



普通高等教育“十一五”国家级规划配套教材


全国高等农林院校“十一五”规划教材



# 有机化学学习指导

YOUJI HUAXUE XUEXI ZHIDAO

夏百根 主编

 中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学学习指导 / 夏百根主编. —北京: 中国农业出版社, 2007. 12

普通高等教育“十一五”国家级规划配套教材. 全国  
高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11978-9

I. 有… II. 夏… III. 有机化学-高等学校-教学参考资料 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 189803 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 曾丹霞

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 18

字数: 313 千字

定价: 25.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《有机化学》(夏百根、黄乾明主编,第二版,中国农业出版社出版)的配套教材。

全书由三部分组成:第一部分是章节为单元的内容,包括:一、学习要求,二、内容概要,三、例题解析,四、自测题,五、自测题参考答案,六、习题参考答案。第二部分是本科生期末考试真题和参考答案。第三部分是报考硕士研究生入学考试真题和参考答案。

本教材可作为高等农林院校相关专业学生和报考硕士研究生学生的学习指导用书。

主 编 夏百根

编 者 (以姓氏笔画为序)

王彩霞 苏同福 邹 平

陈 钢 赵士举 夏百根

梁慧光 樊素芳 潘振良

# 前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《有机化学》(夏百根、黄乾明主编,第二版,中国农业出版社出版)的配套教材。

有机化学是高等农业院校的一门重要基础课程。近年来,有机化学发展十分迅速,教学改革不断深入,教学体系和教学内容不断更新,为了适应当前形势,有效地提高有机化学教学质量,在中国农业出版社的指导下,我们组织编写了《有机化学学习指导》一书。

本教材是根据“面向 21 世纪课程教材”对高等农业院校的要求,结合面向 21 世纪高等农业院校有机化学课程体系和教学内容的改革方案,遵照面向 21 世纪全国高等农业院校有机化学教学研讨会制定的教学大纲,集多年从事有机化学课程教学教师的丰富教学经验,在汲取国内外优秀教材和指导书优点的基础上,精心组织,认真筛选内容编写而成。本教材集针对性、启发性和综合性为一体,旨在通过本教材的学习,帮助学生巩固基础知识和基本理论,拓宽思路,提高灵活应用所学知识的能力,进而使学生分析问题和解决问题的能力得到大幅度提高,以达到提高教学质量的目的。

本教材对每章内容的安排如下:

- 一、学习要求:提出通过学习每章应达到的基本要求。
- 二、内容概要:简要介绍各章的重点和难点。
- 三、例题解析:以具有代表性的典型例题,给以分析解答,以便启发学生的思路。
- 四、自测题:筛选了能反映各章重点和难点的具有代表性的练习题,旨在通过这部分习题的练习,达到巩固提高所学知识的目的。
- 五、自测题参考答案:给出自测题参考答案,以便学生参考。
- 六、习题参考答案:给出教材中各章习题参考答案,以便学生参考。

为了帮助学生复习，提高综合分析问题和解决问题的能力，本教材还附有期末考试真题和参考答案，以便整体准确把握教材的重点和难点。近年来，报考硕士研究生的学生逐年增多，为了帮助他们复习，拓宽思路，本教材还附有近几年的报考硕士研究生入学考试真题和参考答案，以利于学生参考。

