



高等学校理工类课程学习辅导丛书

有机化学习指导

——解读、解析、解答和测试

(第二版)

主编 王俊儒 刘汉兰 朱 玮



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



高等学校理工类课程学习辅导丛书

有机化学学习指导

——解读、解析、解答和测试

Youji Huaxue Xuexi Zhidao

(第二版)

主编 王俊儒 刘汉兰 朱 玮



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是与普通高等教育“十一五”国家级规划教材、面向21世纪课程教材《有机化学》(傅建熙主编,第三版)配套的学习参考书。全书共分为上篇、中篇、下篇和附录四部分。上篇包括教材中16章的内容解读、题例解析和习题解答:解读每章重点、难点,尤其是学生难理解、易出错的内容;解析经典题例,强调解题思路和解析方法;解答教材中各章附带的问题和习题,并在解答的基础上进行重点点评和拓展思考。中篇为6套单元测试题,供阶段性单元复习和水平自测使用。下篇为13套综合测试题,包含课程学习综合测试题和考研水平测试题,供课程单元测试、总复习和研究生入学考试水平自测使用。附录包括单元测试题参考答案和综合测试题参考答案。本次修订保留了第一版的特色和风格。

本书可作为高等农林院校非化学化工类专业本科生学习用指导书和考研复习用参考书,也可作为教学辅导材料同步使用。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学学习指导:解读、解析、解答和测试/王俊儒,刘汉兰,朱玮主编.--2版.--北京:高等教育出版社,2013.10

ISBN 978-7-04-038317-1

I. ①有… II. ①王… ②刘… ③朱… III. ①有机化学—高等学校—教学参考资料 IV. ①062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 199062 号

策划编辑 郭新华
插图绘制 尹莉

责任编辑 周岳峰
责任校对 刘娟娟

封面设计 杨立新
责任印制 刘思涵

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京人卫印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 27.25
字 数 490千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>

版 次 2007年5月第1版
2013年10月第2版
印 次 2013年10月第1次印刷
定 价 36.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 38317-00

编写组成员

- 主 编** 王俊儒(西北农林科技大学)
刘汉兰(华中农业大学)
朱 玮(西北农林科技大学)
- 副主编** 张英群(河北农业大学)
周文明(西北农林科技大学)
汪玉秀(西北农林科技大学)
廉宜君(石河子大学)
- 成 员** (按姓氏笔画顺序排列)
王 磊(西北农林科技大学)
杜振亭(西北农林科技大学)
李文闯(西北农林科技大学)
李文娟(石河子大学)
李炳奇(石河子大学)
杨新娟(西北农林科技大学)
张 涛(西北农林科技大学)
袁茂森(西北农林科技大学)
唐然肖(河北农业大学)

第二版前言

本书是与普通高等教育“十一五”国家级规划教材、面向 21 世纪课程教材《有机化学》(傅建熙主编,第三版)配套的学习参考书。在保留第一版特色和风格的基础上,由于第 3 版理论教材中各章节后的问题和习题等有部分更新,本次修订做了相应章节的调整和内容更新,并对第一版学习指导中包括图表、结构式、文字和数字等在内的一些编印缺失和错误进行了补正,还增加了 1 套与考研试题难度相当的考研模拟试题及其解答。全书引导学生从内容解读、题例解析、习题解答、阶段测试、综合测试和水平测试 6 个方面依次展开基础有机化学的系统复习,不仅起到指南作用,而且有利于学生对基础有机化学知识的理解、巩固以及综合运用能力的提高。

本书是由西北农林科技大学、华中农业大学、河北农业大学和石河子大学 4 所高等院校的 16 位教师共同修订。修订期间编写组成员通过不同形式进行了修订意见的交流,并专门召开两次修订会议,确定了修订任务和分工。汪玉秀副教授收集各方面反馈意见的书面材料,张涛博士对新增问题和习题进行解答,并增加了西北农林科技大学杜振亭副教授、袁茂森博士参与部分内容的修订。朱玮教授、博士生杜宏涛、李娜以及硕士生张树军、张格超等对本书进行了仔细通读,并对书中文字表述、标点进行了认真的校对,最后由西北农林科技大学王俊儒教授负责统稿。本次修订得到高等教育出版社、西北农林科技大学教务处和理学院的大力支持,以及西北农林科技大学理学院应用化学系有机化学教研室及相关教研室教学一线教师的全力协助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足和错误之处恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 4 月于陕西杨凌

