



临沂大学优秀校本教材

彭安顺 主 编 余天桃 副主编

有机化学

Organic Chemistry



山东人民出版社

Shandong People's Publishing House



临沂大学优秀校本教

有机化学

Organic Chemistry

彭安顺 主 编

余天桃 副主编



山东人民出版社

Shandong People's Publishing House

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学/彭安顺主编. —济南: 山东人民出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-209-06751-5

I. ①有… II. ①彭… III. ①有机化学—高等学校—教材 IV. ①062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 195471 号

责任编辑:王 晶 李 楠

封面设计:彭 路

有机化学

彭安顺 主编

山东出版集团

山东人民出版社出版发行

社 址:济南市经九路胜利大街 39 号 邮 编:250001

网 址:<http://www.sd-book.com.cn>

发行部:(0531)82098027 82098028

新华书店经销

山东临沂新华印刷物流集团印装

规 格 16 开(184mm×260mm)

印 张 37

字 数 670 千字

版 次 2012 年 9 月第 1 版

印 次 2012 年 9 月第 1 次

ISBN 978-7-209-06751-5

定 价 58.50 元

如有质量问题,请与印刷单位联系调换。(0539)2925888

临沂大学教材建设指导委员会

主 任：韩延明

副主任：姜同松

成 员：（以姓氏笔画为序）

王统永 毛红旗 孔繁金 申洪源 朱晓德 任世忠 江兆林

许长谭 许汝贞 孙成通 李 琳 李洪忠 吴 峰 张立富

张问银 张根柱 陈学营 陈建国 林光哲 周光亮 郑秀文

赵 勇 赵光怀 徐东升 奚凤兰 谢 楠 谢瑞迎

《有机化学》 编委会

主 编：彭安顺

副主编：余天桃

编 委：（以姓氏笔画为序）

于军香 王亚琦 夏 闽 徐淑永 锁守丽 温梅姣

君子务本,本立而道生

——《临沂大学优秀校本教材》总序

校长 韩延明

孔子曰:“君子务本,本立而道生。”大学是育人之本,大学是科学之根,大学是文化之魂。大学教师的根本,乃在于“静下心来读书求真,俯下身去教书育人”。换言之,培养高素质人才始终是大学责无旁贷的基本目标和根本任务,而人才培养的主渠道又相对集中于课堂教学。课堂教学的基本要素是教师、学生和教材。教材又称“教本”。“教本教本,教学之本。”因此,校本教材建设,是大学教学基本建设、学校品牌创建的重要内容,是固化教师教学成果、实现教师科研成果向教学内容转化的重要步骤,也是创新课堂教学、提升教学质量的重要举措。2006年8月,我校教师主编的首批立项资助的《香樟书库》系列校本教材(10本),由山东大学出版社正式出版。2010年8月,第二批教材(10本)在多方的努力和帮助下,也已顺利付梓面世。两批教材熔铸古今、博采众长,体例新颖、内容丰富,发疑锐敏、释理清晰,开阔了学生视野,拓展了教学内容,优化了课程结构,提升了学校内涵,得到了师生的普遍认可和同行专家的高度评价,为后续校本教材的编撰和出版工作奠定了坚实的基础,积累了宝贵的经验。

“十二五”时期,是我校全面建设高质量综合性品牌大学的关键时期。2010年11月26日,教育部正式发文批准我校由临沂师范学院更名为临沂大学;12月8日,我们隆重、热烈地举行了临沂大学揭牌庆典。2011年6月12日,我们又举行了声势浩大、影响深远的临沂大学70周年校庆。2011年是我校在综合性大学办学平台上谋划新发展、实现新突破、开创新局面的关键一

