



高等职业教育“十二五”规划教材

有机化学

YOUJI
HUAXUE

张艳敏 林 洁 孙露敏◎主编

中国轻工业出版社



全国百佳图书出版单位

高等职业教育“十二五”规划教材

有机化学

张艳敏 林 洁 孙露敏 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学/张艳敏, 林洁, 孙露敏主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2015. 8

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5184-0375-2

I. ①有… II. ①张… ②林… ③孙… III. ①有机化学—高等职业教育—教材 IV. ①O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 101403 号

责任编辑: 李亦兵 贾 磊 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 锋尚设计 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 20.5

字 数: 410 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0375-2 定价: 39.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 010-65128352

发行电话: 010-85119835 010-85119793 传真: 010-85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

131202J2X101ZBW

前 言

高职高专作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的大力支持下,我国的高职高专教育实现了跨越式的发展,取得了骄人的成绩。同时,伴随着我国经济的快速发展,高素质技能型人才的需求量越来越大,这对于我国高职高专的改革发展而言,既是挑战,更是机遇。要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这些问题中,教材改革与建设起着至关重要的基础性作用。

有机化学是高职院校食品类、医药类专业的一门重要的专业基础课程。近年来,编者对有机化学的教学内容和教学方法进行了改革和探索,取得了一些经验和成果,在此基础上编写了本教材。

本教材根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)的有关精神,以应用性职业岗位需求为中心,以培养学生的实践能力、创新能力、就业能力为目标进行编写,满足高职高专的教学改革和人才培养需求。

本教材分基础理论和实操训练两部分。教材内容安排上本着基础知识以“必需、够用”为度,突出应用性的内容,增加有机化学新知识、新技术的介绍,使教材更具有针对性、实用性和时代性;实验部分的内容得到强化,全方位、多角度培养学生的基本实验技能,为后续专业课程的学习奠定坚实的基础;形式安排更加新颖,每一主题前面有案例导入,中间有交流研讨,后面除有知识巩固、问题探究外,还有身边的化学、

知识链接,以便学生自主学习,及时复习和巩固所学知识。

本教材由山东商务职业学院的有机化学课程授课教师共同编写,主编为张艳敏、林洁、孙露敏。具体编写分工如下:张艳敏编写了第一部分的模块三的项目一卤代烃,第二部分实操训练;林洁编写了第一部分的模块二的项目一烷烃,项目二单烯烃,项目三炔烃,模块四的项目一杂环化合物和生物碱;孙露敏编写了第一部分的模块二的项目五脂环烃,模块三的项目二醇、酚和醚;吴海鸣编写了第一部分的模块一基础平台,模块二的项目六芳香烃,模块三的项目三醛、酮和醌,模块四的项目四油脂和萜类化合物;卫晓英编写了第一部分的模块三的项目四羧酸及其衍生物,项目五含氮、磷、硫有机化合物,模块四的项目二对映异构和碳水化合物;李静编写了第一部分的模块四的项目三氨基酸和蛋白质;任秀娟编写了第一部分的模块二的项目四二烯烃。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中的错漏和不妥之处在所难免,热忱欢迎广大读者批评指正。

编者

第一部分 基础理论



模块一

基础平台

一、有机化学和有机化合物	2
二、有机化合物的特点	6
三、有机化合物的结构	7
四、有机化合物的分类	10



模块二

有机化合物的母体——烃

项目一 烷烃	13
一、烷烃的同系列和同分异构现象	14
二、烷烃的命名	17
三、烷烃的结构	22
四、烷烃的物理性质	24
五、烷烃的化学性质	26

六、烷烃的来源和用途	28
七、重要的烷烃	30
项目二 单烯烃	35
一、单烯烃的结构	35
二、单烯烃的同分异构和命名	37
三、单烯烃的物理性质	41
四、单烯烃的化学性质	42
五、重要的单烯烃	47
项目三 炔烃	50
一、炔烃的结构	50
二、炔烃的同分异构和命名	51
三、炔烃的物理性质	52
四、炔烃的化学性质	53
五、重要的炔烃——乙炔	55
项目四 二烯烃	59
一、二烯烃的分类和命名	59
二、1, 3 - 丁二烯的结构	61
三、共轭体系与共轭效应	61
四、共轭二烯烃的化学性质	63
项目五 脂环烃	67
一、脂环烃的分类和命名	68
二、环烷烃的结构	69
三、脂环烃的物理性质	70
四、脂环烃的化学性质	70
五、重要的脂环烃化合物	72
项目六 芳香烃	75
一、芳香烃的分类	75
二、单环芳烃的结构	76
三、单环芳烃的同分异构和命名	77
四、单环芳烃的物理性质	79
五、单环芳烃的化学性质	80
六、苯环上的亲电取代定位规律	83
七、稠环芳烃	85

