



高职高专教育“十一五”规划教材

有机化学

YOUJI HUAXUE



张龙 张凤 主编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

高职高专教育“十一五”规划教材

有机化学

张 龙 张 凤 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/张龙,张凤主编. —北京:中国农业大学出版社,2007.8

高职高专教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81117-335-2

I. 有… II. ①张…②张… III. 有机化学 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 092951 号

书 名 有机化学

作 者 张 龙 张 凤 主 编

策划编辑 陈巧莲 姚慧敏 丛晓红

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

规 格 787×980 16开本 12.75印张 231千字

定 价 18.00元

责任编辑 陈巧莲 董 维

责任校对 王晓凤 陈 莹

邮政编码 100094

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主	编	张	龙	张	凤			
副	主	金	颖	李	煜	崔	凤	芝
编写人员		(按姓氏笔画排名)						
		张	凤	张	龙	李	蓉	李
		周	平	杨	立	金	颖	崔
审	稿	李	楠					

出版说明

高等职业教育作为高等教育中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命。大力提高人才培养的质量,增强人才对于就业岗位的适应性已成为高等职业教育自身发展的迫切需要。教材作为教学和课程建设的重要支撑,对于人才培养质量的影响极为深远。随着高等农业职业教育发展和改革的不断深入,对于教材适用性的要求也越来越高。中国农业大学出版社长期致力于高等农业教育本科教材的出版,在高等农业教育领域发挥着重要的作用,积累了丰富的经验,希望充分利用自身的资源和优势,为我国高等职业教育的改革与发展做出自己的贡献。

经过深入地调研师生的需求和分析以往教材的优点和不足,在教育部高教司高职高专处和全国高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会的关心和指导下,在各高职高专院校的大力支持下,中国农业大学出版社组织了全国 50 余所院校的 400 多名骨干教师共同编写了一批以“十一五”国家级规划教材为主体的教材。这批教材于今年 3 月陆续出版,共有 60 多个品种(畜牧兽医类 33 种,种植类 26 种,公共基础课等课程教材若干种),其中普通高等教育“十一五”国家级规划教材 22 种。

这批教材的组织和编写具有以下特点:

精心组织参编院校和作者。本批教材的组织之初共收到全国 60 余所院校的 600 余名老师的申报材料。经过由职业院校和出版社专家组成的选题委员会审议,充分考虑到不同院校的办学特色、专业优势及地域特点,结合教师自身的学习培训背景、教学与科研经验和生产实践经历,最后择优确定了 50 余所院校的 400 多名教师作为主编和编写人员,其中教授和副教授占 73%,硕士以上学历占 38%。特别值得一提的是,有 5% 的作者是来自企业生产第一线的技术人员,这样的作者结构是编写高质量和适用性教材的有力保证。

贴近国家高职教育改革的要求。我国的高等职业教育发展历史不长,很多院校的办学模式和教学理念还在探索之中。为了更好地促进教师了解和领会教育部的教学改革精神,在编写研讨会上邀请了教育部高教司高职高专处、全国高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会的领导作教学改革的报告,提升主编和编写人员的理念;多次邀请教育部职业教育研究所的知名专家到会,专门就课程设置和教材的体系建构作报告,使教材的编写视角高、理念新、有前瞻性。

注重反映教学改革的成果。教材应该不断创新,与时俱进。好的教材应该及时体现教学改革的成果,同时也是教育教学改革的重要推进器。本套教材在组织过程中特别注重发掘各校在产学结合、工学交替实践中具有创新性的教材素材,很多教材在围绕就业岗位需要进行知识的整合、与实际生产过程的接轨上具有创新性和非常鲜明的特色,相信对于其他院校的教学改革会有启发和借鉴意义。

瞄准就业岗位群需要,突出职业能力的培养。本批教材的编写指导思想是紧扣培养“高技能人才”的目标,以职业能力培养为本位,以实践技能培养为中心,体现就业和发展需求相结合的理念。

教材体系的构建依照职业教育的“工作过程导向”原则,打破学科的“系统性”和“完整性”。内容根据职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,采用倒推法确定,即剖析职业岗位群对专业能力和技能的需求→关键能力→关键技能→围绕技能的关键基本理论。删除假设推论,减少原理论证,尽可能多地采用生产实际中的案例剖析问题,加强与实际工作的接轨。教材反映行业中正在应用的新技术、新方法,体现实用性与先进性的结合。

创新体例,增强启发性。为了强化学习效果,在每章前面提出本章的知识目标和技能目标。每章设有小结和复习思考题。小结采用树状结构,将主要的知识点及其之间的关联直观表达出来,有利于提高学生的学习效果和效率,也方便教师课堂总结。部分内容增编阅读材料。

