



教育部高等农林院校理科基础课程
教学指导委员会推荐示范教材



普通高等教育农业部“十二五”规划教材



高等农林教育“十三五”规划教材

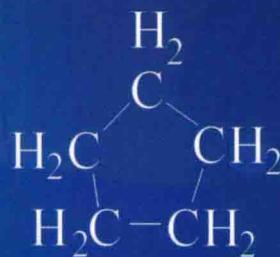
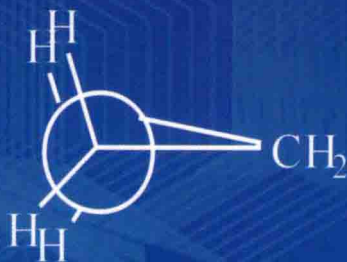
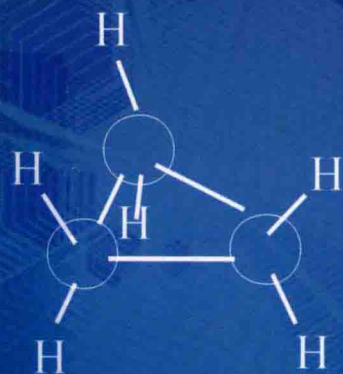
有机化学

第2版

Organic Chemistry
Organic Chemistry

H

● 叶非 袁光耀 姜建辉 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



教育部高等农林院校理科基础课程
教学指导委员会推荐示范教材



普通高等教育农业部“十二五”规划教材



高等农林教育“十三五”规划教材

有机化学

Organic Chemistry

第2版

叶 非 袁光耀 姜建辉 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本教材按照教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会制定的普通高等农林院校有机化学(少学时)教学大纲的要求编写。内容以“基本”和“新”为原则,注重基础知识和基本理论的介绍;编排上以官能团系统为主线,建立结构、性质、典型反应机理为主线的理论体系;在保证有机化学体系完整性的基础上,加强与农业科学及相关学科的联系。

本书共 16 章,包含四部分内容。第一部分为基本原理;第二部分为各类有机化合物的结构、命名、性质、基本反应、立体化学等;第三部分为天然有机化合物;第四部分为有机化合物的波谱知识。各章节中有思考题,章后有习题。内容上注意与后续课程(生理、生化、遗传、分子生物学等)的衔接。

本书除可作为高等农业院校有机化学教材外,也可供高等林业、水产院校及生物类有关专业教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/叶非,袁光耀,姜建辉主编.—2 版.—北京:中国农业大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5655-1794-5

I. ①有… II. ①叶… ②袁… ③姜… III. ①有机化学-高等学校-教材 IV. ①O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 065274 号

书 名 有机化学 第 2 版

作 者 叶 非 袁光耀 姜建辉 主编

策划编辑 潘晓丽

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 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

版 次 2017 年 6 月第 2 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 22.5 印张 560 千字

定 价 47.00 元

责任编辑 洪重光

责任校对 王晓凤

邮政编码 100193

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

教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会
推荐示范教材编审指导委员会

主 任 江树人

副主任 杜忠复 程备久

委 员(以姓氏笔画为序)

王来生 王国栋 方炎明 李宝华 张文杰 张良云

杨婉身 吴 坚 陈长水 林家栋 周训芳 周志强

高孟宁 戚大伟 梁保松 曹 阳 焦群英 傅承新

教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会
推荐化学类示范教材编审指导委员会

主 任 周志强

委 员(以姓氏笔画为序)

王 志 王俊儒 兰叶青 叶 非 刘文丛 李 斌

陈长水 杜凤沛 周 杰 庞素娟 赵士铎 贾之慎

廖蓉苏

第2版编写委员会

主 编 叶 非 袁光耀 姜建辉

副主编 盛显良 赵俭波 郭振福 陈红兵

编写人员 (按姓氏拼音排序)

陈红兵(山西农业大学)

崔 薇(吉林农业大学)

郭振福(河北北方学院)

姜大伟(东北林业大学)

姜建辉(塔里木大学)

李蜀眉(内蒙古农业大学)

李咏玲(山西农业大学)

盛显良(内蒙古农业大学)

苏 瑛(沈阳农业大学)

王世飞(山西农业大学)

徐英操(东北农业大学)

叶 非(东北农业大学)

于海峰(塔里木大学)

袁光耀(河北北方学院)