年。为此,学校党委组织开展了为期4个月的“办一所什么样的大学”和“怎样办好这所大学”的解放思想、更新观念大讨论活动,提出了建设“高质量综合性品牌大学”的奋斗目标,确定了“实”的校风和“明义、锐思、弘毅、致远”的校训。在办学理念上,我们提出了要办“有德性、有实力、有创新、有特色”的大学,要办“有规律、有规划、有规矩、有规模”的大学,要办“有理念、有理论、有理想、有理性”的大学,要办“强配置、高质量、有核心竞争力、有社会美誉度、学生满意、家长放心”的受人尊重的大学。在办学实践上,我们提出了要遵循三条规律、进行三个转变、实施三大战略和突出三项重点。三条规律是:高等教育发展规律、人才成长发展规律和市场经济发展规律;三个转变是:由外延发展为主向内涵发展为主转变,由教学型大学向教学研究型大学转变,由师范类学院向综合性大学转变;三大战略是:质量立校战略、开放强校战略、特色亮校战略;三项重点是:全面加强人才队伍建设、全面提高学术科研水平、全面提升社会服务能力,以期真正使临沂大学办出水平、办出活力、办出特色。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010~2020年)》明确提出:“提高质量是高等教育发展的核心任务,是建设高等教育强国的基本要求。”我认为,就今天的高校而言,思路决定出路,就业决定专业,能量决定质量,质量决定力量。办学质量始终是一所高校的声誉之源、立校之本、发展之基,是高校命脉之所在。提高教学质量,理应是高校矢志不渝所追求的永恒主题和永远高奏的主旋律,这就是我们多年来常讲的“教学为本,质量立校”。而办学质量又始终贯穿于实现“培养人才、发展科学、服务社会和文化遗产创新”四项大学基本职能的各个具体环节之中,其中既有人才培养的质量问题,也有科技成果转化和社会服务的质量问题,但人才培养质量是核心和旨归。为适应我校在综合性大学办学平台上提高人才培养质量的实际需要和21世纪信息时代对教材提出的新的更高要求,根据我校人才培养方案和精品课程建设规划,我们又很快启动了第三批立项教材的编撰工作。在临沂大学教材建设指导委员会的组织、指导与协调下,教材编著者们在多年知识积累和教学经验的基础上夜以继日地辛勤劳作,如今第三批教材(15本)的编辑工作已顺利完成,即将出版面世。这批教材是我校由临沂师范学院更名为临沂大学后的首批立项资助教材,既是我校校本教材建设工作步入规范化、系列化、制度化、科学化轨道的一个重要标志,也是认真贯彻落实教育部、山东省教育厅关于高等院校教学质量建设工程精神、促进学校内涵发展的一项重大举措,为中

国共产党成立 90 周年和临沂大学建校 70 周年献上了一份厚重的贺礼。

教材即教学材料的简称。广义言之，它是指依据教学大纲和教学实际需要为师生选编的教科书、讲义、讲授提纲、参考书目、自学手册、课外练习、网络课程、图片、教学影片、唱片、录音、录像以及计算机软件等；狭义言之，它是指一门课程的核心教学材料——教科书。教材是教学内容和教学方法的载体，是教师实施课堂教学的依据和工具，是学生最基本的学习参考资料，是师生互动、教学相长、顺利完成教学任务的必要基础，也是教学内容和课程体系改革成果的具体体现。教材建设水平是衡量一所高校教学质量与学术水平的重要标志之一。教材质量影响教学质量，教学质量影响人才培养质量。深化教育教学改革、全面推进素质教育，必须大力加强高校教材建设。临沂大学历来十分重视教材建设工作。几年前，为了督导教师选用优质教材、提高教学质量、强化教学管理、优化教学环境，学校曾严格规定：全部本科教材必须使用教育部、山东省教育厅统编教材或获奖教材，禁止使用教师自编教材，从而保证了教材质量，为规范、提升、完善本科教学工作奠定了良好的基础。

古人云：“临渊羡鱼，不如退而结网。”近年来，伴随着我国高等教育大众化的迅猛发展和高校本科教学工作水平评估的深入推进，临沂大学实现了超常规、跨越式、突破性发展，其中之一便是卓有成效地开展了“四大建设”，即“深化课程建设，优化专业建设，亮化学科建设，强化师资队伍建设”，使专业学科建设水平与教师教学水平不断提高，课程开发能力不断增强，课堂教学改革与课外实践革新不断深入，相继涌现出一大批质量上乘、优势明显、特色突出的优质课程和爱岗敬业、教书育人、乐于奉献的优秀教师，因而启动校本教材编写的条件日渐成熟。

