

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

УЧЕБНИК ДЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

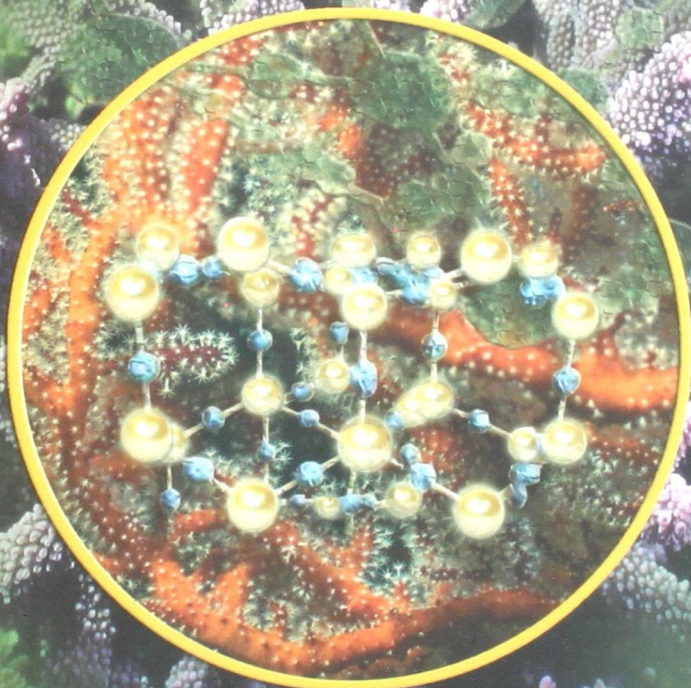
13-6010  
9изд. Т.1

В. Ф. Травень

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

I

22-01350



**В. Ф. Травень**

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**в трех томах**

**I**

**9-е издание**

Допущено  
Учебно-методическим объединением  
по классическому образованию в качестве учебного  
пособия для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности 020201 –  
фундаментальная и прикладная химия



**Москва**  
**Лаборатория знаний**

УДК 547(075.8)  
ББК 24.2я73  
Т65

*Серия основана в 2009 г.*

**Травень В. Ф.**

**Т65** Органическая химия : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 9-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2022. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы).

ISBN 978-5-93208-283-6 (Т. I)

ISBN 978-5-93208-282-9

Первое издание учебника «Органическая химия», изданного в 2004 году, получило заслуженное признание среди студентов и преподавателей. Вместе с тем переход на двухуровневую систему высшего образования предъявляет новые требования к содержанию учебников, что явилось причиной существенной переработки книги. В настоящем переработанном издании учебный материал систематизирован с учетом степени глубины изучения предмета: для начального освоения дисциплины в основных разделах излагаются фундаментальные сведения, а специализирующимся в области органической химии и продолжающим обучение после получения степени бакалавра адресованы разделы «Для углубленного изучения». Издание учебника подготовлено в комплекте с задачником (В. Ф. Травень, А. Ю. Сухоруков, Н. А. Пожарская «Задачи по органической химии») и практикумом (В. Ф. Травень, А. Е. Щекотихин «Практикум по органической химии»). Данный набор учебных изданий обеспечивает двухуровневое изложение учебного материала и не имеет аналогов.

Для студентов, аспирантов и преподавателей химических факультетов университетов и химико-технологических вузов.

УДК 547(075.8)  
ББК 24.2я73

---

*Учебное издание*

Серия: «Учебник для высшей школы»

**Травень Валерий Федорович**

**ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Учебное пособие для вузов**

**В трех томах**

**Том I**

Ведущий редактор канд. хим. наук *Д. К. Новикова*  
Технический редактор *Е. В. Денюкова*. Корректор *Е. Н. Клитина*  
Компьютерная верстка: *Т. Э. Вукова*

Подписано в печать 11.11.21. Формат 70 × 100/16.