赵俭波(塔里木大学)

赵淑杰(吉林农业大学)

主 审 付 颖(东北农业大学)

第1版编写委员会

主 编 叶 非 杨爱萍

副主编 袁光耀 盛显良 高吉刚 郑海江 黄玉刚 陈主福

岳霞丽 刘文杰 刘晓宇

参 编 (按姓氏笔画排序) (华大重本西山) 吴政制

史美丽 李红霞 李蜀眉

姜 林 徐英操 徐胜臻

郭振福 (晋大造林站) 谢大姜

主 审 徐雅琴

出版说明

在教育部高教司农林医药处的关怀指导下,由教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会(以下简称“基础课教指委”)推荐的本科农林类专业数学、物理、化学基础课程系列示范性教材现在与广大师生见面了。这是近些年全国高等农林院校为贯彻落实“质量工程”有关精神,广大一线教师深化改革,积极探索加强基础、注重应用、提高能力、培养高素质本科人才的立项研究成果,是具体体现“基础课教指委”组织编制的相关课程教学基本要求的物化成果。其目的在于引导深化高等农林教育教学改革,推动各农林院校紧密联系教学实际和培养人才需求,创建具有特色的数理化精品课程和精品教材,大力提高教学质量。

课程教学基本要求是高等学校制定相应课程教学计划和教学大纲的基本依据,也是规范教学和检查教学质量的依据,同时还是编写课程教材的依据。“基础课教指委”在教育部高教司农林医药处的统一部署下,经过批准立项,于2007年底开始组织农林院校有关数学、物理、化学基础课程专家成立专题研究组,研究编制农林类专业相关基础课程的教学基本要求,经过多次研讨和广泛征求全国农林院校一线教师意见,于2009年4月完成教学基本要求的编制工作,由“基础课教指委”审定并报教育部农林医药处审批。

为了配合农林类专业数理化基础课程教学基本要求的试行,“基础课教指委”统一规划了名为“教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会推荐示范教材”(以下简称“推荐示范教材”)。“推荐示范教材”由“基础课教指委”统一组织编写出版,不仅确保教材的高质量,同时也使其具有比较鲜明的特色。

一、“推荐示范教材”与教学基本要求并行 教育部专门立项研究制定农林类专业理科基础课程教学基本要求,旨在总结农林类专业理科基础课程教育教学改革经验,规范农林类专业理科基础课程教学工作,全面提高教育教学质量。此次农林类专业数理化基础课程教学基本要求的研制,是迄今为止参与院校和教师最多、研讨最为深入、时间最长的一次教学研讨过程,使教学基本要求的制定具有扎实的基础,使其具有很强的针对性和指导性。通过“推荐示范教材”的使用推动教学基本要求的试行,既体现了“基础课教指委”对推行教学基本要求的决心,又体现了对“推荐示范教材”的重视。

二、规范课程教学与突出农林特色兼备 长期以来各高等农林院校数理化基础课程在教学计划安排和教学内容上存在着较大的趋同性和盲目性,课程定位不准,教学不够规范,必须科学地制定课程教学基本要求。同时由于农林学科的特点和专业培养目标、培养规格的不同,对相关数理化基础课程要求必须突出农林类专业特色。这次编制的相关课程教学基本要求最大限度地体现了各校在此方面的探索成果,“推荐示范教材”比较充分反映了农林类专业教学改革的新成果。

三、教材内容拓展与考研统一要求接轨 2008 年教育部实行了农学门类硕士研究生统一入学考试制度。这一制度的实行,促使农林类专业理科基础课程教学要求作必要的调整。“推荐示范教材”充分考虑了这一点,各门相关课程教材在内容上和深度上都密切配合这一考试制度的实行。

四、多种辅助教材与课程基本教材相配 为便于导教导学导考,我们以提供整体解决方案的模式,不仅提供课程主教材,还将逐步提供教学辅导书和教学课件等辅助教材,以丰富的教学资源充分满足教师 and 学生的需求,提高教学效果。

乘着即将编制国家级“十二五”规划教材建设项目之机,“基础课教指委”计划将“推荐示范教材”整体运行,以教材的高质量和新型高效的运行模式,力推本套教材列入“十二五”国家级规划教材项目。