在教材编写程序上，我们要求：严格按申报、立项、审批、编撰、出版发行、推广使用、论证评价等环节和程序进行。我们明确了教材建设的重点和选题范围：解决教学急需的，填补学科、专业、课程空白的新教材；体现我校教师在某一学科、专业领域独具优势或特色的专业基础课和选修课教材；针对我校作为沂蒙老区唯一一所本科高校这一特点，结合地方社会政治、经济、科技、文化需求所开设的地方课程教材，并高度重视红色文化的育人价值和教材建设。

在教材编写原则上，我们强调：一是注重知识性与思想性相辅相成，二是注重学术性与可读性融为一体，三是注重科学性与学科性彼此糅合，四是注

重理论性与实践性相得益彰,五是注重统一性与多样性有机结合,六是注重现实性与前瞻性有效拓展。我国著名教育家张楚廷教授曾提出教材编写“五最准则”,即最佳容量准则、最广泛效用准则、最持久效应准则、最适于发展准则、最宜于传授准则,我深表赞同。

在教材编写内容上,我们提出:既重视对国内外该课程领域经典的基本理论问题进行透彻的解析,又对当前教育所面临的新现象、新理论、新方法给予必要的回应;既考虑如何有利于教师的课堂教学与辅导,又兼顾如何有助于学生的课后复习和思考;既能反映我校特色和课程体系改革的基本方向,又要展示我校教材建设及学术研究的最新成果,适应我校创建精品课程、优质课程和品牌课程的实际需要。

在教材教法改革上,我们倡导:秉持综合素质教育理念,坚持课堂讲授与讨论相结合、教师讲授与学生自学相结合、理论学习与案例分析相结合、文本学习与网络学习相结合,“优化课内,强化课外”。既重视教师启发式、研讨式、合作式、案例式等教学方式方法的科学运用,又重视学生学习能力、实践能力、创新能力与创业能力的培养和训练,力图为学生知识、能力、素质的全面协调发展创造条件。可喜的是,这些方面都在教材编写中得到了充分体现。所有教材都是在使用了多年的成熟讲义的基础上经编著者们精心修改和指导委员会严格审定后出版的,确保了教材的思想性、科学性、系统性、适用性、启发性和相对稳定性。

临沂大学系列“优秀校本教材”的编撰出版,饱含编著者们的辛勤劳作和指导委员会成员的认真审阅。然而,由于此项工作尚处于尝试、探索阶段,又是我校成为综合性大学后的首批立项教材,因而疏漏、偏颇甚或错误之处在所难免,正所谓“始生之物,其形必丑”,敬请各位同仁和同学批评指正,以期再版时予以修订。

古人云:“书山有路勤为径,学海无涯苦作舟。”在漫漫求学路途上,千辛万苦、呕心沥血,“书”总会一直忠诚地陪伴着学习者,承前启后、继往开来,输送知识、启迪智慧,成为学习者解疑释难的知心朋友和指点迷津的人生导师,引领学习者最终进入学与习、学与思、学与行、学与创相结合的学人境界。正所谓“书山高峻顽强自有通天路,学海遥深勤奋能寻探宝门”。在此,摘录俄国著名文学家托尔斯泰的一句名言与同学们共勉:“选择你爱的,爱你选择的!”选择你爱的教材,爱你选择的教材;选择你爱的专业,爱你选择的專業;

选择你爱的母校，爱你选择的母校！衷心希望同学们像《临沂大学校歌》中唱的那样：“笃奉明义锐思，抱负致远弘毅，”“德为重，才为本，弘道为要义，”“明朝家国天下，我们一肩担起。”

恰逢我国第27个教师节来临，心潮澎湃、感慨万千！教师是光荣的：今岁种明岁栽岁岁育松柏，春开花秋结果年年献桃李；教师是高尚的：使外行变内行行行出状元，令后浪追前浪浪浪有奇峰；教师是辛苦的：滴滴汗水诚滋桃李芳天下，点点心血乐育英才泽神州。衷心感谢老师们多年来对学校建设和发展作出的重大贡献，深情祝福老师们身体健康、工作顺利、生活幸福、事业大成！

草于临沂大学明静斋

2011年9月10日

前 言

有机化学作为一门非常重要的科学诞生于 19 世纪初, 历经 200 余年的发展, 衍生出诸如有机合成化学、物理有机化学、立体化学、有机分析化学、生物有机化学、高分子化学、天然产物化学、元素和金属有机化学、海洋有机化学、地球有机化学和有机功能材料学等众多分支, 成为多种新兴学科的源头。因此, 掌握和研究有机化学, 对于发展我国的化学工业及经济建设具有重要的意义和作用。