本教材由河南农业大学、四川农业大学和甘肃农业大学参加编写。

参加本教材编写的（按姓氏笔画为序）有：王彩霞、苏同福、邹平、陈钢、赵士举、夏百根、梁慧光、樊素芳、潘振良。

本教材在编写过程中参阅了大量优秀的教科书，我们向有关的编者表示感谢。本教材的编写得到中国农业出版社和参编单位相关领导的大力支持和指导，在此一并表示感谢。

本教材可作为高等农林院校相关专业学生和报考硕士研究生学生的学习指导用书。

限于作者的水平，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2007年8月于郑州

# 目 录

前言

第一章 绪论 .....	1
一、学习要求 .....	1
二、内容概要 .....	1
三、例题解析 .....	3
四、自测题 .....	5
五、自测题参考答案 .....	5
六、习题参考答案 .....	6
第二章 烷烃和环烷烃 .....	8
一、学习要求 .....	8
二、内容概要 .....	8
三、例题解析 .....	11
四、自测题 .....	12
五、自测题参考答案 .....	15
六、习题参考答案 .....	16
第三章 烯烃、炔烃和二烯烃 .....	20
一、学习要求 .....	20
二、内容概要 .....	20
三、例题解析 .....	23
四、自测题 .....	27
五、自测题参考答案 .....	29
六、习题参考答案 .....	31
第四章 芳香烃 .....	37
一、学习要求 .....	37

二、内容概要 .....	37
三、例题解析 .....	39
四、自测题 .....	43
五、自测题参考答案 .....	46
六、习题参考答案 .....	49
<b>第五章 旋光异构 .....</b>	<b>54</b>
一、学习要求 .....	54
二、内容概要 .....	54
三、例题解析 .....	57
四、自测题 .....	60
五、自测题参考答案 .....	62
六、习题参考答案 .....	64
<b>第六章 卤代烃 .....</b>	<b>67</b>
一、学习要求 .....	67
二、内容概要 .....	67
三、例题解析 .....	70
四、自测题 .....	73
五、自测题参考答案 .....	75
六、习题参考答案 .....	77
<b>第七章 醇、酚、醚 .....</b>	<b>80</b>
一、学习要求 .....	80
二、内容概要 .....	80
三、例题解析 .....	84
四、自测题 .....	86
五、自测题参考答案 .....	87
六、习题参考答案 .....	89
<b>第八章 醛、酮、醌 .....</b>	<b>93</b>
一、学习要求 .....	93
二、内容概要 .....	93
三、例题解析 .....	97



四、自测题 .....	101
五、自测题参考答案 .....	103
六、习题参考答案 .....	107
<b>第九章 羧酸及其衍生物和取代酸</b> .....	<b>114</b>
一、学习要求 .....	114
二、内容概要 .....	114
三、例题解析 .....	119
四、自测题 .....	123
五、自测题参考答案 .....	126
六、习题参考答案 .....	131
<b>第十章 含氮和含磷有机化合物</b> .....	<b>137</b>
一、学习要求 .....	137
二、内容概要 .....	137
三、例题解析 .....	141
四、自测题 .....	144
五、自测题参考答案 .....	146
六、习题参考答案 .....	151
<b>第十一章 杂环化合物和生物碱</b> .....	<b>156</b>
一、学习要求 .....	156
二、内容概要 .....	156
三、例题解析 .....	157
四、自测题 .....	158
五、自测题参考答案 .....	160
六、习题参考答案 .....	161
<b>第十二章 油脂和类脂化合物</b> .....	<b>165</b>
一、学习要求 .....	165
二、内容概要 .....	165
三、例题解析 .....	167
四、自测题 .....	168
五、自测题参考答案 .....	169

六、习题参考答案 .....	170
<b>第十三章 碳水化合物</b> .....	172
一、学习要求 .....	172
二、内容概要 .....	172
三、例题解析 .....	175
四、自测题 .....	177
五、自测题参考答案 .....	181
六、习题参考答案 .....	182
<b>第十四章 蛋白质和核酸</b> .....	186
一、学习要求 .....	186
二、内容概要 .....	186
三、例题解析 .....	188
四、自测题 .....	192
五、自测题参考答案 .....	192
六、习题参考答案 .....	194
<b>第十五章 波谱知识简介</b> .....	200
一、学习要求 .....	200
二、内容概要 .....	200
三、例题解析 .....	207
四、自测题 .....	208
五、自测题参考答案 .....	210
六、习题参考答案 .....	210
有机化学期末考试真题 (一) .....	213
有机化学期末考试真题 (二) .....	217
有机化学期末考试真题 (三) .....	221
有机化学期末考试真题 (四) .....	225
有机化学期末考试真题 (一) 参考答案 .....	229
有机化学期末考试真题 (二) 参考答案 .....	232
有机化学期末考试真题 (三) 参考答案 .....	234
有机化学期末考试真题 (四) 参考答案 .....	237