第一版前言

本书是与高等农林院校面向 21 世纪课程教材和教育科学“十五”国家规划课题研究成果《有机化学》(傅建熙主编,第二版)配套的教学参考书,可作为高等农林院校非化学化工类各专业本科学生学习用指导书和考研复习用参考书,也可作为教学辅导材料。

全书共分为上篇、中篇、下篇和附录四部分。上篇包括教材中 15 章的内容解读、题例解析和习题解答:在总结每章要点的基础上,有针对性地详细解读每章重点和难点内容;解析经典题例,在提出解题思路和技巧的基础上,分析解题方法,给出正确答案;解答教材中各章的问题和习题,并在解答的基础上对各章问题进行点评、提出思考。中篇包括 6 套单元测试题,供阶段复习自测。下篇包括课程学习综合测试题、考研水平测试题,供总复习和课程考试、研究生入学考试水平自测。附录包含单元测试题参考答案(附录 1)和课程学习综合测试题、水平测试题参考答案(附录 2)。

本书凝聚了第一线教师几十年教学的体会、经验和教训,旨在帮助学生梳理知识,走出死记硬背和应试教育的死胡同。在上篇的内容解读中,以有机化学近代电子理论为桥梁,突出结构与性质的关系,针对学生难理解、易出错的内容重点解读;既不是总结式的面面俱到,也不是重复教材阐述清楚的内容。在题例解析中,所选题例力求涵盖每章主要的知识点,不与教材中的问题和习题重复,且尽可能提高各章相关知识点的重现性;强调解题思路和解析方法;尽量通过解析将前面章节的内容与本章相关内容联系起来,引导学生对比各类化合物结构和性质的异同点,并从中找到规律;所有合成题的解析,都有逆合成分析,并在合成路线中注明了所涉及的重要反应类型。在习题解答中,除了对问题解答、点评和思考外,对习题中推导结构的题型,按题目要求给出了推导过程。中篇的 6 套单元测试题紧扣各章重要知识点,是在上篇各章题例解析和习题解答基础上的阶段自测,也为下篇综合测试题的演练奠定一定的基础,起到承上启下的作用。在下篇的测试题中,6 套课程学习综合测试题为西北农林科技大学、华中农业大学、河北农业大学三所院校本科生期末课程统考试题,6 套考研水平测试题为西北农林科技大学和石河子大学两所院校非化学化工类各专业硕士生入学考试真题和模拟题,具有一定的代表性。全书围绕有机化学的学习,从内容解读、题例解析、习题解答、阶段测试、综合测试和水平测试 6 个方面展开,不仅起到指导作用,而且有利于学生对有机化学知识的理解、巩固和加深以及综合运用能力的

提高。

本书是由西北农林科技大学、华中农业大学、河北农业大学和石河子大学四所高等院校的十三位教师共同编写的,由西北农林科技大学的朱玮和王俊儒两位教授负责统稿。在编写过程中,得到高等教育出版社、西北农林科技大学教务处和理学院的大力支持以及西北农林科技大学理学院有机化学教研室老师们的全力协助,尤其是《有机化学》教材主编傅建熙教授给予了很大的关心和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的不足和错误之处恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 9 月于杨凌

目 录

上篇 有机化学解读、解析和解答	1
第 1 章 绪论	3
第 2 章 有机化合物的结构本质及构性关系	7
第 3 章 波谱法及其在有机化学中的应用	19
第 4 章 开链烃	31
第 5 章 环烃	58
第 6 章 旋光异构	79
第 7 章 卤代烃	92
第 8 章 醇、酚、醚	110
第 9 章 醛、酮、醌	130
第 10 章 羧酸、羧酸衍生物和取代酸	155
第 11 章 含氮有机化合物	176
第 12 章 含硫和含磷有机化合物	196
第 13 章 杂环化合物及生物碱	206
第 14 章 碳水化合物	221
第 15 章 氨基酸、蛋白质和核酸	237
第 16 章 油脂和类脂化合物	251
中篇 单元测试题	263
单元测试题 1(第 1~3 章)	265
单元测试题 2(第 4~5 章)	268
单元测试题 3(第 6~7 章)	272
单元测试题 4(第 8~10 章)	277
单元测试题 5(第 11~13 章)	282
单元测试题 6(第 14~16 章)	286
下篇 综合测试题	293
第 1 部分 课程学习综合测试题	295
综合测试题 1	295