进入 21 世纪以来, 有机化学不仅是化学、化工、制药、材料专业的主干课程, 也是医学、生物、食品、环境科学的必修基础课, 而且还渗透到教育、管理、艺术和体育等专业。为适应高等教育教学改革“厚基础、宽口径、强能力、高素质、广适应”的人才培养模式的需要, 我们吸取了国内外优秀教材的经验, 对原有的教材和讲义进行了删繁就简、去粗取精的整合和浓缩, 力图在课程体系、教学内容和导引学习上有所拓展创新。其主要特点如下:

(1) 优化内容体系。教材以“整体优化”、“内容更新”为基准, 本着“提纯经典、涉足前沿、注重基础、强化实践、贴近生活”的原则, 在知识体系构架上按官能团分类化合物, 涵盖了各类有机化合物的命名、结构、性质、制备、反应机理知识模块。整个内容力求体系完整、层次清晰、论述有据、突出实用、深入浅出、前后呼应。以适应创新应用型人才地培养目标。

(2) 强化构效关系。教材各章节较详细地分析了有机化合物的结构特征, 介绍了各类官能团的典型反应和机理, 突出结构和性质的依存关系, 注重有机化合物结构及反应的类比、串联和归纳, 有利于学生一体化地掌握知识系列。

(3) 加强学科交融。强化知识的横向联系是全面发展人才的培养需要, 教材的编写以“反映学科前沿、突出能力培养、融入人文教育、体现创新

特色”为理念，融科学性、趣味性、求新性为一体，增编了“知识链接”栏目，包括：诺贝尔奖有关知识、化学发展史、化学前沿、化学药物、新材料、生态保护、医学保健等诸多内容，旨在开阔学生视野，体现科学进步与可持续发展的辩证关系，也使教材内容更加厚重。

(4) 尝试探究学习。探究性学习能培养创造性思维和自主学习的能力，是高等教育课程改革的需要，教材设计了“问题与讨论”栏目，将一些核心知识与概念予以设问，学生需通过实践、思考、总结、提炼方可作答，充分体现了研究型教与学的特色，一改以往被动的学习与思维方式。

章后编排了丰富的练习题，其中有些是近年高校的考研试题，俾加深对相关章节内容的理解与掌握，加强知识运用的灵活性，提高学生的解题技巧，培养学生较强的设问和解惑能力。

本书由彭安顺教授主编，参加编写的有：余天桃、王亚琦、锁守丽、温梅姣、徐淑永、夏闽、于军香，最后由彭安顺、余天桃统稿。编委人员皆选自教学一线，在高校创新教育、精品课程建设等方面积累了丰富的经验，取得了较好的教学效果和丰硕的研究成果。

在教材的编写中，我们深得山东师范大学的刘庆俭教授和聊城大学的尹汉东教授的悉心指导、国内外优秀有机化学教材的深刻启迪、山东人民出版社和临沂大学化学化工学院的广大师生的热忱帮助，在此一并致以衷心的感谢！由于水平有限，书中疏漏和不妥之处敬请专家与读者批评指正。

作者

2012年2月于临沂

CONTENTS | 目 录

君子务本，本立而道生

——《临沂大学优秀校本教材》总序 韩延明 /1

前言 /1

第一章 绪论 /1

- 1.1 有机化合物及有机化学 /1
- 1.2 有机化学发展史 /4
- 1.3 共价键的基本属性和有机反应类型 /6
- 1.4 有机化学研究的主要内容和有机化合物研究的一般步骤 /10
- 1.5 有机化合物的分类 /16

第二章 烷烃 /20

- 2.1 烷烃的同系列及同分异构现象 /21
- 2.2 烷烃分子的结构 /23
- 2.3 烷烃分子的命名 /26
- 2.4 烷烃分子的构象 /32
- 2.5 烷烃的性质 /34
- 2.6 烷烃的卤代反应历程 /38
- 2.7 烷烃的来源和制备 /41

第三章 单烯烃 /45

- 3.1 烯烃分子的结构 /45
- 3.2 烯烃的同系列和同分异构现象 /48
- 3.3 单烯烃的命名 /49
- 3.4 烯烃的性质 /52
- 3.5 诱导效应 /64