## 目 录

有机化学硕士研究生入学考试真题 (一)	241
有机化学硕士研究生入学考试真题 (二)	245
有机化学硕士研究生入学考试真题 (三)	249
有机化学硕士研究生入学考试真题 (四)	252
有机化学硕士研究生入学考试真题 (五)	255
有机化学硕士研究生入学考试真题 (一) 参考答案	259
有机化学硕士研究生入学考试真题 (二) 参考答案	262
有机化学硕士研究生入学考试真题 (三) 参考答案	264
有机化学硕士研究生入学考试真题 (四) 参考答案	267
有机化学硕士研究生入学考试真题 (五) 参考答案	269

# 第一章 绪 论

## 一、学习要求

1. 熟悉有机化合物和有机化学的基本概念。
2. 了解有机化合物的组成、结构和性质上的特点，掌握结构和性质之间的关系。
3. 熟悉共价键的价键理论，掌握杂化轨道理论。
4. 熟悉有机化学中的酸碱理论。
5. 了解有机化合物的分类方法。
6. 了解有机化学与农林科学的关系及有机化学与不同学科的联系。

## 二、内容概要

**1. 有机化合物与有机化学** 有机化合物是指烃类化合物及其衍生物。烃类化合物是指含有碳和氢两种元素的化合物；烃的衍生物是指在分子中除了碳和氢两种元素外，还含有其他元素（如氧、硫、氮、磷、卤素和少量金属元素）的化合物。有机化合物分子内各原子之间主要以共价键结合。

有机化学是研究有机化合物的存在、组成、结构、性质、变化规律和应用的一门科学。

**2. 有机化合物的结构和性质的特点** 有机化合物的结构和性质之间存在着密切的关系，结构决定性质，性质反映结构。由于有机化合物分子中原子之间共价结合的特征，使有机化合物与无机化合物相比有明显的差异。有机化合物结构的特点是：组成简单、结构复杂、数量庞大、普遍存在同分异构现象。有机化合物性质的特点是：易燃烧；熔点、沸点低（一般在 400 °C 以下）；大多数难溶于水，易溶于有机溶剂；反应速率慢，反应复杂，副产物多，产率低，在反应过程中常需要加热、加压和加入催化剂促进反应进行，提高主要产物的产率。

**3. 共价键的价键理论** 在有机化合物分子中，最主要的、典型的化学键是共价键，以共价键结合是有机化合物分子基本的结构特征，所以了解有机化

合物分子的共价键是研究和掌握有机化合物结构与性质之间辩证关系的关键。

处理共价键常用的理论有价键理论、杂化轨道理论和分子轨道理论三种。价键理论是从形成共价键的电子只处于形成共价键两原子之间的定域观点出发讨论问题；杂化轨道实质上仍属于现代价键理论，但它在成键能力、分子的空间构型等方面丰富和发展了现代价键理论；分子轨道理论是以形成共价键的电子是分布在整个分子之间的离域观点讨论问题。价键理论直观易理解，在处理有机化合物分子结构时应用较多，分子轨道理论对电子离域描述更为确切，多用于处理具有明显离域现象的有机化合物结构。

共价键具有饱和性和方向性。一个原子的未成对电子与另一个原子的未成对电子配对成键后，就不能与其他未成对电子配对成键，所以共价键具有饱和性。原子轨道重叠遵守最大重叠原理，即原子轨道沿键轴方向重叠程度最大，形成的共价键最牢固，所以共价键具有方向性。

根据分子中原子之间共用电子对的数目，共价键有单键、双键、叁键之分。根据分子中原子轨道成键时重叠的方向有 $\sigma$ 键和 $\pi$ 键之分。两个原子轨道沿键轴方向（头对头）重叠形成的键叫 $\sigma$ 键，两个原子轨道平行（肩并肩）重叠形成的键叫 $\pi$ 键。 $\sigma$ 键重叠程度大，结合力强，即键能强， $\sigma$ 键较稳定。 $\sigma$ 键是单键，可相对旋转。 $\pi$ 键重叠程度小，结合力弱，即键能弱， $\pi$ 键不稳定。 $\pi$ 键与 $\sigma$ 键共存，不能相对旋转。