加强审稿,企业与行业专家相结合,严把质量关。从选题策划阶段就邀请行内专家把关,由来自企业、高职院校或中国农业大学有丰富的生产实践经验的教授审核编写大纲,并对后期书稿进行严格的审定。每一种教材都经过作者与审稿人的多次的交流和修改,从而保证内容的科学性、先进性和对于岗位的适应性。

本批教材的顺利出版,是全国 50 余所高职高专院校共同努力的结果;编写出版过程中所做的很多探索,为进一步进行教材研发提供了宝贵的经验。我们希望以此为基点,进一步加强与各校的交流合作,配合各校教学改革,在教材的推广使用、修订完善、补充扩展进程中,在提高质量和增加品种的过程中,不断拓展教材合作研发的思路,创新教材开发的模式和服务方式。让我们共同努力,携手并进,为深化高职高专教育教学改革和提高人才培养质量,培养国家需要的千百万高素质技能型专门人才,发挥积极的推动作用。

中国农业大学出版社

2007 年 7 月

内 容 提 要

本教材是根据农林牧类高职教育的要求和化学学科教学的需要编写的。本教材分理论和实验实训两部分:理论部分包括绪论,链烃,芳香烃,卤代烃,醇、酚、醚,醛、酮、醌,羧酸与取代酸,含氮有机化合物,杂环化合物和生物碱,旋光异构,糖类,脂类化合物,氨基酸和蛋白质等 13 章;实验实训部分包括有机化学实验基本知识、有机物重要物理常数测定技术、有机物的分离与提纯技术、有机物的鉴别技术、有机物的合成技术等 5 部分,标有“*”的为选做实验,各院校可根据具体情况酌情选做。

本教材凸显高职教育的特点,注重以能力为本位,将必需的基础知识和应用技能有机结合,力求淡化理论,强化基本技能训练。本教材适用农林牧类高职院校各专业学生使用,也可供相关人员自学。

前 言

近年来,随着高等教育大众化进程的不断加快,我国的高等职业教育也取得了迅猛的发展,并已成为我国高等教育的“半壁江山”。从某种程度上说,我国的高职教育已经步入世界前沿,在提高国民素质教育和推进我国人力资源强国建设的进程中,高职教育正发挥着越来越大的作用。

《有机化学》是高职教育的一门重要的基础课,在农林牧类高职教育中起着十分重要的作用。本教材就是根据农林牧类高职教育的要求和化学学科教学的需要编写的。

在编写教材时,我们力求简明扼要,实用够用,尽可能体现高职教育人才培养目标和课程目标,满足高职教学的实际需要。教材分理论和实验实训两部分:理论部分包括绪论,链烃,芳香烃,卤代烃,醇、酚、醚,醛、酮、醌,羧酸与取代酸,含氮有机化合物,杂环化合物和生物碱,旋光异构,糖类,脂类化合物,氨基酸和蛋白质等13章;实验实训部分包括有机化学实验基本知识、有机物重要物理常数测定技术、有机物的分离与提纯技术、有机物的鉴别技术、有机物的合成技术等5个部分。教材编写时,注重有机化学基础知识、基本理论和基本技能的学习和训练,淡化理论,对有机化学反应机理和有机物的构象等比较抽象的内容没有涉及,降低了教材难度,增加了教材的实用性。

在编写体例上,针对重要的知识点,教材配备了相应的“习题”,以强化学生对这些知识点的理解和掌握。同时,为了拓宽学生的知识面,增加学生学习兴趣,教材设计了“相关链接”和“课外阅读”,供学生自主学习。考虑到不同学院对专业和课程教学的具体要求,教材中标注“*”的实验,供教学时根据需要选做。

本书由江苏畜牧兽医职业技术学院张龙、山东畜牧兽医职业学院张凤任主编,黑龙江生物科技职业技术学院金颖、李煜和北京农业职业学院崔凤芝任副主编。参加本书编写的还有江苏畜牧兽医职业技术学院李蓉、河北农业大学中兽医学院周平、沈阳农业大学高职院校杨立军。全书由张龙、李蓉统稿,由中国农业大学理学院李楠教授审稿。

教材在编写过程中,得到了中国农业大学出版社和各编者所在单位的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,教材中的缺点和不足之处在所难免,敬请广大师生批评指正。