综合测试题 2	298
综合测试题 3	303
综合测试题 4	305
综合测试题 5	309
综合测试题 6	313
第 2 部分 考研水平测试题	319
水平测试题 1	319
水平测试题 2	323
水平测试题 3	327
水平测试题 4	332
水平测试题 5	338
水平测试题 6	342
水平测试题 7	346
附录	352
附录 1 单元测试题参考答案	352
附录 2 综合测试题参考答案	373
主要参考文献	424

上 篇

有机化学解读、解析和解答

第1章 绪 论

一、内容解读

要点

本章主要引导学生了解有机化学的研究对象和历史,提高学生学习有机化学的兴趣,同时了解有机化学在农林院校相关专业的重要性。

1. 有机化合物的特性

- (1) 数量庞大,结构复杂;
- (2) 大多数容易燃烧;
- (3) 熔点、沸点低;
- (4) 一般难溶于水,易溶于有机溶剂(为什么?);
- (5) 大多数不导电(日本科学家白川英树因为发现导电高分子材料而获得2000年诺贝尔化学奖);
- (6) 有机反应和无机反应相比,反应速率慢,副产物多。

2. 有机化合物的表示方法

有机化合物的表示方法也在发展。从高中所学的缩写式开始,有简化式、价线式和键线式。在以后的有机化学学习中,大多数化合物将用键线式表示。

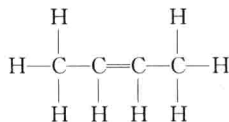
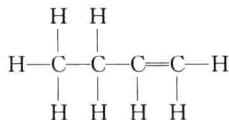
二、题例解析

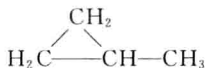
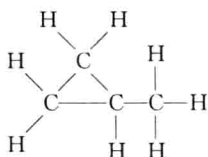
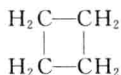
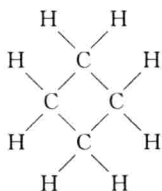
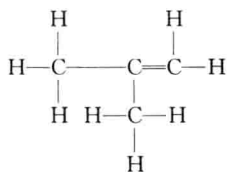
题例 1-1 用结构式的三种表示法写出 C_4H_8 的所有可能的结构式。

【解析】 价线式

结构简式

键线式





【点评】 该题涉及两个知识点：同分异构体和结构式的书写方法。

同分异构(广义上的结构异构)包括构造异构(狭义上的结构异构)和立体异构。分子式为 C_4H_8 的构造异构包括开链单烯烃和环烷烃两类,对开链单烯烃还要考虑官能团位置异构和碳链异构,而环烷烃则涉及环上碳原子的数目和取代基的种类、位置、数目。

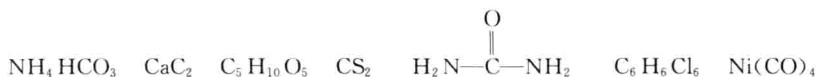
有机化合物的结构式的书写方法主要有价线式、缩写式和键线式。其中最常用的是缩写式(也称为结构简式),这种写法是将相同的氢原子合并,并在其右下角注明氢原子的数目,对相同的基团也可合并,并加括号以示区别。一般情况下,竖直位置上的侧链加短线与主链相连,水平位置碳链之间不加短横,但重键应画出重键数。至于键线式,省去了碳和氢的元素符号,若碳与其他原子或基团结合,则写出该原子或基团的符号,不能省略;对链状化合物,碳碳键之间画成 120° 夹角,重键画法同结构简式。

【注】 教材上的结构异构是指构造异构,为了与教材一致,本书在上篇、中篇、下篇及附录各部分内容中所提及的结构异构和结构式分别指构造异构和构造式。

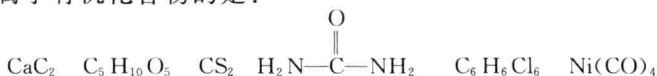
三、习题解答

(一) 问题解答

问题 1-1 下列物质中,哪些是有机化合物? 哪些是无机化合物?