项目一 卤代烃	90
一、卤代烃的分类、同分异构和命名	91
二、卤代烃的结构	93
三、卤代烃的物理性质	93
四、卤代烃的化学性质	95
五、卤代烯烃和卤代芳烃	98
六、重要的卤代烃	100
项目二 醇、酚和醚	106
一、醇	106
二、酚	118
三、醚	127
项目三 醛、酮和醌	136
一、醛和酮的分类和命名	137
二、醛和酮的物理性质	138
三、醛和酮的化学性质	138
四、重要的醛和酮	144
五、醌	145
项目四 羧酸及其衍生物	149
一、羧酸的分类和命名	149
二、羧酸的物理性质	151
三、羧酸的化学性质	152
四、重要的羧酸	157
五、羧酸衍生物的命名	159
六、羧酸衍生物的物理性质	160
七、羧酸衍生物的化学性质	160
八、重要的羧酸衍生物	163
项目五 含氮、磷、硫的有机化合物	167
一、硝基化合物	167
二、胺的分类、命名和结构	169
三、胺的物理性质	171

四、胺的化学性质	172
五、重要的胺	177
六、含磷有机化合物	178
七、含硫有机化合物	182

模块四 天然有机化合物

项目一 杂环化合物和生物碱	189
一、杂环化合物的分类和命名	190
二、杂环化合物的化学性质	191
三、重要的杂环化合物	195
四、生物碱	197
项目二 对映异构和碳水化合物	205
一、物质的旋光性	206
二、对映异构现象和分子结构的关系	208
三、含一个手性碳原子化合物的对映异构	209
四、含两个手性碳原子化合物的对映异构	211
五、构型的标记—— <i>R</i> 、 <i>S</i> 命名规则	213
六、碳水化合物概述	216
七、单糖	216
八、双糖	226
九、多糖	229
项目三 氨基酸和蛋白质	234
一、氨基酸	234
二、蛋白质	240
项目四 油脂和萜类化合物	249
一、油脂	250
二、萜类化合物	252

第二部分 实操训练

项目一 有机化学实验的一般常识	260
-----------------------	-----

一、开展有机化学实验的目的	260
二、有机化学实验室规则	260
三、实验室常见事故的预防和急救常识	261
四、有机实验常用仪器及装置	265
五、实验预习、实验记录和实验报告	273
项目二 有机化学实验基本操作	274
一、加热和冷却	274
二、蒸馏	276
三、分馏	280
四、水蒸气蒸馏	282
五、熔点的测定	286
六、沸点的测定	288
七、升华	290
八、萃取	292
九、干燥	296
项目三 有机化合物的性质验证	301
一、烃的性质验证	301
二、卤代烃的性质验证	303
三、醇和酚的性质验证	305
四、醛和酮的性质验证	307
五、羧酸及其衍生物的性质验证	309
六、胺的性质验证	311
七、碳水化合物的性质验证	314
八、氨基酸和蛋白质的性质验证	316
参考文献	318

第一部分 基础理论



模块一

基础平台

在化学上可以把自然界的物质分为两大类，即无机化合物和有机化合物。在本书中，我们将要学习的乙醇、汽油、油脂、蛋白质、糖类等，都属于有机化合物。有机化合物与人类的关系非常密切，在人们的衣食住行、医疗保健、工农业生产、科学技术研究等领域都起着非常重要的作用。

学习目标

- (1) 认识有机化合物的发展史。
- (2) 掌握有机化合物的概念、特点、结构及有机化学的概念。
- (3) 理解有机化合物的分类。
- (4) 掌握有机化学的学习方法。