3.6 烯烃的亲电加成反应历程和马尔科夫尼可夫规则 /65

3.7 烯烃的制备 /70

第四章 炔烃与二烯烃 /75

4.1 炔烃 /75

4.2 二烯烃 /85

第五章 脂环烃 /102

5.1 脂环烃的分类、异构及命名 /103

5.2 脂环烃的性质 /107

5.3 脂环烃的结构与稳定性 /109

5.4 多环烃 /118

第六章 芳 烃 /122

6.1 苯的发现及凯库勒结构 /122

6.2 苯衍生物的命名 /125

6.3 苯及其衍生物的物理性质 /126

6.4 苯及其衍生物的化学性质 /128

6.5 稠环芳烃 /146

6.6 非苯芳烃 /154

第七章 对映异构 /164

7.1 平面偏振光和物质的旋光性 /165

7.2 手性 /166

7.3 含有一个手性碳原子化合物的对映异构 /169

7.4 含有两个手性碳原子的开链化合物的立体异构 /173

7.5 环状化合物的立体异构 /175

7.6 不含手性碳原子化合物的对映异构 /176

7.7 外消旋体的拆分 /178

7.8 化学反应中的立体化学 /180

第八章 卤代烃 /188

8.1 卤代烃的分类和命名 /188

8.2 卤代烃的性质 /190

8.3 饱和碳原子上的亲核取代反应历程 /200

8.4 卤代烯烃和卤代芳烃的结构以及亲核取代反应活性 /209

8.5 卤代烃的制法 /212

- 8.6 重要的卤代烃——聚四氟乙烯 /214

第九章 测定有机物结构的现代物理方法 /218

- 9.1 紫外光谱 /219
9.2 红外光谱 /226
9.3 核磁共振谱 /241
9.4 质谱简介 /255

第十章 醇、酚、醚 /265

- 10.1 醇 /265
10.2 酚 /306
10.3 醚 /316

第十一章 醛、酮 /332

- 11.1 醛、酮的分类、同分异构和命名 /332
11.2 醛、酮的结构与光谱性质 /334
11.3 醛、酮的物理性质 /336
11.4 醛、酮的化学性质 /337
11.5 醛、酮的制备 /367

第十二章 羧酸 /374

- 12.1 羧酸的结构、分类和命名 /374
12.2 一元羧酸的性质 /377
12.3 二元羧酸及羟基酸的性质 /387
12.4 羧酸的制备 /395

第十三章 羧酸衍生物 /402

- 13.1 羧酸衍生物的结构、分类及命名 /402
13.2 羧酸衍生物的性质 /404
13.3 油脂、蜡和碳酸衍生物 /421

第十四章 有机含氮化合物 /433

- 14.1 硝基化合物 /433
14.2 胺 /437
14.3 烯胺的生成及应用 /453
14.4 重氮和偶氮化合物 /456

第十五章 周环反应 /467

- 15.1 周环反应和分子轨道对称性守恒原理 /467
- 15.2 前线轨道理论 /470
- 15.3 能级相关理论 /484
- 15.4 芳香过渡态理论 /487

第十六章 杂环化合物 /493

- 16.1 杂环化合物的分类和命名 /493
- 16.2 五元杂环化合物 /496
- 16.3 六元杂环化合物 /505
- 16.4 稠杂环化合物 /510
- 16.5 生物碱 /515

第十七章 糖类 /521

- 17.1 单糖 /521
- 17.2 二糖 /536
- 17.3 多糖 /538

第十八章 氨基酸、蛋白质和核酸 /545

- 18.1 氨基酸 /545
- 18.2 蛋白质 /553
- 18.3 核酸 /564

绪 论

1.1 有机化合物及有机化学

1.1.1 有机化合物含义和有机化学概念

有机化学 (organic chemistry) 是化学的一个重要分支, 是研究有机化合物的来源、组成、结构、性质、合成、应用及它们之间内在联系的一门科学。

有机化合物 (organic compounds) 简称有机物, 其含义是“有生命的化合物”, 因它最初来源于生物体内, 是一类与生命密切相关的物质。19 世纪经大量事实证明, 有机物亦可通过无机物人工合成而得到, 所以, 现在有机物已失去了原有的含义, 只是一个习惯的通称。

1781 年法国化学家拉瓦锡 (Lavoisier) 和德国化学家李比希 (Liebig) 创立了有机物的经典分析方法, 人们得知有机物主要成分是 C、H, 另外还有 O、S、P、N、X、Si、B、Mg、Al、Zn、Fe 等金属和非金属元素。因此, 德国化学家凯库勒 (Kekule) 和格梅林 (Gmelin) 将有机物定义为含碳的化合物; 德国的肖来马 (Schorlemmer), 将有机物定义为碳氢化合物 (hydrocarbon), 将含杂原子的有机物认为是碳氢化合物的衍生物。有机化学则被定义为研究碳氢化合物及其衍生物的化学。

有机化合物与人类生存密不可分, 自从有机化学成为一门学科以后, 人们系统地了解了有机分子的结构, 并可以按照具有某一性能的分子结构, 合成了众多自然界中没有的新有机物, 使人们的生活更加方便和新奇。人们的衣、食、住、行、用等都离不开有机化合物, 脂肪、蛋白质、维生素、糖、棉花、羊毛、蚕丝、木材、纸张、煤、石油、天然气、合成纤维、塑料、橡胶、有机染料、各种药物、添加剂、化妆品等的主要成分都是有机化合物; 人体本身的变化就是一连串非常复杂、彼此制约、彼此协调的有机化学的变化过程。

有机化学是有机化学工业的理论基础，在国家发展建设中的农业、化工、能源、材料、纺织、机械、建筑、食品、交通、信息、医药、农药、染料、涂料、颜料、日用化学品、现代高新技术等都与有机化学密切相关。

有机化学的基本原理还是生物化学、生命科学、药物化学、食品化学、材料化学等赖以发展的基础。尤其是生物学已发展到分子生物学、遗传工程学的领域，作为生命现象物质基础的蛋白质就是天然高分子有机化合物。有机化学的研究和发展，对于人们认识复杂的生命现象、控制遗传、征服顽症有着重要的意义。

科学是一把双刃剑。有机化学工业的发展也给人类带来了不利的一面，如：大量的人工合成化合物进入了环境水体，由于其结构的复杂性及生物陌生性，在短时间内很难由水体自净，造成了水体污染。塑料等固体废弃物在自然界降解速度非常慢，对空气、土壤造成了严重的污染；有些有毒有机物如苏丹红、三聚氰胺等通过非法途径污染了人们的食品，给人们的健康带来一定的隐患。因此，有机化学面临着一个极其迫切的重要课题，就是有毒有机物替代产品的开发和有机污染的治理。

总之，有机化学已成为我们认识自然、改造自然、推动科学发展、促进社会进步、改善人类生存环境、提高人类生活质量的不可替代的极具创新性的学科。

1.1.2 有机化合物的特点

为什么将有机化学作为一门独立的学科来讨论呢？主要原因：一是含碳的化合物数目非常庞大，现已有 2000 多万种，且以每天 1000 种的速度增长；二是有机化合物与典型的无机物相比，在组成、结构、性质及应用上，与无机化合物有明显的区别。

一、组成和结构上的特点

1. 有机物分子组成和结构复杂

有机物分子的主要组成元素是碳，碳原子自身相互结合能力强，原子之间常以共价键结合。碳原子的四价决定了其结合方式多样化，碳原子与碳原子之间、碳原子和其他非金属原子之间可以形成稳定的不同类型的共价键，如：两碳原子之间可以形成单键、双键、叁键；分子骨架可以是链状也可以是环状，分子骨架中还可以掺杂 N、O、S、P 等其他元素的原子。

2. 同分异构现象普遍

有机化学中相当普遍且很重要的一个现象就是分子式相同但结构不同的现象，两种或多种具有相同的分子式而其结构不同的化合物称为异构体，这种现象称为同分异构现象。如 C_4 烷烃有 2 种异构体； C_{10} 烷烃可有 75 种异构体； C_{20} 烷烃可有 36 万种异构体； C_{30} 烷烃可有 41 亿种异构体。

有机化合物数量庞大、结构复杂、同分异构现象普遍，有机化学中一般不用分子式表示有机物，而常用结构式。