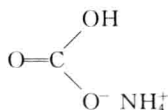
【解】 属于有机化合物的是:



属于无机化合物的是: NH_4HCO_3

【点评】 该题涉及的知识点是有机化合物的定义。判断一种化合物是否属于有机化合物,主要看分子中是否有碳碳、碳氢、碳氮、碳卤、碳硫和碳磷键。

NH_4HCO_3 的结构式为



其分子中不存在上述化学键,所以属于无机化合物;而 CaC_2 可以看作乙炔的钙盐,与水反应生成乙炔,因此属于有机化合物,反应式如下:



问题 1-2 下列物质中,哪些能溶于水? 哪些能溶于苯?

CH_3COOH (醋酸) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}_2$ (1-庚烯)

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ (硬脂酸) CCl_4 (四氯化碳) NH_4HCO_3 (碳酸氢铵)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ (丙酸钠)

【解】 能溶于水的物质是:醋酸,碳酸氢铵和丙酸钠;能溶于苯的物质是:1-庚烯,硬脂酸和四氯化碳。

【点评】 判断溶解度主要是依据相似相溶原理和分子间作用力与溶解度的关系。碳酸氢铵和丙酸钠属离子型化合物,与水分子间的亲和能力强,而醋酸分子中的羧基能与水分子形成氢键,且非极性基团(CH_3-)在分子中所占比例小,因此这3种化合物能溶于极性溶剂水。1-庚烯和四氯化碳属非极性分子,尽管硬脂酸分子中也有羧基,但因非极性基团 $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}-]$ 在分子中所占比例大,故属弱极性分子,所以这3种化合物只能溶于非极性溶剂苯。

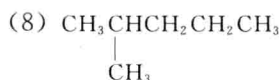
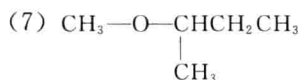
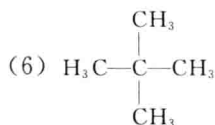
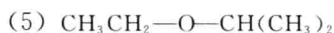
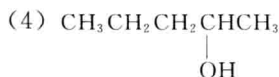
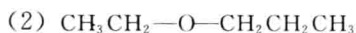
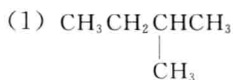
问题 1-3 用有机化合物结构式的三种表示法写出 C_4H_8 的所有可能的结

构式。

解答和点评见题例 1-1。

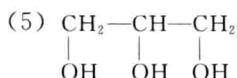
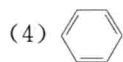
(二) 习题解答

1. 指出下列化合物中哪些化合物互为同分异构体?



【解】 (1), (3), (6) 互为同分异构体; (2), (4), (5), (7) 互为同分异构体。

2. 下列化合物哪些易溶于水? 哪些难溶于水?



【解】 化合物(1), (2), (5)易溶于水; 化合物(3), (4), (6)难溶于水。

3. 某化合物的实验式为 CH , 其相对分子质量为 78, 试推算出它的分子式。

【解】 该化合物的实验式为 CH , 其中碳原子和氢原子个数之比为 1, 其分子式应为 $(\text{CH})_n$ 。

该化合物的相对分子质量为 78, $n = \frac{78}{12+1} = 6$, 所以分子式为 C_6H_6 。

4. 某化合物的相对分子质量为 80, 其元素组成为 C 45%, H 7.5%, F 47.5%。试推算出它的分子式。

【解】 化合物中各元素原子的质量分数分别为 C 45%, H 7.5%, F 47.5%, 其和是 100%, 所以化合物中不含氧原子。

化合物中各元素原子数目之比:

$$\text{C} : \text{H} : \text{F} = \frac{45}{12.01} : \frac{7.5}{1.008} : \frac{47.5}{19.00} = 3.75 : 7.44 : 2.50 = 1.5 : 3.0 : 1.0 = 3 : 6 : 2$$

该化合物的相对分子质量为 80, 所以实验式即为分子式: $\text{C}_3\text{H}_6\text{F}_2$ 。

第2章 有机化合物的结构本质及构性关系

一、内容解读

(一) 要点

1. 共价键与有机化合物的分子结构

(1) 共价键的类型 由于成键原子的原子轨道之间重叠方式不同,形成了两种不同类型的共价键: σ 键和 π 键。有机化合物分子中的共价单键为 σ 键,共价双键和三键中除了有 σ 键外,还有 π 键。 σ 键较牢固,成键的两原子可绕 σ 键轴相对旋转; π 键比 σ 键活泼, π 键的存在限制了成键原子间的相对旋转。原子间成键方式不同,会造成共价键断裂的方式和难易程度不同,这一点对掌握各类有机化合物的化学性质极为重要。