Усл. печ. л. 29,9. Заказ 8545

Издательство «Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: [info@pilotLZ.ru](mailto:info@pilotLZ.ru), <http://www.pilotLZ.ru>

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография»

Филиал «Чеховский Печатный Двор»

142300, Московская область, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

Сайт: [www.chpd.ru](http://www.chpd.ru), E-mail: [sales@chpd.ru](mailto:sales@chpd.ru), тел. 8(499)270-73-59

---

ISBN 978-5-93208-283-6 (Т. I)  
ISBN 978-5-93208-282-9

© Лаборатория знаний, 2022

---

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ко второму изданию .....	9
ПРЕДИСЛОВИЕ к первому изданию .....	11
От автора .....	13
Сокращения и обозначения .....	15
ВВЕДЕНИЕ .....	17

## ТОМ I

<b>Глава 1. ПРИРОДА КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ. КИСЛОТЫ И ОСНОВАНИЯ</b> .....	23
1.1. Классификация органических соединений .....	23
1.2. Номенклатура органических соединений .....	27
1.2.1. Тривиальная номенклатура .....	27
1.2.2. Рациональная номенклатура .....	27
1.2.3. Систематическая номенклатура ИЮПАК .....	27
1.2.4. Радикало-функциональная номенклатура .....	32
1.3. Природа ковалентной связи .....	32
1.3.1. Атомные орбитали .....	32
1.3.2. Правило октетов и формулы Льюиса .....	35
1.3.3. Способы образования ковалентной связи .....	36
1.3.4. Заряды на атомах .....	38
1.4. Гибридизация атомных орбиталей и форма органических молекул .....	39
1.4.1. $sp^3$ -Гибридизация .....	40
1.4.2. $sp^2$ -Гибридизация .....	41
1.4.3. $sp$ -Гибридизация .....	42
1.5. Параметры ковалентной связи .....	43
1.5.1. Энергия связи .....	43
1.5.2. Длина связи. Ковалентный радиус атома .....	44
1.5.3. Полярность связи .....	45
1.5.4. Поляризуемость связи .....	47
1.5.5. Ван-дер-ваальсов радиус атома .....	48
1.6. Электронные эффекты. Резонанс .....	49
1.6.1. Индуктивный эффект .....	49
1.6.2. Эффекты сопряжения .....	52
1.6.3. Резонанс .....	55

1.7. Межмолекулярные взаимодействия в органических соединениях	57
1.7.1. Дисперсионные взаимодействия	58
1.7.2. Водородные связи	59
1.8. Природа ковалентной связи с позиций теории молекулярных орбиталей	60
1.8.1. Основные положения теории молекулярных орбиталей	60
1.8.2. Простой метод Хюккеля (метод МОХ)	63
1.9. Классификация органических реакций	69
1.9.1. Классификация по типу превращения субстрата	69
1.9.2. Классификация по типу активирования	72
1.9.3. Классификация по характеру разрыва связей	72
1.10. Одноэлектронные реакции	76
1.10.1. Потенциалы ионизации	77
1.10.2. Электронное сродство органических молекул	78
1.10.3. «Жесткие» и «мягкие» электронные оболочки молекул	80
1.11. Кислоты и основания. Теория Брёнстеда	81
1.11.1. Кислоты Брёнстеда	81
1.11.2. Основания Брёнстеда	88
1.11.3. Термодинамический контроль органических реакций	89
1.11.4. Влияние сольватации на кислотно-основные равновесия	91
1.12. Обобщенная теория кислот и оснований.	
Кислотно-основные реакции Льюиса	95
1.12.1. Кислоты Льюиса	95
1.12.2. Основания Льюиса	95
1.12.3. Кислотно-основные реакции Льюиса. Карбокатионы	96
1.13. Концепция механизма органической реакции	100
1.13.1. Механизм	100
1.13.2. Кинетика	102
1.13.3. Кинетический контроль органической реакции	104
1.14. Кислотно-основные реакции с позиций теории молекулярных орбиталей	106
1.14.1. «Жесткие» и «мягкие» реагирующие системы	106
1.14.2. Зарядовый и орбитальный контроль органической реакции	108
1.14.3. Концепция граничных орбиталей	110
<i>Для углубленного изучения</i>	112
Количественное описание эффектов заместителей и реакционной способности: ор-анализ	112
<i>Дополнения</i>	118
Органическая химия и жизнь	118
<b>Глава 2. АЛКАНЫ</b>	121
2.1. Номенклатура и изомерия	122
2.2. Способы получения	124
2.2.1. Алканы в природе. Природные источники	124
2.2.2. Методы синтеза	125