在有机化学中，常用到的键的参数有键长、键能、键角和键的极性（偶极矩）。这些物理常数可用来表征共价键的性质。

**4. 有机化学中的酸碱理论** 有机化学中广泛应用的酸碱理论有两种：布朗斯特酸碱理论和路易斯酸碱理论。

布朗斯特酸碱理论认为：能给出质子的任何分子或离子是酸，能接受质子的任何分子或离子是碱。酸释放出质子后成为碱，称为该酸的共轭碱；碱接受质子后成为酸，称为该碱的共轭酸。酸及其共轭碱与碱及其共轭酸统称共轭酸碱对，简称共轭酸碱。同一种物质在不同的反应中，表现出不同的性质，可能是酸，也可能是碱。例如 $\text{H}_2\text{O}$ ，既可作为酸也可作为碱。该理论通常用于说明物质的酸碱性和酸碱强度的变化规律。

路易斯酸碱理论认为：能接受电子对的物质是酸，称为电子对受体，用作亲电试剂，由亲电试剂引起的反应叫亲电反应；能给出电子对的物质是碱，称为电子对给予体，用作亲核试剂，由亲核试剂引起的反应叫亲核反应。路易斯酸碱理论通常用于解释亲电反应和亲核反应。

**5. 研究有机化合物的方法** 研究有机化合物确定其结构的步骤和方法包括：分离提纯、测定物理常数、定性和定量分析、确定相对分子质量、确定实

验式和分子式、确定结构。

**6. 有机化合物的分类** 有机化合物的分类方法有两种：

(1) 根据碳架不同分类 可分为开链化合物、碳环化合物和杂环化合物。碳环化合物可进一步分为脂环族和芳香族化合物。

(2) 根据官能团分类 官能团是决定化合物主要性质的原子、基团或特征结构。

### 三、例题解析

**例 1** 下列化合物哪些是极性分子？哪些是非极性分子？

- (1) HCl                      (2) Cl<sub>2</sub>                      (3) CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>  
 (4) CHCl<sub>3</sub>                    (5) CCl<sub>4</sub>                    (6) CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>  
 (7) CH<sub>3</sub>OH                  (8) CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>

**【解】** (1)、(3)、(4)、(6)、(7)、(8) 是极性分子，(2)、(5) 是非极性分子。

**例 2** 排列下列化合物中 C—H 键的极性大小顺序：

- (1) CH<sub>3</sub>I    (2) CH<sub>3</sub>Br    (3) CH<sub>3</sub>Cl    (4) CH<sub>3</sub>F

**【解】** 一卤代甲烷分子中 C—H 键的极性是卤原子吸电子诱导效应的结果。卤原子的电负性越强，C—H 键的极性就越大。其极性由大到小的顺序是：(4) > (3) > (2) > (1)。

**例 3** 排列下列化合物的极性大小顺序：

- (1) CCl<sub>4</sub>    (2) CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>    (3) CHCl<sub>3</sub>    (4) CH<sub>3</sub>Cl

**【解】** 四个化合物中的碳原子都是 sp<sup>3</sup> 杂化，属于四面体构型，由于化学键的偶极矩是矢量，其极性是合成的结果，分子的极性大小顺序是：(4) > (2) > (3) > (1)。

**例 4** 下列化合物和离子哪些是路易斯酸？哪些是路易斯碱？

- (1) NH<sub>3</sub>    (2) BF<sub>3</sub>    (3) H<sub>2</sub>O    (4) ROH    (5) (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>O  
 (6) AlCl<sub>3</sub>    (7) RCH<sub>2</sub><sup>+</sup>    (8) RCH<sub>2</sub><sup>-</sup>    (9) F<sup>-</sup>    (10) NO<sub>2</sub><sup>+</sup>

**【解】** 能接受电子对的电子接受体是路易斯酸，能给出电子对的电子给予体是路易斯碱。路易斯酸有：(2)、(3)、(4)、(6)、(7)、(10)。路易斯碱有：(1)、(3)、(4)、(5)、(8)、(9)。H<sub>2</sub>O 和 ROH 既是路易斯酸，又是路易斯碱。

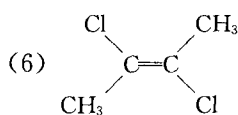
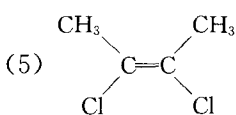
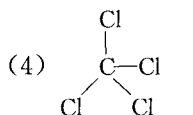
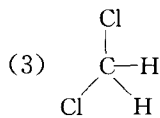
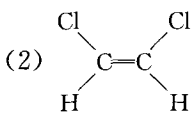
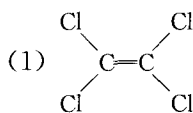
**例 5** 下列分子和离子哪些是亲电试剂？哪些是亲核试剂？

- (1) Br<sup>-</sup>    (2) OH<sup>-</sup>    (3) NH<sub>3</sub>    (4) H<sub>2</sub>O

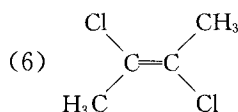
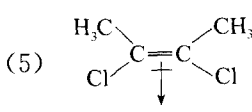
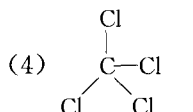
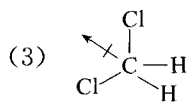
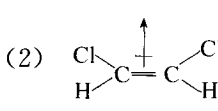
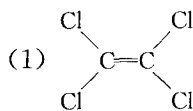
(5)  $\text{CN}^-$  (6)  $\text{RO}^-$  (7)  $^+\text{NO}_2$  (8)  $\text{CH}_3^+\text{CH}_2$

【解】 (4)、(7)、(8) 是亲电试剂；(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6) 是亲核试剂。 $\text{H}_2\text{O}$  既是亲电试剂，又是亲核试剂。

例 6 用  $\rightarrow$  标出下列化合物的偶极矩方向：



【解】



其中 (1)、(4)、(6) 无极性。

例 7 称量某化合物 3.26 mg，经燃烧后生成水 1.92 mg，二氧化碳 4.74 mg，相对分子质量为 60，求该化合物的实验式和分子式。

【解】

$$\text{化合物中碳的质量分数} = \frac{\text{样品中碳质量}}{\text{样品质量}} \times 100\% = \frac{4.74 \times \frac{12}{44}}{3.26} \times 100\% = 39.65\%$$

$$\text{化合物中氢的质量分数} = \frac{1.92 \times \frac{2}{18}}{3.26} \times 100\% = 6.54\%$$

$$\text{化合物中氧的质量分数} = 1 - (39.65\% + 6.54\%) = 53.8\%$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = \frac{39.65}{12} : \frac{6.54}{1} : \frac{53.8}{16} = 1 : 2 : 1$$

实验式为： $\text{CH}_2\text{O}$

$$\text{实验式量} = 12 \times 1 + 1 \times 2 + 16 \times 1 = 30$$

已知相对分子质量为 60，是实验式量的 2 倍，该化合物的分子式为  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 。

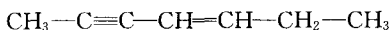
## 四、自测题

1. 写出下列化合物的 Lewis 电子式:

- (1) C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>                      (2) CH<sub>3</sub>Cl                      (3) NH<sub>3</sub>  
 (4) H<sub>2</sub>S                          (5) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>                      (6) CO<sub>2</sub>

2. 根据 S 与 O 的电负性差别, H<sub>2</sub>O 与 H<sub>2</sub>S 相比, 哪个有较强的偶极-偶极作用力或氢键?