(2) 杂化轨道的类型 涉及有机化合物中C,O,S,N,P,X(卤素)等原子的杂化轨道类型主要有 sp^3 , sp^2 , sp 三种。不同杂化状态碳原子的成键能力顺序为 $sp>sp^2>sp^3$,其电负性大小顺序为 $sp>sp^2>sp^3$ 。

(3) 共价键的属性 共价键的属性包括键长、键角、键能、键的极性和可极化性等。共价键的属性可反映出有机化合物分子共价键强度、立体形状、成键原子吸引电子的能力和受到诱导时改变键极性的能力,以及分子的化学反应活性。共价键的偶极矩、分子的偶极矩可分别用来量度键极性的方向和、分子极性的方向和。

2. 分子间作用力与有机化合物的物理性质

(1) 分子间作用力 分子间作用力包括取向力、诱导力和色散力。此外,还存在一种与氢原子有关的特殊作用力——氢键。

(2) 分子间作用力与有机化合物的物理性质 共价型有机化合物的分子间作用力越大,沸点、熔点和相对密度就越高。另外,分子的对称性也是影响有机化合物沸点、熔点和相对密度的重要因素。“相似相溶”对溶质在溶剂中的溶解性能来说,是极为有用的经验规律。

3. 有机化学反应

共价键的断裂方式是划分有机化学反应类型的依据之一。了解反应机理有助于解释有机化学反应的种种现象,便于理解和记忆。

4. 有机化合物结构与性质的关系

结构决定性质,性质又为结构的探索和确定提供线索和依据。有机化学的核心问题之一就是研究和掌握有机化合物的结构及结构与性质的关系,而有机化学近代结构理论在结构和性质之间架起了一座桥梁,“有机化合物的构性相关规则”则是阐明有机化合物结构与性质之间因果关系规律的重要工具。理解有机化学近代结构理论,把握住有机化合物分子结构特征及结构与性质的关系,是学好有机化学的一个极为重要的环节。

(二) 解读

1. 分子间作用力与有机化合物的物理性质

(1) 分子间作用力

分子间作用力也称为范德华力,包括取向力、诱导力和色散力。

① 取向力 极性分子之间存在取向力。极性分子存在固有偶极,由于固有偶极的取向产生的静电作用力称为取向力。分子极性越大,分子间距离越近,取向力就越大。

② 诱导力 极性分子之间、极性分子与非极性分子之间存在诱导力。在极性分子的固有偶极的诱导下,另一个极性分子或非极性分子产生诱导偶极,诱导偶极与极性分子固有偶极间的相互作用称为诱导力。分子极性越大,被诱导分子的变形性越大,分子间距离越小,诱导力就越大。

③ 色散力 极性分子之间、极性分子和非极性分子之间、非极性分子之间存在色散力。分子中的电子和原子核的不断运动产生瞬时偶极,瞬时偶极间的相互作用称为色散力。分子的变形性越大,分子间距离越小,分子间接触表面积越大,色散力就越大。

(2) 氢键

① 形成氢键的条件 氢原子半径最小,且只有一个 1s 电子,当氢原子与电负性很大、原子半径又很小的原子(F、O 和 N 等)以共价键相结合时,由于这些原子对成键电子的强烈吸引,使氢原子几乎变成裸露的质子而具有极强的吸电子能力,于是氢原子就可以与另一个电负性强、半径小且有未共用电子对的原子产生强烈的静电引力,这种吸引力就叫做氢键,通常用通式 $X-H\cdots Y$ 表示,X、Y 代表 F、O 和 N 等原子。

② 氢键的特点 氢键具有方向性和饱和性。方向性:氢键在形成时,为减小 X 与 Y 电子云间的斥力,总是尽可能使这两个原子相距最远,从而使形成的氢键更稳定。饱和性:由于 X 和 Y 的存在,会对另一个企图靠近的含 X 或 Y 的分子产生强烈的排斥作用,使 $X-H\cdots Y$ 上的这个氢原子不可能再形成第二个