2.3. Физические свойства и строение .....	127
2.3.1. Физические свойства .....	127
2.3.2. Пространственное строение .....	129
2.3.3. Электронное строение. Потенциалы ионизации и электронное сродство .....	132
2.4. Радикальные реакции .....	135
2.4.1. Хлорирование метана .....	135
2.4.2. Хлорирование гомологов метана. Устойчивость свободных радикалов .....	138
2.4.3. Реакции алканов с другими галогенами .....	143
2.4.4. Другие радикальные реакции .....	145
2.5. Теплоты образования молекул и теплоты реакций .....	150
2.5.1. Теплоты сгорания, теплоты образования и стабильность органических молекул .....	150
2.5.2. От энергий связей к теплотам реакций .....	153
Для углубленного изучения .....	155
Радикальные реакции .....	155
Ионные реакции .....	156
Реакции в присутствии соединений переходных металлов .....	159
Дополнения .....	160
Инициаторы и ингибиторы радикальных реакций в химии и биологии .....	160
<b>Глава 3. СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ .....</b>	<b>165</b>
3.1. Соединения с одним хиральным центром .....	165
3.1.1. Хиральные атомы и молекулы .....	165
3.1.2. Оптическая активность .....	169
3.1.3. Способы изображения энантимеров .....	171
3.1.4. <i>D,L</i> -Номенклатура .....	172
3.1.5. <i>R,S</i> -Номенклатура .....	175
3.2. Соединения с двумя хиральными центрами .....	179
3.2.1. Соединения с двумя разными хиральными центрами .....	180
3.2.2. Соединения с двумя одинаковыми хиральными центрами .....	181
3.3. Химические реакции и стереоизомерия .....	183
3.4. Методы разделения смесей энантимеров .....	184
Для углубленного изучения .....	185
Может ли прохиральная реакция быть стереоселективной? .....	185
Дополнения .....	190
Хиральность и биологическая активность. Хиральные лекарства .....	190
<b>Глава 4. ЦИКЛОАЛКАНЫ .....</b>	<b>194</b>
4.1. Номенклатура. Геометрическая изомерия .....	194
4.2. Способы получения .....	196
4.3. Физические свойства и строение .....	199
4.3.1. Типы напряжений и природа связей .....	199
4.3.2. Пространственное строение .....	201
4.3.3. Природа связей в циклопропане .....	203

4.4. Реакции .....	205
4.4.1. Реакции с водородом .....	206
4.4.2. Реакции с минеральными кислотами .....	206
4.4.3. Реакции с галогенами .....	207
4.5. Стереизомерия замещенных циклоалканов .....	208
4.5.1. Монозамещенные циклоалканы .....	208
4.5.2. Дизамещенные циклоалканы .....	209
<i>Для углубленного изучения</i> .....	212
Радикальные реакции циклоалканов .....	212
Ионные перегруппировки циклоалканов .....	213
Стереоселективные реакции получения замещенных циклогексанов .....	217
<i>Дополнения</i> .....	219
Терпены и стероиды. Душистые вещества и половые гормоны .....	219
<b>Глава 5. АЛКЕНЫ</b> .....	223
5.1. Номенклатура и изомерия .....	223
5.2. Способы получения .....	225
5.3. Физические свойства и строение .....	229
5.3.1. Физические свойства .....	229
5.3.2. Электронное строение. Потенциалы ионизации и электронное строение .....	231
5.4. Реакции .....	233
5.4.1. Электрофильное присоединение .....	233
5.4.2. Радикальное присоединение .....	257
5.4.3. Радикальное замещение .....	260
5.4.4. Гидрирование .....	262
5.4.5. Окисление .....	266
5.4.6. Присоединение карбенов и карбеноидов .....	274
5.4.7. Полимеризация .....	277
<i>Для углубленного изучения</i> .....	282
Реакции алкенов с другими электрофильными реагентами .....	282
Реакции алкенов с активированными электрофильными реагентами .....	286
Энантиоселективные реакции дигидроксилирования и эпоксицирования .....	289
<i>Дополнения</i> .....	292
Биоразлагаемые полимеры .....	292
<b>Глава 6. АЛКИНЫ</b> .....	296
6.1. Номенклатура .....	296
6.2. Способы получения .....	297
6.3. Физические свойства и строение .....	300
6.3.1. Физические свойства .....	300
6.3.2. Пространственное и электронное строение .....	300