编 者

2007 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 有机化合物与有机化学	1
第二节 有机化合物的分子结构	4
第三节 有机化合物的分类	7
本章小结	10
复习思考题	11
第二章 链烃	12
第一节 烷烃	12
第二节 烯烃	18
第三节 炔烃	25
本章小结	28
复习思考题	29
第三章 芳香烃	31
第一节 芳香烃的分类与命名	31
第二节 芳香烃的分子结构	33
第三节 单环芳香烃的性质	34
第四节 苯环上取代基的定位规律	38
第五节 稠环芳香烃	40
本章小结	41
复习思考题	42
第四章 卤代烃	43
第一节 卤代烃的分类和命名	43
第二节 卤代烃的性质	44
第三节 重要的卤代烃	47
本章小结	47
复习思考题	48
第五章 醇酚醚	49
第一节 醇	49
第二节 酚	55

第三节 醚	58
本章小结	61
复习思考题	61
第六章 醛酮醌	64
第一节 醛酮	64
第二节 醌	70
本章小结	72
复习思考题	72
第七章 羧酸、取代酸	74
第一节 羧酸	74
第二节 取代酸	78
本章小结	82
复习思考题	83
第八章 含氮有机化合物	85
第一节 胺	85
第二节 酰胺	91
本章小结	95
复习思考题	95
第九章 杂环化合物和生物碱	96
第一节 杂环化合物	96
第二节 生物碱	103
本章小结	108
复习思考题	108
第十章 旋光异构	110
第一节 物质的旋光性	110
第二节 手性分子及其旋光异构	112
本章小结	118
复习思考题	119
第十一章 糖类	120
第一节 单糖	121
第二节 二糖	125
第三节 多糖	127
本章小结	130

复习思考题	131
第十二章 脂类化合物	132
第一节 油脂	132
第二节 类脂化合物	136
本章小结	139
复习思考题	139
第十三章 氨基酸和蛋白质	140
第一节 蛋白质的基本组成单位—— α -氨基酸	140
第二节 蛋白质	146
本章小结	152
复习思考题	152
实验实训	153
第一部分 有机化学实验基本知识	155
第二部分 有机物重要物理常数测定技术	158
实验一 熔点测定技术	158
实验二 沸点测定技术	160
* 实验三 折光率测定技术	163
实验四 旋光度测定技术	165
第三部分 有机物的分离与提纯技术	168
实验五 分馏技术	168
实验六 重结晶操作技术	170
* 实验七 萃取分离技术	172
* 综合实验 茶叶中咖啡碱的提取技术	174
第四部分 有机物的鉴别技术	176
实验八 醇、酚、醛、酮的性质实验	176
实验九 羧酸、胺和酰胺的性质实验	179
实验十 糖类、蛋白质的性质实验	181
* 实验十一 烃及其衍生物的鉴别实验	183
第五部分 有机物的合成技术	185
实验十二 乙酸乙酯的合成技术	185
* 实验十三 乙酰苯胺的合成技术	187
附录	189
参考文献	191

第一章 绪 论

知识目标

- 了解有机物的概念、分类和共价键的性质。
- 理解有机物的特性、有机反应中共价键的断裂方式。
- 掌握有机物分子结构的书写方法。

技能目标

- 能够根据官能团的结构,判断有机物的类别。



在化学上,通常把化合物分为两大类:一类如 H_2O 、 H_2SO_4 、 NaOH 、 K_2CO_3 等,称为无机化合物;另一类如甲烷(CH_4)、乙烯(C_2H_4)、乙醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)、葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)等含碳的化合物,称为有机化合物。有机化合物具有与无机化合物显著不同的特性。

第一节 有机化合物与有机化学

一、有机化合物

有机化合物简称有机物,它与人类的关系非常密切,在人们的衣食住行、医疗卫生、农业生产、能源、材料及科学研究等领域都起着重要的作用。人类对有机物的认识经历了一个漫长的过程。18 世纪末期,人们开始从动植物中提取一系列有机物质,如 1773 年由尿中提取出纯尿素。19 世纪初,著名化学家贝齐里乌斯(J. Berzelius)首先把从动植物体内分离出来的物质定义为有机化合物,意为有“生命”之物,并且认为有机物只能在一种神秘的“生命力”的作用下才能从生物体中获得,而不能用人工的方法来合成。这一观点认为有机物与无机物之间互不联系,因而阻碍了对有机物的研究。直到 1828 年,年轻的德国化学家魏勒

(F. Wohler)在蒸发氰酸铵水溶液时,成功地得到了尿素;1845年,柯尔伯(H. Kolbe)合成了醋酸等有机化合物后,关于有机物神秘的“生命力”的学说,才被彻底否定。现在,有机物的“有机”两字早已失去了它原来的意义,但由于习惯,一直沿用至今。

有机物在自然界中分布非常广泛。例如,构成动植物结构组织的蛋白质与纤维素,植物及动物体中贮藏的养分——淀粉、糖原、油脂等都是有机物。而且,随着科学技术的发展,每年还有大量新的有机物被合成出来。

通过对有机物的分析,人们发现组成有机物的主要元素是碳元素,此外,还有氢、氧、氮、硫、磷、卤素等元素。1848年,化学家葛美林(L. Gmelin)把有机化合物定义为碳的化合物,这个定义至今仍被沿用。但是,并不是所有含碳化合物都是有机物,如一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、金属碳化物(如 CaC_2)、碳酸盐(如 Na_2CO_3 、 CaCO_3)等许多简单的含碳化合物,由于它们的性质和无机物相似,通常仍把它们纳入无机物一类。实际上,在无机物和有机物之间并没有一个不可逾越的界限,实验证明,两者在一定条件下可以相互转化,如无机物碳化钙可用来制取有机物乙炔(C_2H_2),有机物甲烷完全燃烧后会生成二氧化碳和水等。目前,对有机物相对确切的定义是碳氢化合物及其衍生物。而有机化学就是研究碳氢化合物及其衍生物的组成、结构、性质及其变化规律的科学。

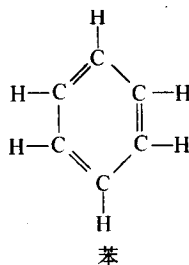
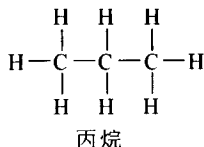
有机化学是农业类高职教育中的一门重要的基础课,它与农业的关系极为密切,在农业生产和科研中越来越得到广泛的应用。在农业生产方面,新型有机农药的开发利用与病虫害防治、有机肥料的生产与使用、农畜产品分析与环境保护、土壤有机质的分析与因地制宜、除草剂的使用与粮食增产、畜禽的疾病防治与饲养管理、遗传工程培育新品系与植物组织培养、酶工程及微生物发酵与农产品加工等,都需要有机化学提供理论依据和解决问题的途径。在农业科学方面,动物生理生化、土壤肥科学、动物营养学、动物药理学、食品化学、兽用药物化学、环境化学、植物病虫害防治、农畜产品品质分析等课程,都需要以有机化学的基础理论为指导,以有机化学的知识和技能为基础。近年来,随着生命科学的发展,人们对蛋白质、核酸等生物大分子的研究已进入分子水平,这又有力地推动了农业科学的发展。因此,只有认真学习和掌握有机化学的基础理论、基本知识和基本技能,才能更好地学习和掌握后继专业知识和专业技能。

二、有机化合物的特性

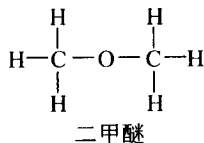
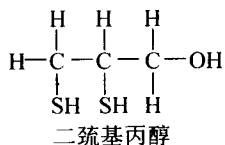
有机化合物与无机化合物之间虽然没有绝对的界限,但在结构与性质上,有机物与无机物相比仍具有以下特性:

(一) 结构特性

与无机物相比较,组成有机物的元素种类很少,但目前已知的有机化合物的数目却达1 000 万种以上,造成这种现象的原因是由于碳原子多种多样的结合方式引起的。在有机物分子中,碳原子之间可以通过共价键相互结合成链状或环状结构,也可以通过单键、双键或叁键等不同方式相互结合。



此外,碳原子还可以与O、N、S、P、卤素(X)等其他元素的原子相互结合,从而构成各类结构复杂的有机化合物。



(二) 理化特性

在常温下,大多数有机化合物是气体、液体或低熔点的固体,难溶于水,易溶于有机溶剂。这是由于有机物分子中化学键多数为共价键,一般极性较弱或完全没有极性,根据“相似相溶原理”,易溶于极性小或非极性的有机溶剂,难溶于极性很强的水中。

一般有机物的热稳定性都较差,受热易分解。除少数有机物不能燃烧外,多数有机物都易燃烧。

有机物之间的反应速率一般较慢,许多反应需要加热或加催化剂。此外,由于有机物分子结构复杂,反应中可能发生反应的部位较多,因此常伴有副反应发生。

有机物与无机物的区别见表1-1。

表 1-1 有机物与无机物的区别

类型	熔点	燃烧情况	溶解情况		反应情况		化学键	种类
			水	有机溶剂	速率	副反应		
无机物	高	难	易	难	快	无	离子键、共价键	5 万种左右
有机物	低	易	难	易	慢	有	共价键	1 000 万种以上

以上是一般有机物的共性,各种有机物还有不同的个性。例如,酒精可以与水以任意比例混溶;四氯化碳不但不能燃烧,而且能用做灭火剂等。

第二节 有机化合物的分子结构

一、有机化合物中的化学键

有机化合物分子中各原子之间主要是通过共价键相结合的,共价键是原子间通过共用电子对形成的化学键。

(一) 共价键的性质

通常,共价键的性质又叫键参数,主要包括键长、键角、键能等。

1. 键长

由共价键相结合的两个原子核间的平均距离叫键长。共价键的键长可以通过实验方法测定,例如,实验测得 H_2 分子中两个氢原子的核间距离是 $0.74 \times 10^{-10} \text{ m}$, $\text{H}-\text{H}$ 键的键长就是 $0.74 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。一般来讲,两个原子间所形成的键越短,分子中原子间结合得就越牢固。一些常见共价键的键长见表 1-2。

表 1-2 常见共价键的键长

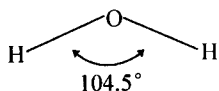
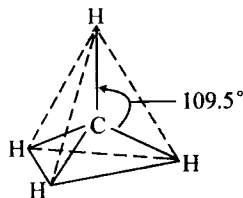
 $\times 10^{-10} \text{ m}$

键的种类	键 长	键的种类	键 长
$\text{C}-\text{H}$	1.09	$\text{C}-\text{C}$	1.54
$\text{C}-\text{F}$	1.41	$\text{C}=\text{C}$	1.34
$\text{C}-\text{Cl}$	1.77	$\text{C}\equiv\text{C}$	1.20
$\text{C}-\text{Br}$	1.91	$\text{C}-\text{O}$	1.43
$\text{C}-\text{I}$	2.12	$\text{C}-\text{N}$	1.47

2. 键角

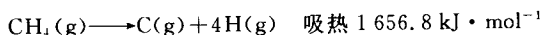
分子中两个共价键之间的夹角,称为键角。例如, H_2O 分子有两个 $\text{O}-\text{H}$ 键,这两个 $\text{O}-\text{H}$ 键键轴之间的夹角就叫做 H_2O 分子的键角,或 H_2O 分子中两个 $\text{O}-\text{H}$ 键的键角。实验测得, H_2O 分子的键角是 104.5° ,如图 1-1 所示。

在有机化合物分子中,碳原子与其他原子所形成的键角大致有 3 种情况:①C 原子以 4 个单键分别与其他原子相连接(如 CH_4),键角接近 109.5° ;②C 原子以一个双键($\text{C}=\text{C}$)和两个单键分别与其他原子相连接(如 $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$),键角接近 120° ;③C 原子以一个叁键($\text{C}\equiv\text{C}$)和一个单键分别与其他原子相连接(如 $\text{HC}\equiv\text{CH}$),键角是 180° 。图 1-2 为 CH_4 分子的空间结构图。

图 1-1 H_2O 分子的键角图 1-2 CH_4 分子的空间结构

3. 键能

在气态条件下,断开 1 mol 共价键所需要的能量,称为键能。双原子分子(如 H_2 、 Cl_2 、 HCl)的键能就是 1 mol 气态双原子分子解离成气态原子时所吸收的能量。1 mol 气态多原子分子完全解离为气态原子时吸收的能量等于多原子分子中所有共价键键能的总和。例如,实验测得



CH_4 分子中含有 4 个 $\text{C}-\text{H}$ 键,所以 $\text{C}-\text{H}$ 的键能是 $414.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。可见,1 mol 多原子分子的键能是一个平均值,也叫做平均键能。键能越大,表示共价键越牢固,分子就越稳定。常见共价键的平均键能见表 1-3。

表 1-3 常见共价键的平均键能

 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

键的种类	键 能	键的种类	键 能
$\text{C}-\text{H}$	413	$\text{C}-\text{C}$	346
$\text{N}-\text{H}$	389	$\text{C}=\text{C}$	610
$\text{O}-\text{H}$	464	$\text{C}\equiv\text{C}$	835
$\text{S}-\text{H}$	347	$\text{C}-\text{O}$	356
$\text{F}-\text{C}$	460	$\text{C}=\text{O}$	745
$\text{Cl}-\text{C}$	335	$\text{C}-\text{N}$	335
$\text{Br}-\text{C}$	289	$\text{C}\equiv\text{N}$	615
$\text{I}-\text{C}$	230		

(二) 共价键的断裂方式

在有机反应中,连接两个原子或基团(如 X 和 Y)之间的共价键断裂时,有两