案例导入

食品中含有丰富的有机化合物，人体所需的营养物质中，糖类、脂肪、蛋白质、维生素均为有机化合物，它们广泛地存在于各种食物之中，是人体维持正常的生理功能而必须从食物中获得的一些有机物质，在人体生长、代谢、发育过程中发挥着极其重要的作用。

一、有机化学和有机化合物

有机化学又称为碳化合物的化学，是研究有机化合物的结构、性质、制备的学科，是化学中极重要的一个分支。

(一) 有机化合物的发展简史

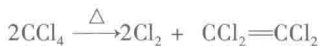
人类使用有机化合物（简称有机物）的历史很长，世界上几个文明古国很早就掌握了酿酒、制醋和制饴糖的技术。据记载，中国古代曾制取到一些较纯的有机物质，如没食子酸（中药名称是“白药煎”，利用五倍子发酵水

解, 制出没食子酸结晶), 16 世纪后期, 西欧制得了乙醚、硝酸乙酯、氯乙烷等。18 世纪后期, 有机化合物的分离、提纯得到了较快发展, 瑞典化学家舍勒的工作在这一时期最为卓越, 他提取到了纯净的草酸、苹果酸、酒石酸、柠檬酸、乳酸、尿酸等, 还通过皂化油脂和动物脂肪制取得到甘油。但是当时人们研究有机物的目的, 不是为了弄清楚有机物的组成和结构, 而是为了生活和医药上的需要。

“有机”这一历史性名词, 可追溯至 19 世纪, 1806 年首次由瑞典化学家贝采里乌斯提出。他把物质组成元素主要是碳、氢、氧、氮作为有机化合物的特征, 认为有机物是来自生物有机体的化合物, 人工合成是不可能的。因为有机化合物虽然组成元素少、组成简单, 但种类和性质的多样性是很难理解的。德国化学家格伦在他的《化学基础》一书中认为有机物只存在于动植物体内, 是人工不能制造的。这种不确切的说法流行了几十年。有些化学家把有机物与无机物截然分开, 认为无机物遵守定组成定律, 能得到纯制品, 而对有机物是否遵守定组成定律表示怀疑, 所以 19 世纪初, 在生物学和有机化学领域中便广泛流行起“生命力”论。

1824 年, 德国化学家维勒从氰经水解制得单酸; 1828 年他无意中用加热的方法又使氰酸铵转化为尿素。氰和氰酸铵都是无机化合物, 而单酸和尿素都是有机化合物。维勒的实验结果给予“生命力”学说第一次冲击。但这个重要发现当时并没有立即得到其他化学家的认可, 因为氰酸铵尚未能用无机物制备出来, 同时有人认为尿素只是动物的分泌物, 介于有机物和无机物之间, 不能认为是真正的有机化合物, 想用无机物人工合成复杂的真正的有机化合物, 在原则上是不可能的。

1845 年, 具有决定性意义的人工合成有机化合物的是德国化学家柯尔柏, 他以木炭、硫磺、氯及水为原料合成了醋酸, 这是一个从单质出发实现的完全的有机合成。他把硫和活性炭加热制得二硫化碳, 二硫化碳和氯气反应进而得到四氯化碳, 四氯化碳通过红热的管子时, 产生游离的氯和四氯乙烯, 其在光照下与水反应得到的三氯醋酸还原后得到最终产物醋酸, 其反应方程式可表示如下:



此后, 越来越多的有机化合物不断在实验室中合成出来, 其中, 绝大部分是在与生物体内迥然不同的条件下合成出来的。“生命力”学说渐渐被抛弃了, 而

“有机化学”这一名词则沿用至今。

人工合成有机物的发展,使人们清楚地认识到,在有机物与无机物之间并没有一个明确的界限,但它们在组成和性质方面确实存在着某些不同之处。从组成上讲,所有的有机物中都含有碳,多数含氢,其次还含有氧、氮、卤素、硫、磷等,因此,化学家们将有机物定义为含碳的化合物及其衍生物;但一些简单的含碳化合物,如一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、碳酸等除外。

有机物是生命产生的物质基础,生物体内的新陈代谢和生物的遗传现象都涉及有机化合物的转变。此外,许多与人类生活有密切关系的物质,例如石油、天然气、棉花、染料、化纤、天然和合成药物等,均属有机化合物。

(二) 有机化合物近代发展现状

1. 牛胰岛素的合成

1965年9月,人工合成牛胰岛素成功。这是世界上第一个合成的结晶蛋白质,具有生物活性(与天然胰岛素相同)。这项成果由原中国科学院上海生物化学研究所、中国科学院上海有机化学研究所、北京大学等单位协作,历时6年9个月完成,并在1982年获中国国家自然科学奖一等奖。

人工合成胰岛素的成功,使人类在认识生命和揭开生命奥秘的伟大历程中又迈进了一大步。

2. 核糖核酸的合成

从1968年起,由中国科学院生物物理研究所、原中国科学院上海生物化学研究所、中国科学院上海有机化学研究所,原中国科学院上海细胞生物学研究所、原北京大学生物系协作完成人工合成酵母丙氨酸转移核糖核酸工作,这种核糖核酸由76个核糖核苷酸组成。

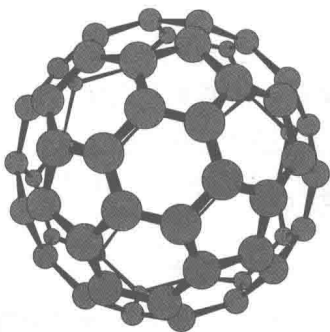
1979年年底,对其中一个片断——核糖四十一核苷酸合成成功,1981年合成另外35个核苷酸,至同年11月终于全合成成功。这是利用化学合成和酶促法结合的方法的全合成,在当时国外只能合成出九核苷酸。1978年日本报道了三十一核苷酸合成成功,所用方法与我国基本雷同。

3. 维生素 B₁₂ 的合成

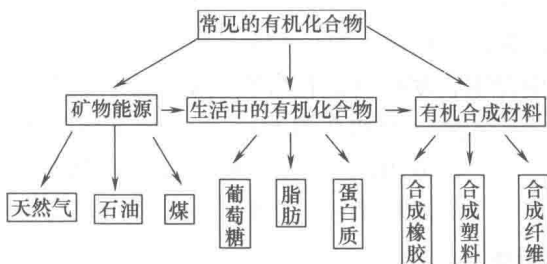
1976年人们通过90多步反应,历经11年,世界上100多名著名化学家参与,成功合成维生素 B₁₂。

4. C₆₀ 的合成 (碳球分子的合成)

C₆₀,球状(笼状)结构,球面上由五圆环和六圆环组成,球面里由一个大 π 键连接,形似足球,因此又名足球烯。20世纪90年代合成成功。C₆₀具有独特的分子结构,可以储存氢气、氧气,对于医疗部门、军事部门乃至商业部门都会有广泛用途。



(三) 常见的有机化合物



人体所需的营养物质（糖类、脂肪、蛋白质、维生素、无机盐和水）中，糖类、脂肪、蛋白质、维生素为有机物。

糖类主要来源于水果、蔬菜、甘蔗、甜菜、大米、小麦等；纤维素（属于糖类）是植物组织的主要成分，植物的茎、叶和果皮中都含有纤维素。食物中的纤维素主要来源于干果、鲜果、蔬菜等。人体中没有水解纤维素的酶，所以纤维素在人体中主要是加强胃肠的蠕动，有通便功能。

脂肪主要指植物脂肪（香油、菜籽油、大豆油等）和动物脂肪（猪油、羊油、牛油、鸡油等）。

蛋白质主要来源于鱼、肉、牛乳、蛋等。

维生素广泛存在于各种食物中，是人和动物为维持正常的生理功能而必须从食物中获得的一类微量有机物质，在人体生长、代谢、发育过程中发挥着重要的作用。



交流研讨

按照我国“西气东输”计划，某地正在铺设天然气管道，居民不久将用上天然气。天然气是一种无色、无味的气体，密度小于空气。天然气泄漏后，遇火、静电易发生爆炸，输送天然气时，在其中混入了一种具有强烈刺激性气味的气体（硫醇）。

(1) 天然气的主要成分是 CH_4 ，它属于_____（填“有机物”或“无机”）

物”)。

(2) 在输送的天然气中混入硫醇的目的是：_____。

(3) 室内发生天然气泄漏时，要立即关闭阀门，开窗通风，此时一定不能做的事情是：_____。

二、有机化合物的特点

(一) 分子组成复杂、数目庞大

很多有机化合物在组成上要比无机化合物复杂得多。现已知有机化合物达 3000 多万种，且还在不断增加。例如从自然界分离出来的维生素 B₁₂ 组成为：C₆₃H₉₀N₁₄O₁₄PCo，共 183 个原子。

再如，C₉H₂₀ 有 35 种异构体，每一种异构体代表一种物质。

同分异构现象的存在，使得有机化合物更加复杂，因此，有机物要用结构式表示，而不能用分子式表示。例如 C₂H₆O：

CH₃OCH₃ 沸点 (b. p.) -23.6℃

CH₃CH₂OH 沸点 (b. p.) 78.5℃

(二) 容易燃烧

一般的有机化合物都容易燃烧，如乙醚、汽油、甲烷（沼气）等。但 CCl₄ 不燃烧，而是灭火剂（扑灭电源内或电源附近的火）。

(三) 熔点低

有机化合物在室温下常为气体、液体或低熔点的固体。

有机化合物熔点比较低，而无机化合物熔点较高。因为无机化合物中主要是离子键结合，晶格之间是库仑力，晶格能高，所以熔点高；而有机化合物中化学键主要是共价键，有机化合物是分子晶体，晶格之间是范德华力，晶格能低，所以熔点低。

例如：

NaCl 熔点 (m. p.) 801℃ 沸点 (b. p.) 1478℃

CH₃CH₂Cl 熔点 (m. p.) 136.4℃ 沸点 (b. p.) 12.2℃

主要原因是 NaCl 的化学键是离子键，而 CH₃CH₂Cl 的化学键是共价键。

(四) 难溶于水

根据相似相溶原理，水是极性分子，而有机物大多是非极性分子或极性较弱的分子。

(五) 反应速度慢

例如：



RCl 要和 Ag^+ 反应,首先要打开 $\text{R}-\text{Cl}$ 键,使氯转变为离子型后才能与 Ag^+ 反应。

(六) 副反应多

有机分子组成复杂,反应时有机分子的各个部分都会受到影响,即反应时并不限定在分子某一部位。因此一般有主产物、副产物。主产物产率达到 70% ~ 80% 就是比较满意的反应。

三、有机化合物的结构

物质的性质取决于物质的结构,在有机化合物的结构中,普遍存在着共价键的问题。掌握好共价键的基础知识,对学好有机化学至关重要。

(一) 共价键的本质

路易斯经典共价键理论认为:共价键是原子间通过共用电子对形成的化学键,这一理论初步揭示了共价键的本质。1926 年后,在量子力学基础上建立起来的现代价键理论对共价键的本质有了更深入的理解。

价键理论认为: A 、 B 两原子各有一个成单电子,当 A 、 B 相互接近时,两电子以自旋相反的方式结成电子对,即两个电子所在的原子轨道能相互重叠,则体系能量降低,形成化学键。共价键的本质是原子轨道重叠后,高概率地出现在两个原子核之间的电子与两个原子核之间的电性作用。需要指出的是,氢键虽然存在轨道重叠,但通常不算作共价键,而属于分子间力。

形成的共价键越多,则体系能量越低,形成的分子越稳定。因此,各原子中的未成对电子尽可能多地形成共价键。

配位键的形成条件为:一种原子中有对电子,而另一原子中有可与对电子所在轨道相互重叠的空轨道,在配位化合物中经常见到配位键,在形成共价键时,单电子也可以由对电子分开而得到。

在共价键的形成过程中,因为每个原子所能提供的未成对电子数是一定的,一个原子的一个未成对电子与其他原子的未成对电子配对后,就不能再与其他电子配对,即,每个原子能形成的共价键总数是一定的,这就是共价键的饱和性。例如, O 有 2 个单电子, H 有 1 个单电子,所以结合成水分子只能形成 2 个共价键, C 最多能与 H 形成 4 个共价键。

各原子轨道在空间的分布是固定的,即都有其固定的延展方向,为了满足轨道的最大重叠,原子间成共价键时,要具有方向性。

共价键的饱和性和方向性决定了每一个有机分子都是由一定数目的某几种元素的原子按特定的方式结合而成的,这使得每个有机物分子都有特定的大小及立体形状。

(二) 共价键的基本属性

共价键的属性可通过键长、键角、键能以及键的极性等物理量表示。