<b>6.4. Реакции</b> .....	302
6.4.1. Кислотность алкинов и нуклеофильные свойства ацетиленидов	302
6.4.2. Потенциалы ионизации и электронное сродство	305
6.4.3. Электрофильное присоединение	306
6.4.4. Нуклеофильное присоединение	314
6.4.5. Стереоселективное восстановление алкинов	317
6.4.6. Окисление	319
6.4.7. Олигомеризация и полимеризация	320
<i>Для углубленного изучения</i> .....	322
Другие реакции винилборанов	322
Реакции кросс-сочетания алкинов	323
<i>Дополнения</i> .....	325
Феромоны. Как общаются насекомые	325
 <b>Глава 7. ДИЕНЫ</b> .....	328
7.1. Классификация и номенклатура	328
7.2. Способы получения	331
7.3. Физические свойства и строение	333
7.3.1. Физические свойства	333
7.3.2. Пространственное и электронное строение 1,3-бутадиена	333
7.4. Реакции	337
7.4.1. Электрофильное присоединение к сопряженным диенам	337
7.4.2. Свободнорадикальное присоединение к сопряженным диенам	342
7.4.3. Окисление сопряженных диенов	343
7.4.4. Гидрирование сопряженных диенов	343
7.4.5. Полимеризация сопряженных диенов	343
7.4.6. Перициклические реакции сопряженных диенов и полиенов	345
<i>Для углубленного изучения</i> .....	350
Орбитальный контроль и стереоспецифичность электроциклических реакций	350
Орбитальный контроль и стереоспецифичность реакций циклоприсоединения	354
Реакции циклоприсоединения ионных реагентов	358
<i>Дополнения</i> .....	359
Фотохимия. Механизм зрения и природа цвета	359
 <b>Литература</b> .....	365

## ТОМ II

### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

**Глава 8. АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. КРИТЕРИИ АРОМАТИЧНОСТИ**

**Глава 9. ЭЛЕКТРОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ В АРОМАТИЧЕСКОМ РЯДУ**

**Глава 10. АЛКИЛ- И АЛКЕНИЛБЕНЗОЛЫ**



*Глава 11.* ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

*Глава 12.* ВВЕДЕНИЕ В ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ. СПЕКТРАЛЬНЫЕ  
МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

*Глава 13.* ГАЛОГЕНПРОИЗВОДНЫЕ АЛКАНОВ

*Глава 14.* ГАЛОГЕНАЛКЕНЫ И ГАЛОГЕНАРЕНЫ

*Глава 15.* ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

*Глава 16.* СПИРТЫ

*Глава 17.* ФЕНОЛЫ

*Глава 18.* ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ. ЦИКЛИЧЕСКИЕ ЭФИРЫ

*Глава 19.* АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

## ТОМ III

### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

*Глава 20.* КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

*Глава 21.* СУЛЬФОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

*Глава 22.* НИТРОСОЕДИНЕНИЯ

*Глава 23.* АМИНЫ

*Глава 24.* ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯ

*Глава 25.* ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

*Глава 26.* УГЛЕВОДЫ

*Глава 27.* АМИНОКИСЛОТЫ, ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

*Глава 28.* НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ**