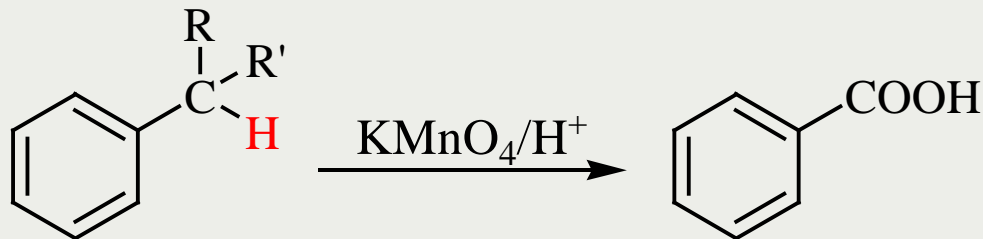
- 高级烷烃的氧化（工业、不同断裂的混合物）：



- 烯烃的氧化

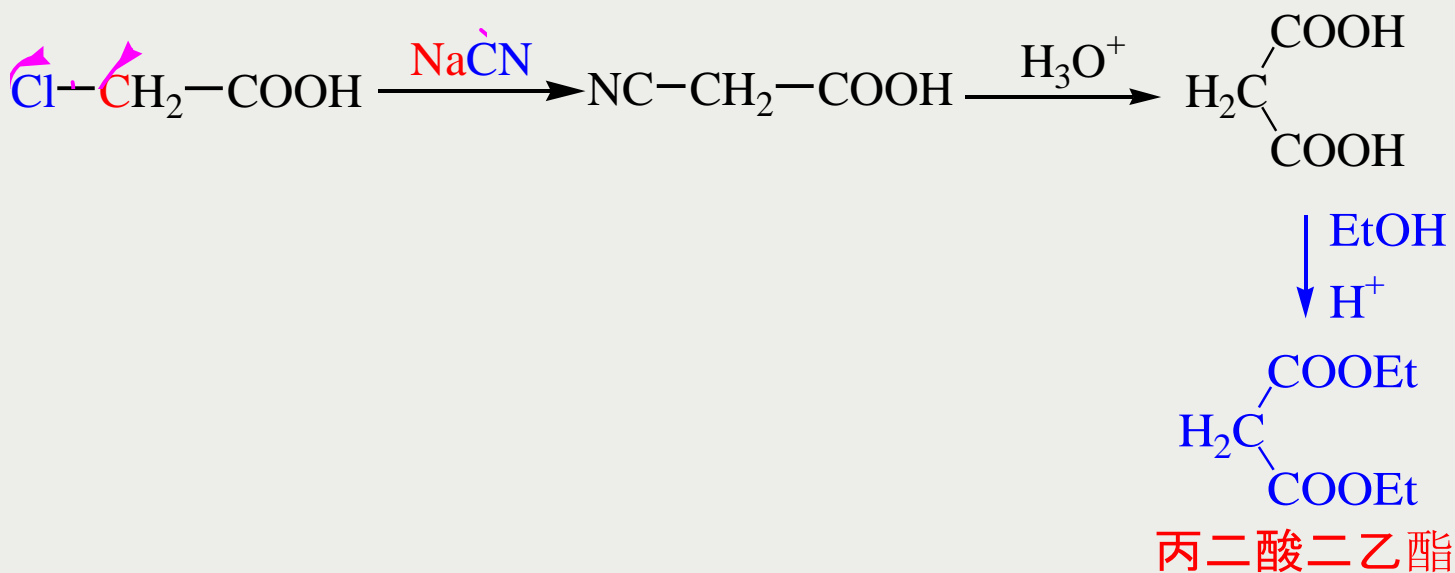
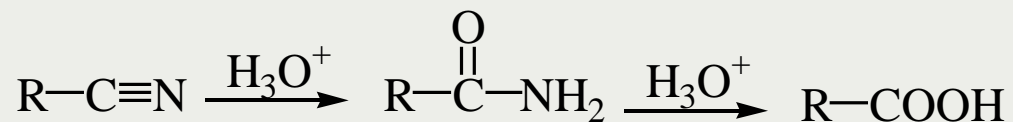


- 芳烃侧链的氧化



第十二章 羧酸

3、腈的水解



四、羧酸的制备

1、醇或醛的氧化

2、烷烃的氧化

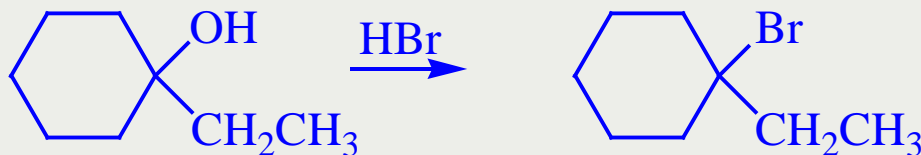
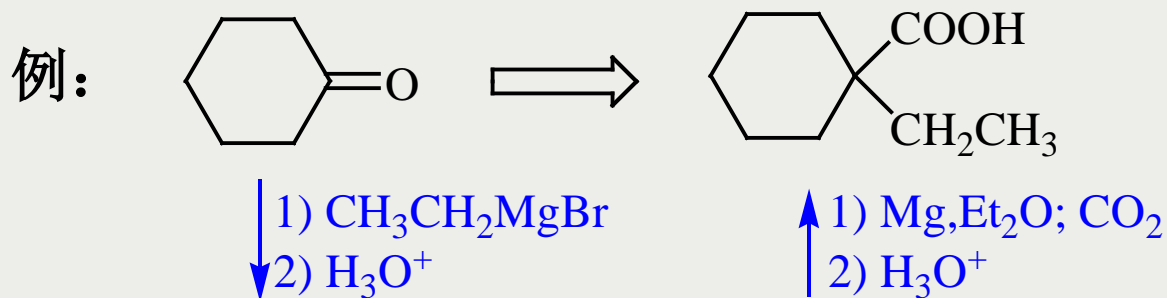
3、腈的水解

4、 RMgX 与 CO_2 反应

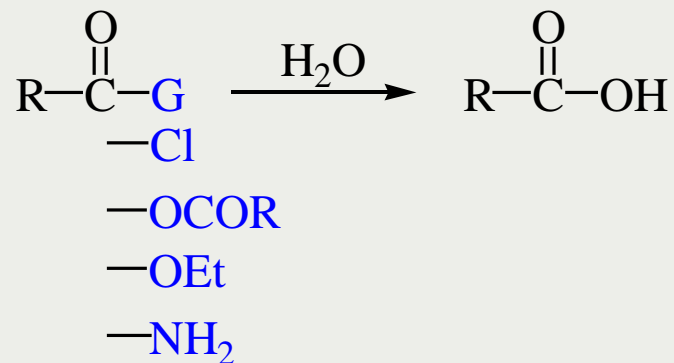
5、衍生物的水解

第十二章 羧酸

4、格氏试剂与二氧化碳的反应



5、羧酸衍生物的水解



四、羧酸的制备

1、醇或醛的氧化

2、烷烃的氧化

3、腈的水解

4、 RMgX 与 CO_2 反应

5、衍生物的水解

第十二章 羧 酸

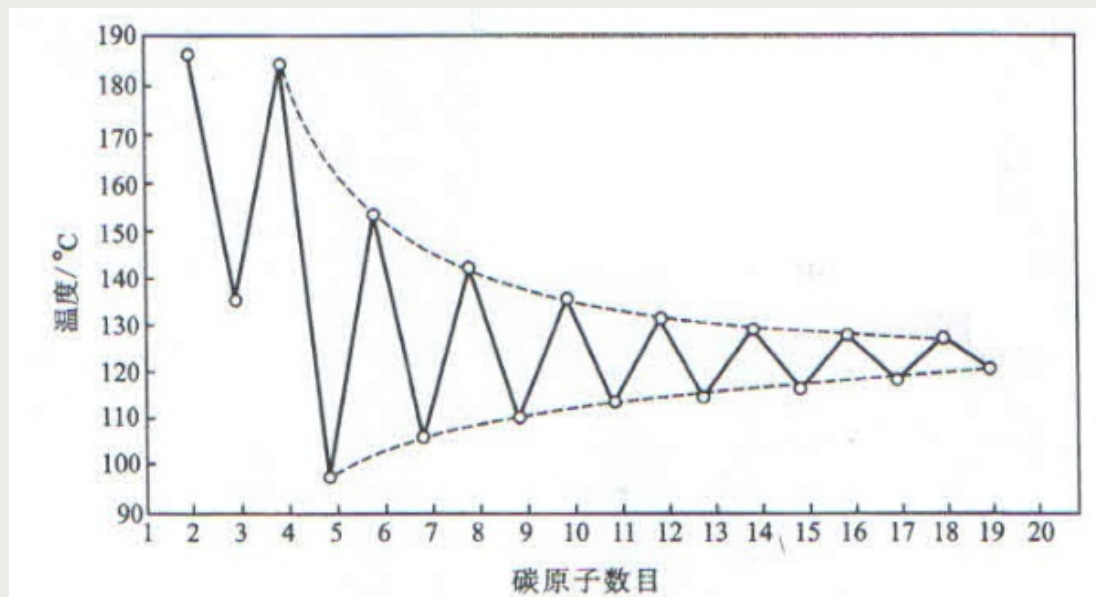
五、二元羧酸

1、物理特性

2、化学性质

1、物理特性

➤ 物理状态： 二元羧酸都是固态晶体，熔点比相近分子量的一元羧酸高得多。



➤ 溶解度： 比相应的一元酸大，易溶于乙醇，难溶于其他有机溶剂。

第十二章 羧酸

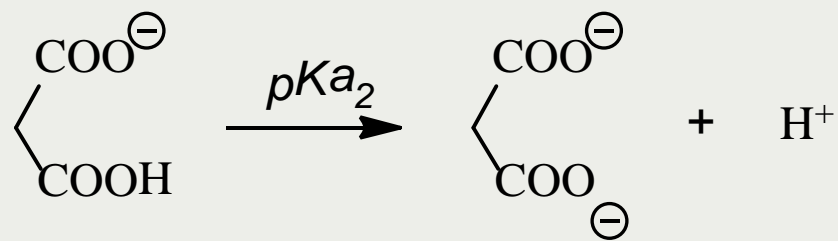
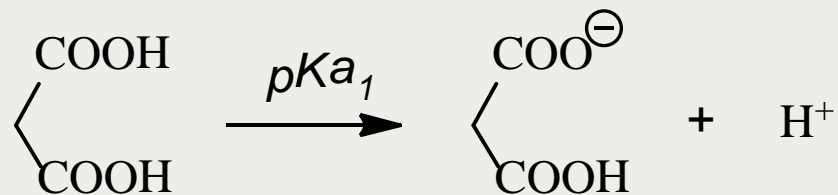
五、二元羧酸

1、物理特性

2、化学性质

2、化学性质

➤ 酸性:



酸性:

$$pK_{a_1} > pK_{a_2}$$

第十二章 羧 酸

五、二元羧酸

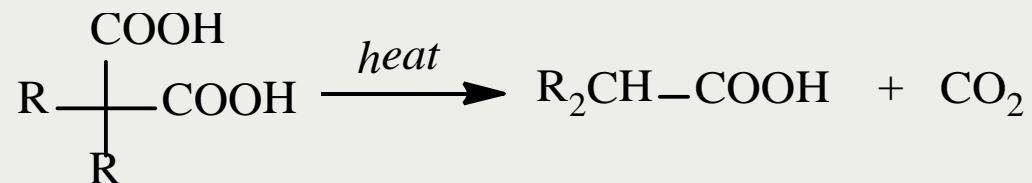
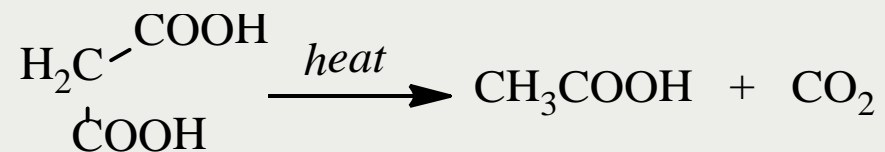
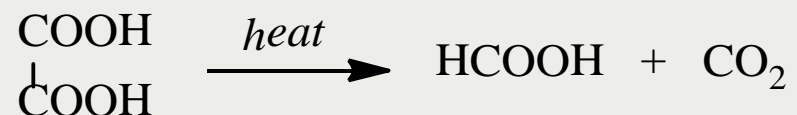
1、物理特性

2、化学性质

2、化学性质

➤ 受热反应的规律：

☞ 乙二酸、丙二酸受热脱羧生成一元酸



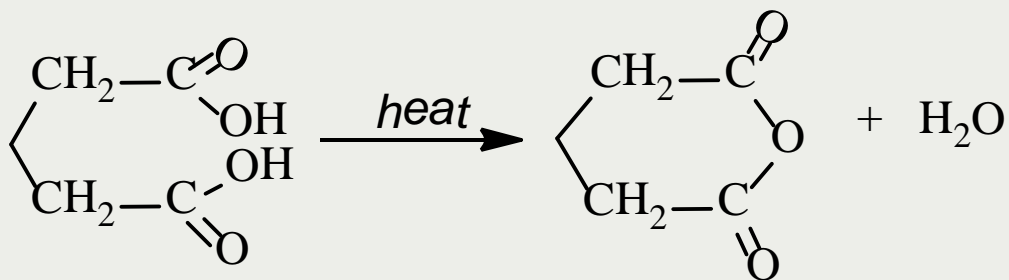
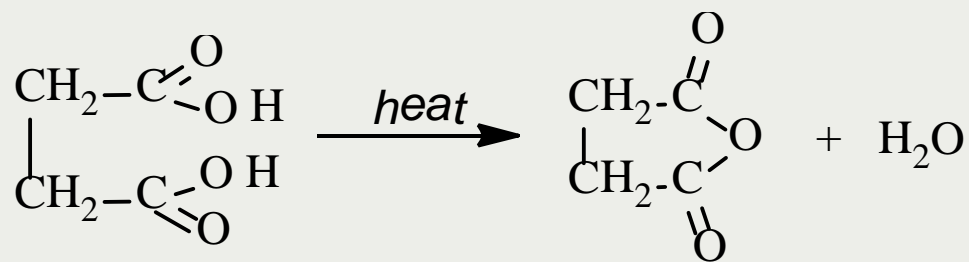
第十二章 羧 酸

2、化学性质

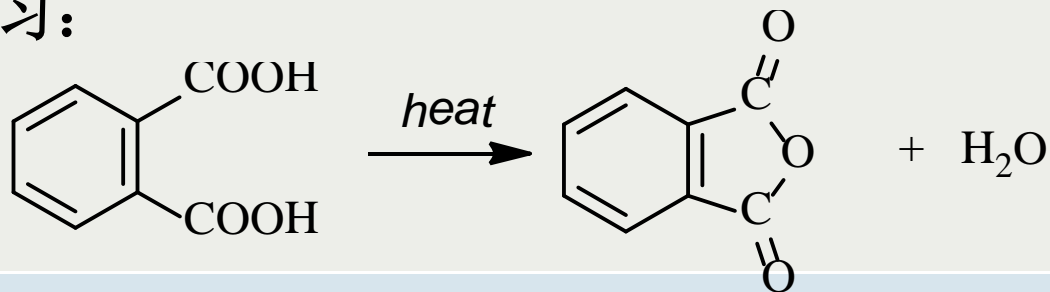


➤ 受热反应的规律：

☞ 丁二酸、戊二酸受热脱水（不脱羧）生成环状酸酐



练习：



五、二元羧酸

1、物理特性

2、化学性质

第十二章 羧 酸

五、二元羧酸

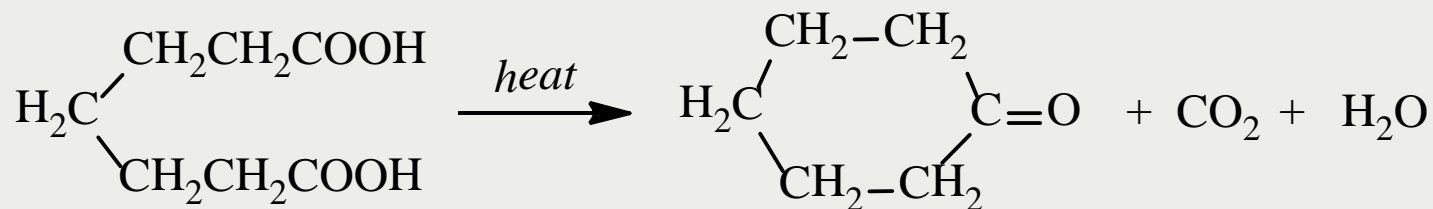
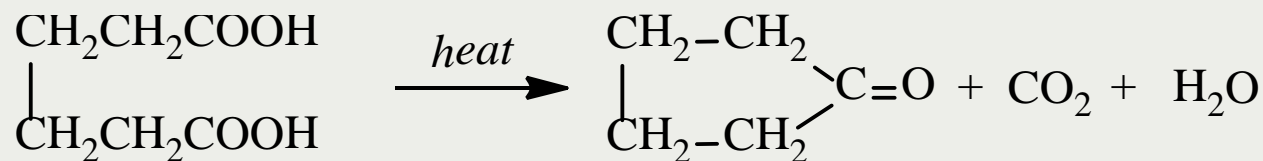
1、物理特性

2、化学性质

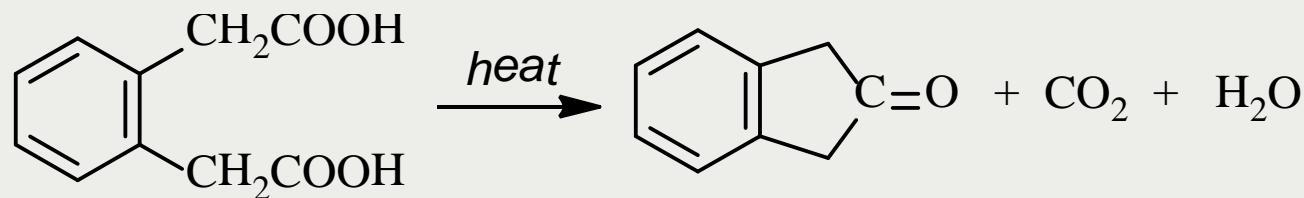
2、化学性质

➤ 受热反应的规律：

☞ 己二酸、庚二酸受热既脱水又脱羧生成环酮



练习：



第十二章 羧酸

五、二元羧酸

1、物理特性

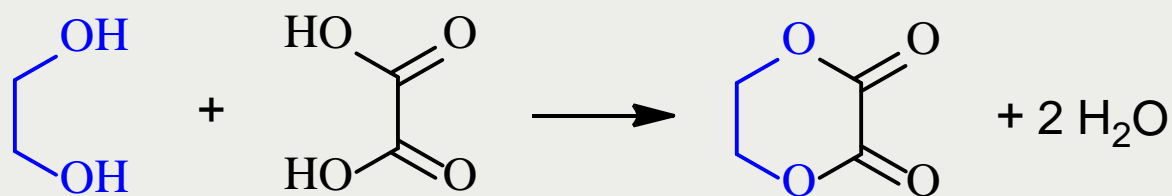
2、化学性质

2、化学性质

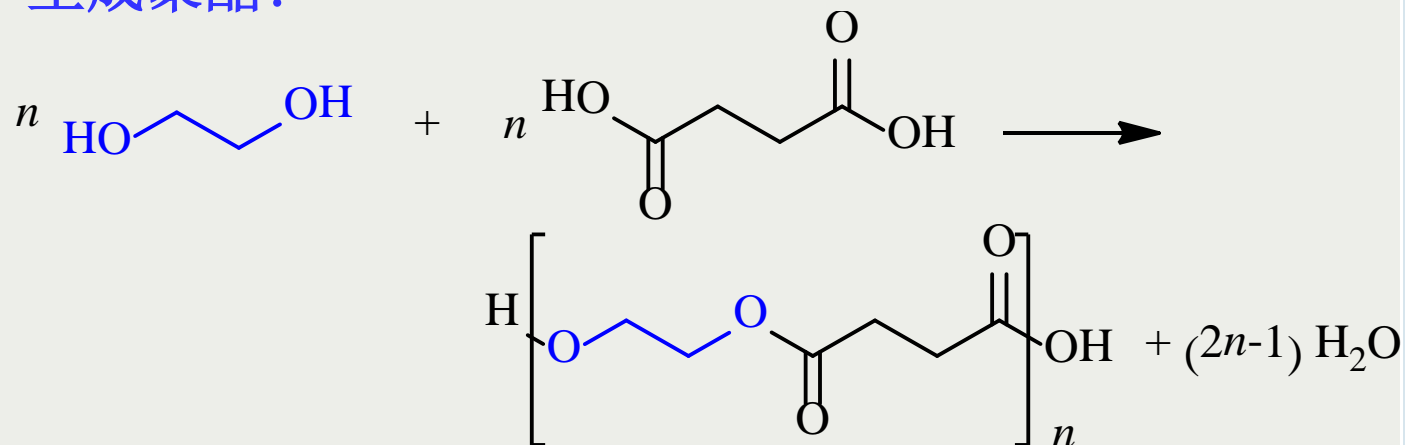
➤ 受热反应的规律：

☞ 二元酸与二元醇反应

生成环酯（仅限于五元环或六元环）：



生成聚酯：



第十二章 羧酸

六、取代羧酸

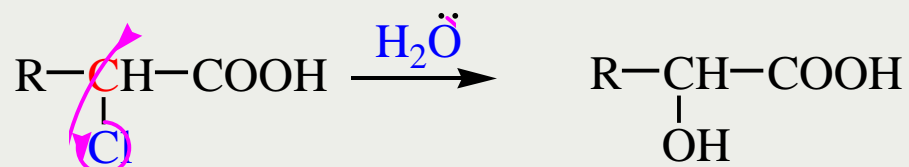
1、羟基酸

2、羧基酸

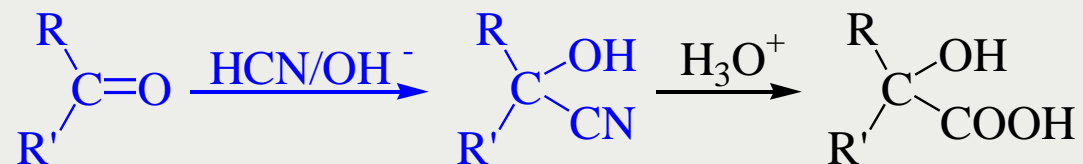
1、羟基酸

➤ 制备:

➡ 卤代羧酸的水解



➡ 羟腈的水解



第十二章 羧酸

六、取代羧酸

1、羟基酸

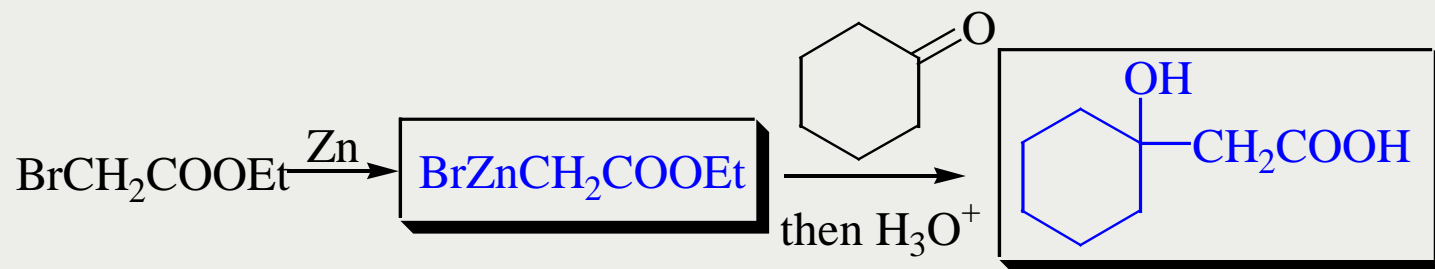
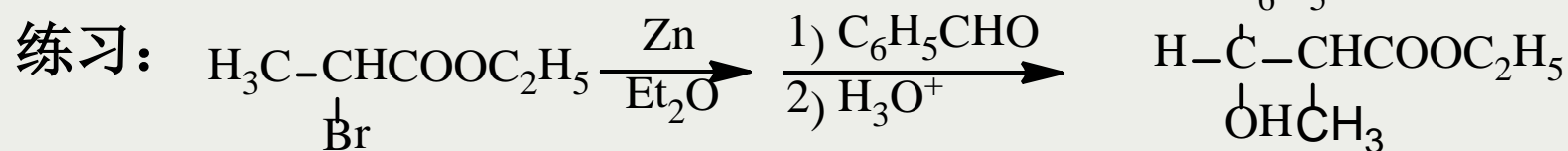
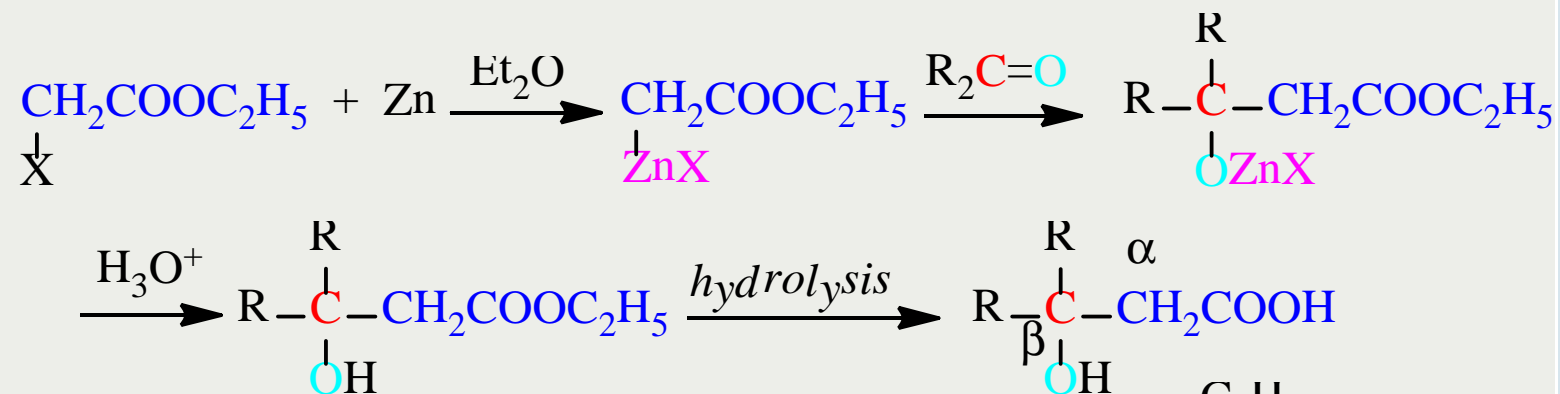
2、羧基酸

1、羟基酸

➤ 制备:

👉 Reformatsky反应

制备 β-羟基酸的方法



第十二章 羧酸

六、取代羧酸

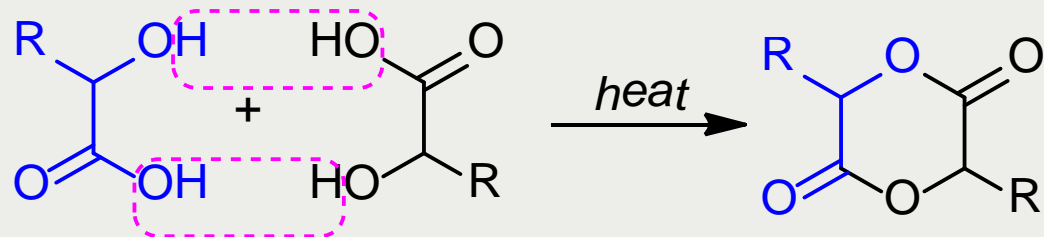
1、羟基酸

2、羧基酸

1、羟基酸

➤ 性质:

➡ α -羟基酸受热生成交酯



➡ β -羟基酸受热生成 α, β -不饱和羧酸



第十二章 羧酸

六、取代羧酸

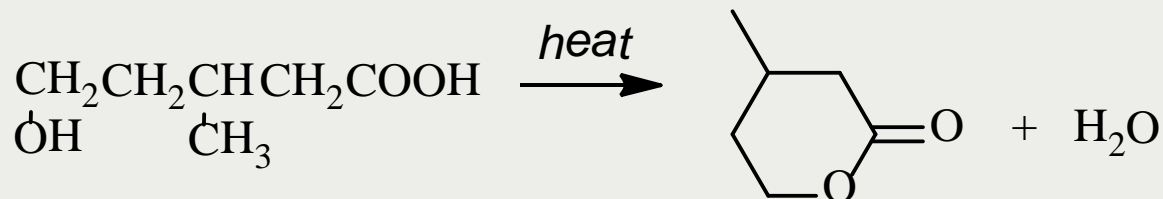
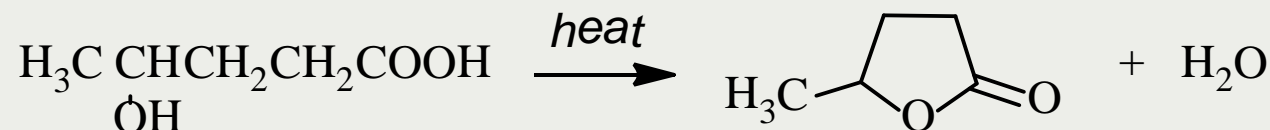
1、羟基酸

2、羧基酸

1、羟基酸

➤ 性质:

☞ γ -和 δ -羟基酸受热, 生成五元和六元环内酯



☞ 羟基与羧基间的距离大于四个碳原子时, 受热则生长链的高分子聚酯。

p24

☞ 羟基酸氧化生成羧基酸。

第十二章 羧酸

六、取代羧酸

1、羟基酸

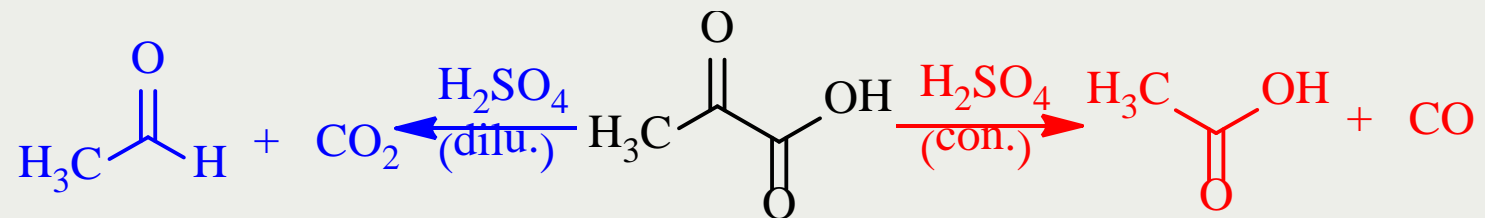
2、羧基酸

2、羧基酸 (酮酸)

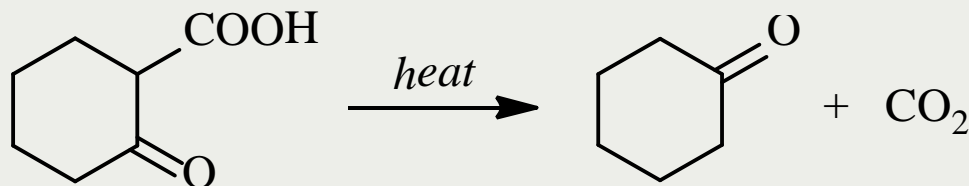
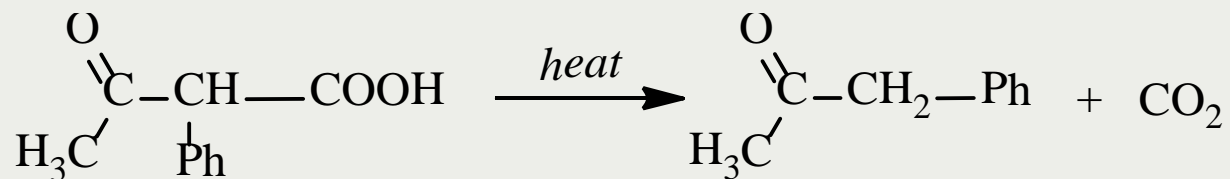
➤ 性质:

具有羰基和羧酸的典型反应

☞ α -羧基酸在硫酸作用下的分解



☞ β -酮酸受热易脱羧生成酮



第十二章 羧酸

七、酸碱理论

1、Brönsted 酸碱理论

2、Lewis 酸碱理论

1、Brönsted 酸碱理论

➤ 定义:

- 凡是能释放质子的任何分子或离子都是酸;
- 碱就是能与质子化合的分子或离子。

共轭酸 共轭碱



➤ 强度表示:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]} = 1.7 \times 10^{-5} \quad \text{p}K_a = 4.6$$

第十二章 羧酸

七、酸碱理论

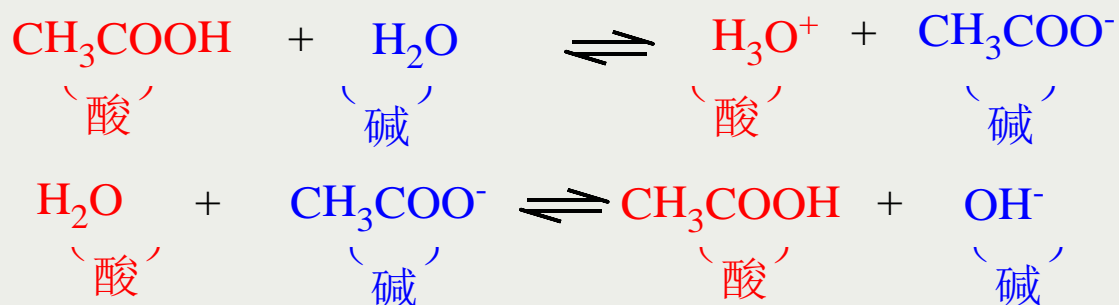
1、Brönsted 酸碱理论

2、Lewis 酸碱理论

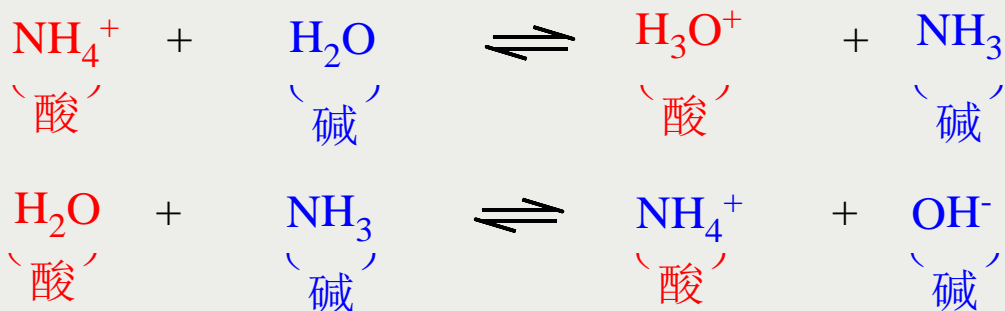
1、Brönsted 酸碱理论

➤ 布伦斯特酸碱是相对而言的

☞ 水对CH₃COOH来说是碱，但水对CH₃COO⁻来说是酸。



☞ 水对NH₄⁺来说是碱，水对NH₃来说是酸。



第十二章 羧酸

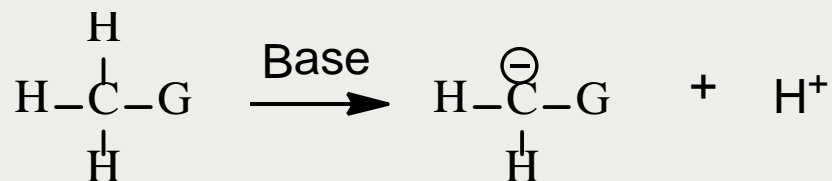
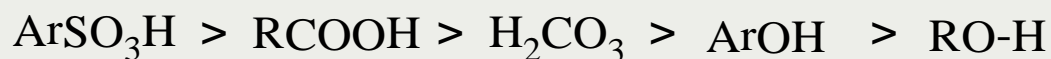
七、酸碱理论

1、Brönsted 酸碱理论

2、Lewis 酸碱理论

1、Brönsted 酸碱理论

➤ 有机化合物的酸碱性:



基团G[·] 吸电子诱导效应越强，
 有利于碳负离子的共轭效应越
 强，碱性越弱。

基团G[·] 吸电子诱导效应越强，H⁺ 越容易离去，酸性越强。

第十二章 羧酸

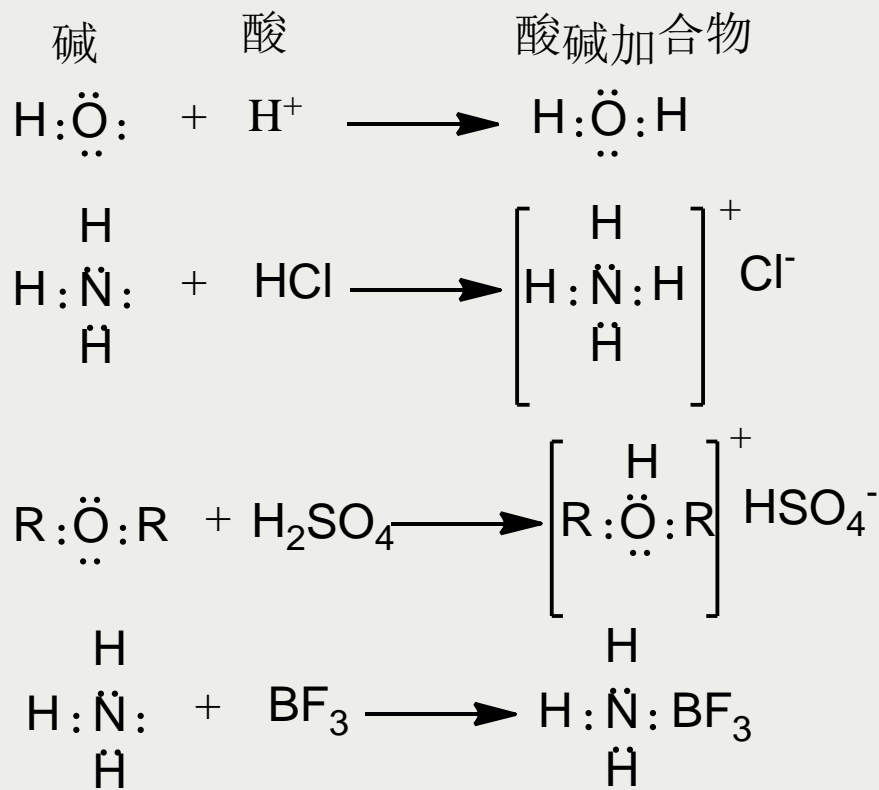
七、酸碱理论

1、Brönsted 酸碱理论

2、Lewis 酸碱理论

2、Lewis 酸碱理论

➤ 定义： **酸**是可以接受外来电子对的任何分子、基团或离子，所以路易斯酸又称电子对的接受体。
碱是含有可以给予电子对的分子、基团或离子，所以路易斯碱又称电子对的给予体。



第十二章 羧酸

七、酸碱理论

1、Brönsted 酸碱理论

2、Lewis 酸碱理论

2、Lewis 酸碱理论

➤ 常见的Lewis酸:

- 质子酸 (H^+ 、 HCl 、 H_2SO_4) ;
- 具有可以接受电子对的空轨道的分子 (BF_3 、 AlCl_3 、 SnCl_4 、 ZnCl_2 、 FeCl_3) ;
- 以及正离子 (Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Fe^{3+}) 。

➤ 常见的Lewis碱:

- 包括阴离子 (HO^- 、 CH_3O^- 、 Cl^- 、.....) ;
- 中性具有未共用电子对的分子 (H_2O 、 R_2O 、 RNH_2) ;
- 具有 π 电子的不饱和烃和芳烃。