“推荐示范教材”的编写和出版是一种尝试,赢得了许多院校和老师的参与和支持。在此,我们衷心地感谢积极参与的广大教师,同时真诚地希望有更多的读者参与到“推荐示范教材”的进一步建设中,为推进农林类专业理科基础课程教学改革,培养适应经济社会发展需要的基础扎实、能力强、素质高的专门人才做出更大贡献。

中国农业大学出版社

2009 年 8 月

第2版前言

本教材为教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会组织编写的理科基础课程推荐示范教材,按照教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会制定的普通高等农林院校有机化学(少学时)的课程内容与教学基本要求,吸收了各高等农林院校长期积累的教学改革的实践经验编写而成。

根据有机化学在各高等农林院校教学计划,本书分为16章,将有机化合物的结构和性能的关系作为贯穿教材的一条主线,建立以能力培养为中心的基础体系,突出了有机化合物的结构和性质的相关性,力求从结构的角度阐明每类化合物各具特性的原因,把有机化学的基本理论知识系统地阐述清楚,并着力解决有机化学与后续课程(生理、生化、遗传、分子生物学等)的衔接。

本教材的编写在体系和内容方面体现以下特色:

1. 把培养学生的能力、拓宽有机化学知识、增加适用性放在首位。
2. 内容以“基本”和“新”为原则,注重基础知识和基本理论的介绍,适当拓宽知识面,达到厚基础、宽口径的目的。
3. 教材以官能团系统编排,建立结构、性质、典型反应机理为主线的理论体系,增强有机化学的科学性、规律性和系统性,便于学生归纳、综合和应用。
4. 把反应机理放在各有关章节介绍,分散了难点,有利于学生的学习。
5. 各章后除附有综合习题外,还插有适量针对性强、富有思考性的问题,以便学生及时复习和巩固所学的知识。
6. 在保证有机化学体系完整性的基础上,加强与农业科学的联系;此外还注重与能源、环境、食品、医药等学科的联系,既提高学生的学习兴趣,又扩大学生的知识面。

本教材由东北农业大学、河北北方学院、塔里木大学、内蒙古农业大学、山西农业大学、吉林农业大学、沈阳农业大学和东北林业大学等8所高等院校的16位教师共同编写:叶非(第1章,东北农业大学),徐英操(第2章,东北农业大学),盛显良(第3章,内蒙古农业大学),李蜀眉(第4章,内蒙古农业大学),崔薇(第5章,吉林农业大学),李咏玲(第6章,山西农业大学),赵淑杰(第7章,吉林农业大学),陈红兵(第8章,山西农业大学),袁光耀(第9章,河北北方学院),郭振福(第10章,河北北方学院),姜建辉(第11章,塔里木大学),赵俭波(第12章,塔里木大学),苏瑛(第13章,沈阳农业大学),王世飞(第14章,山西农业大学),于海峰(第15章,塔里木大学),姜大伟(第16章,东北林业大学)。

本教材由叶非、袁光耀、姜建辉担任主编，盛显良、赵俭波、郭振福、陈红兵担任副主编。教材的初稿经主编、副主编审阅和修改，东北农业大学付颖教授仔细审校全稿，最后由叶非教授定稿。

本教材编写过程中得到全国高等农林院校理科基础课程推荐示范教材编审委员会、编学校各级领导、中国农业大学出版社的指导和支持；在编写过程中编者参考了国内外教材并引用了其中的一些图表、数据和习题等，在此一并表示衷心的感谢。

书中错漏之处，恳切希望读者和专家批评指正。

编者
2017.3

第 1 版前言

本书为教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会组织编写的理科基础课程示范教材,是根据 2008 年 11 月教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会制定的普通高等农林院校有机化学(少学时)的课程教学内容与教学基本要求编写的。

本教材的编写在体系和内容方面力求体现以下特色:

1. 始终把培养学生的能力、拓宽有机化学知识、增强适用性放在首位。
2. 内容以“基本”和“新”为原则,注重基础知识和基本理论的介绍,适当拓宽知识面,达到厚基础、宽口径的目的。
3. 教材以官能团分类体系编排,建立结构、性质、典型反应机理为主线的理论教学体系,更好地体现有机化学的规律性和系统性,便于学生归纳、综合和应用。
4. 把反应机理放在各有关章节介绍,分散了难点,有利于学生的学习。
5. 除章末附有综合习题外,章内还穿插有适量针对性强的问题,以便学生及时复习和巩固所学的知识。
6. 在保证有机化学体系完整性的基础上,注意介绍当代有机化学与农业、能源、环境、食品、医药等领域的交叉发展及应用渗透,既能提高学生的学习兴趣,又能扩大学生的知识面。

本书由东北农业大学、青岛农业大学、河北北方学院、内蒙古农业大学、山东农业大学、华中农业大学、新疆塔里木大学、沈阳农业大学 8 所高等院校的 15 位教师共同编写。

叶非、杨爱萍任主编,袁光耀、盛显良、高吉刚、岳霞丽、刘文杰、刘晓宇任副主编。编写分工为:叶非(东北农业大学),第 1 章;徐英操(东北农业大学),第 2 章;盛显良(内蒙古农业大学),第 3 章;李蜀眉(内蒙古农业大学),第 4 章;史美丽(青岛农业大学),第 5 章;徐胜臻(华中农业大学),第 6 章;岳霞丽(华中农业大学),第 7 章;高吉刚(山东农业大学),第 8 章;袁光耀(河北北方学院),第 9 章;郭振福(河北北方学院),第 10 章;刘文杰(新疆塔里木大学),第 11 章;李红霞(新疆塔里木大学),第 12 章;刘晓宇(沈阳农业大学),第 13 章、第 14 章;杨爱萍(青岛农业大学),第 15 章;姜林(山东农业大学),第 16 章。教材的初稿经主编、副主编审阅、修改,东北农业大学徐雅琴教授审校全稿,最终由主编统稿和定稿。

本书在编写及出版过程中得到高等农林院校理科基础课程示范教材编审委员会、参编学校各级领导的指导和支持;在编写中参考了国内外教材并引用了其中的一些图表和数据等,在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中仍会有错误和不妥之处,恳切希望读者和专家批评指正。

编 者

2009.11

C 目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 有机化合物和有机化学	1
1.2 有机化合物的特点	2
1.3 有机化合物的分子结构	3
1.4 共价键的重要参数	6
1.5 研究有机化合物结构的程序和方法	8
1.6 有机化合物的分类	9
1.7 有机化合物的物理性质与分子结构的关系	11
习题	15
第 2 章 饱和脂肪烃	16
2.1 烷烃的结构及同系列	16
2.2 烷烃的异构	21
2.3 烷烃的命名法	22
2.4 烷烃的化学性质	24
2.5 自由基取代反应机理	25
2.6 甲烷	28
2.7 环烷烃的分类和命名	28
2.8 环烷烃的物理性质	31
2.9 环烷烃的化学性质	31
2.10 环烷烃的结构和构象	33
习题	37
第 3 章 不饱和脂肪烃	39
3.1 烯烃	39
3.2 炔烃	54
3.3 二烯烃	59
3.4 萜类化合物	66
习题	70
第 4 章 芳香烃	73
4.1 芳烃的分类和命名	73
4.2 稠环芳烃	87



4.3 非苯芳烃	90
习题	91
第5章 旋光异构	94
5.1 偏振光和旋光性	94
5.2 旋光性与分子结构的关系	97
5.3 含一个手性碳原子化合物的旋光异构	98
5.4 含两个手性碳原子化合物的旋光异构	102
5.5 含手性碳原子的环状化合物的立体异构	104
5.6 不含手性碳原子化合物的旋光异构	105
5.7 外消旋体的拆分	107
5.8 立体化学在生命科学中的重要意义	108
习题	109
第6章 卤代烃	111
6.1 卤代烃的分类与命名	111
6.2 卤代烃的物理性质	113
6.3 卤代烷烃的化学性质	114
6.4 亲核取代反应(S_N)机理	117
6.5 消除反应(E)机理	121
6.6 卤代烯烃和卤代芳烃	124
6.7 重要的卤代烃化合物	126
习题	128
第7章 醇、酚、醚	130
7.1 醇	130
7.2 酚	141
7.3 醚	148
7.4 硫醇、硫酚、硫醚	153
习题	157
第8章 醛、酮、醌	160
8.1 醛和酮	160
8.2 醌	176
习题	181
第9章 羧酸及其衍生物	184
9.1 羧酸	184
9.2 羧酸的衍生物	193
习题	201
第10章 取代酸	203
10.1 羟基酸	203
10.2 羧基酸	210

习题	215
第 11 章 含氮和含磷化合物	217
11.1 胺	217
11.2 其他含氮有机化合物	230
11.3 含磷化合物	232
习题	234
第 12 章 杂环化合物	236
12.1 杂环化合物的分类和命名	236
12.2 杂环化合物的结构	238
12.3 单杂环化合物的化学性质	240
12.4 重要的五元杂环化合物	246
12.5 重要的六元杂环化合物	251
12.6 重要的稠杂环化合物	253
12.7 生物碱	258
习题	262
第 13 章 糖类化合物	265
13.1 单糖	266
13.2 二糖	282
13.3 多糖	285
习题	290
第 14 章 氨基酸、蛋白质和核酸	292
14.1 氨基酸	292
14.2 蛋白质	299
14.3 核酸	304
习题	310
第 15 章 油脂和类脂化合物	312
15.1 油脂与磷脂	312
15.2 蜡	322
15.3 萜类与甾族化合物	323
习题	330
第 16 章 有机化合物波谱知识	332
16.1 紫外光谱	332
16.2 红外光谱	335
16.3 核磁共振谱	337
16.4 质谱	340
习题	341
参考文献	343

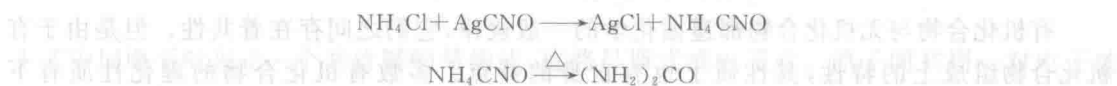
Chapter 1 第 1 章 绪 论

Introduction

1.1 有机化合物和有机化学

世界是物质的,要认识世界和改造世界必须要认识物质及物质之间的变化规律。为了研究上的方便和深入,人们很自然地对所知的物质进行分类。17 世纪中叶,人们根据物质来源将物质分为动物物质、植物物质和矿物物质三大类。18 世纪末,通过化学分析发现,动物物质和植物物质都含有碳、氢、氧等元素;并且有些物质既可以来源于动物,又可以来源于植物。如油脂既存在于动物中,也存在于植物中;蚁酸可以从蒸馏蚂蚁得到,也可以从糖的氧化得到。这使得物质的分类产生了困难。到了 19 世纪初,当时在世界化学界享有极大威望的瑞典化学家柏齐利乌斯(Berzelius)把动物物质和植物物质合并称为有机化合物,把矿物物质称为无机化合物。于是科学史上首次出现了有机物质的名称。“有机”(organic)一词来源于“有机体”(organism),即有生命的物质。这是由于当时人们对生命现象的本质缺乏认识而赋予有机化合物的神秘色彩,认为它们不能用人工方法合成,而是“生命力”所创造的。这种“生命力”学说在一段时期内严重阻碍了有机化学的发展。

1828 年,年轻的德国化学家伍勒(Wöhler)在实验室用无机化合物氯化铵和氰酸银一起加热,制得有机化合物尿素:



当时公认尿素是有机化合物,而氰酸铵是无机物。以无机物为原料在没有“生命力”的影响下制得了有机物质,这对于“生命力”学说是有力的打击。此后,以无机物为原料,陆续合成了醋酸、甲烷等一系列有机物,“生命力”学说才彻底被否定,有机物的研究才摆脱了唯心主义的“生命力”学说的束缚,开始得到迅速的发展。

1850 年前后,根据当时对大量有机物成分的分析结果,德国化学家格美林(Gmelin)指出:“一切有机物含有碳”。德国化学家凯库勒(Kekulé)也指出:“我们把有机化学定为碳化合物的化学”。所以现在认为:有机化合物是指含碳元素的化合物,研究碳化合物的化学叫

有机化学。有些简单的碳化合物,如二氧化碳、碳酸盐等的性质,同典型的无机化合物相似,一般把它们看作是无机化合物。应当指出,有机化合物不再与“生命力”学说有任何联系。现在保留“有机”二字,只不过是历史的遗留,当然也反映了有机化合物确实与生物体有很密切的联系。

思考题 1-1 你对有机化合物的定义是如何理解的?为什么说“有机”这个词已经失去了它固有的含义?

1.2 有机化合物的特点

1.2.1 有机化合物的组成和结构

有机化合物元素组成除碳外,常常还含有氢、氧、氮、硫、磷、卤素等。有机物元素组成虽然简单,数目却非常之多。到 2013 年 12 月,美国《化学文摘》收录的从自然界得到的和用人工方法在实验室合成的有机化合物数目已经超过 7 500 万种,而无机化合物只不过 10 余万种。

有机化合物组成简单、数目众多的主要原因就是它的结构复杂。碳位于元素周期表第二周期第四主族,它最外层有 4 个电子,既不容易得到也不容易失去电子,而易与其他原子以共价键形成化合物。硅虽然也在第四主族,也有 4 个价电子,但是因为它的原子半径较大,所形成的共价化合物不如碳的化合物稳定。此外,碳原子间有很强的成键能力,可以形成稳定的共价键;以它们为骨架可以形成链状化合物,也可以形成环状化合物;碳原子间可以形成单键,也可以形成双键或叁键。这种结构的多样化,就使异构现象成为有机化合物中的一种极其普遍的现象。所谓异构现象就是指化学组成相同,但是结构不同,因而形成了不同化合物的现象。所以有机化合物一般元素组成比较简单,但结构复杂,使得有机化合物的总数非常多,已远远超过无机化合物的数目。

1.2.2 典型有机化合物的理化特性

有机化合物与无机化合物都遵循化学的一般规律,它们之间存在着共性。但是由于有机化合物组成上的特性,其性质上也有自身的特点。多数有机化合物的理化性质有下列特点:

1. 多数有机化合物较易燃烧

有机化合物一般都含有碳和氢,完全燃烧后能生成内能较低的 CO_2 和 H_2O ,所以多数有机化合物较易燃烧。

2. 有机化合物的熔点和沸点较低

有机化合物多为共价化合物,分子间为范德华力;而无机化合物多为离子化合物,强大的静电力使它们牢固地结合在一起。所以有机化合物的熔点和沸点都比较低。

3. 多数有机化合物易溶于有机溶剂而不易溶于水。有机化合物是共价化合物,一般极性较弱或无极性,而水是强极性的。因此,有机化合物一般难溶或不溶于水。

4. 有机化合物反应速度慢,而且常有副反应发生。

有机化合物的化学反应,多涉及旧共价键的断裂和新共价键的形成,反应的活化能较高;而且在同一条件下,共价键断裂的部位可能不同,所以与无机化合物相比,它的反应速度慢,而且往往除主产物以外,还有副产物出现。因此有机反应需要注意选择最佳反应条件,尽量减少副反应。

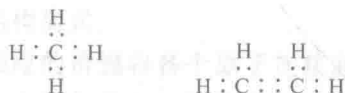
以上所说的有机化合物的理化特性,是多数有机化合物的共性,但是还有很多特例,不能作为区别有机化合物与无机化合物的标准。

1.3 有机化合物的分子结构

物质的组成与结构是认识物质的核心。组成与结构的差异,才构成了不同的物质,赋予物质不同的性质和用途。早在古希腊,哲学家们和炼金术士就开始了物质的组成与结构的研究;直到1927年海特勒(Heitler)和伦敦(London)应用量子力学处理氢分子时,才开始了近代共价键理论的研究,揭示了共价键的本质。

1.3.1 共价键

有机化合物分子中的原子主要是以共价键相结合的。由一对电子把两个原子结合在一起所形成的键称作共价键。1916年路易斯(Lewis)提出了原子的价电子可以配对共用形成共价键,使分子中每个原子都达到“八隅体”电子构型的学说,这种电子构型使分子处于稳定的能量较低的状态。碳原子的最外层有四个价电子,当碳原子与其他原子结合时,要失去或接受四个电子来形成八隅体电子构型是很困难的,即碳原子既不易得到也不易失去四个价电子,而是通过原子间价电子的配对共用来实现八隅体的电子构型的。例如:



上式中用电子对表示一个共价键的结构式,称路易斯式或电子式。原子间共用一对电子的共价键称单键,也称 σ 键;共用两对电子的称为双键;共用三对电子的称为叁键。如果共用的电子对来自于一个原子,称配位键。整个分子中,每个原子(除氢为二电子)的外层电子必须满足八隅体电子构型,否则形成不稳定的化合物或活泼的中间体。对共价键的解释有价键理论和分子轨道理论。

1.3.2 价键理论

量子力学的价键理论认为,共价键可以看成是由参与成键原子的原子轨道相互重叠而