3. 指出下列化合物中各个碳原子的轨道杂化状态:



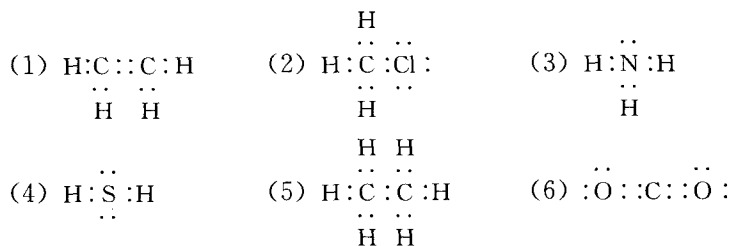
4. 下列化合物和离子哪些是路易斯酸? 哪些是路易斯碱?

- (1) H<sup>+</sup>                      (2) Cl<sup>-</sup>                      (3) OH<sup>-</sup>                      (4) <sup>+</sup>CH<sub>3</sub>  
 (5) ROR                      (6) RO<sup>-</sup>                      (7) SO<sub>3</sub>                      (8) AlCl<sub>3</sub>

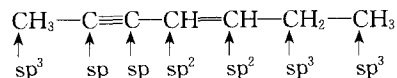
5. 称取某化合物 6.51 mg, 经燃烧后生成 H<sub>2</sub>O 8.36 mg, 生成 CO<sub>2</sub> 20.47 mg, 相对分子质量 84, 求该化合物的实验式和分子式。

## 五、自测题参考答案

1. 写出下列化合物的 Lewis 电子式:

2. 根据 S 与 O 的电负性差别, H<sub>2</sub>O 与 H<sub>2</sub>S 相比, 哪个有较强的偶极-偶极作用力或氢键?电负性 O>S, H<sub>2</sub>O 与 H<sub>2</sub>S 相比, H<sub>2</sub>O 有较强的偶极-偶极作用力及氢键。

3. 指出下列化合物中各个碳原子的轨道杂化状态:



4. 下列化合物和离子哪些是路易斯酸? 哪些是路易斯碱?

能接受电子对的电子受体是路易斯酸, 能给出电子对的电子给予体是路



易斯碱。路易斯酸有：(1)、(4)、(7)、(8)；路易斯碱有：(2)、(3)、(5)、(6)。

5. 称取某化合物 6.51 mg，经燃烧后生成  $\text{H}_2\text{O}$  8.36 mg，生成  $\text{CO}_2$  20.47 mg，相对分子质量 84，求该化合物的实验式和分子式。

$$\text{化合物中碳的质量分数} = \frac{\text{样品中碳质量}}{\text{样品质量}} \times 100\% = \frac{20.47 \times \frac{12}{44}}{6.51} \times 100\% = 85.8\%$$

$$\text{化合物中氢的质量分数} = \frac{8.36 \times \frac{2}{18}}{6.51} \times 100\% = 14.2\%$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = \frac{85.8}{12} : \frac{14.2}{1} = 1 : 2$$

实验式为： $\text{CH}_2$

$$\text{实验式量} = 12 \times 1 + 1 \times 2 = 14$$

已知相对分子质量为 84，是实验式量的 6 倍，该化合物的分子式为  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ 。

## 六、习题参考答案

1. 指出下列各式哪些是实验式、分子式、短线构造式、缩简构造式或键线构造式。

属于实验式的有：(3)、(4)、(5)、(6)；

属于分子式的有：(1)、(2)、(3)、(6)；

属于短线构造式的有：(9)、(10)；

属于缩简构造式的有：(7)、(8)；

属于键线构造式的有：(11)、(12)。

2. 指出下列分子中，哪些含有极性键，哪些属于极性分子，哪些属于非极性分子。

分子中含有极性键的有：(2)、(3)、(4)、(5)、(6)；

属于极性分子的有：(2)、(4)、(5)；

属于非极性分子的有：(1)、(3)、(6)。

3. 下列化合物中，哪些属于同一物质？哪些互为同分异构体？

(1) 和 (5) 属于同一物质；(2) 和 (4) 是官能团异构体或位置异构体；(3)、(6)、(7)、(8) 互为同分异构体，其中 (3) 和 (8) 与 (6) 和 (7) 分别为碳架异构体和位置异构体；(3) 和 (8) 与 (6) 和 (7) 又是官能团异构体。