

УЧЕБНИК ДЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

М. А. Юровская

ХИМИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО

БИНОМ

УЧЕБНИК ДЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

М. А. Юровская

**ХИМИЯ
АРОМАТИЧЕСКИХ
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ**



Москва
БИНОМ. Лаборатория знаний

УДК 547
ББК 24.236я73
Ю78

Серия основана в 2009 г.

Юровская М. А.

Ю78 Химия ароматических гетероциклических соединений / М. А. Юровская. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 208 с. : ил. — (Учебник для высшей школы).

ISBN 978-5-9963-0537-7

В учебном пособии, написанном профессором химического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, приведены сведения о методах получения и химических свойствах основных классов ароматических гетероциклических соединений. Рассмотрены классические и специальные методы, которые включают последние достижения в области металлокомплексного катализа, реакций циклоприсоединения, фотохимических, многокомпонентных и каскадных процессов и др.

Для студентов и преподавателей химических специальностей.

УДК 547
ББК 24.236я73

Учебное издание

Серия: «Учебник для высшей школы»

Юровская Марина Абрамовна

ХИМИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Научный редактор канд. хим. наук *Т. И. Почкаева*

Ведущий редактор *Л. Н. Коробкова*

Художник *Н. А. Новак*

Технический редактор *Е. В. Денюкова*. Корректор *Е. Н. Клитина*

Компьютерная верстка: *В. А. Носенко*

Подписано в печать 09.09.14. Формат 70×100/16.

Усл. печ. л. 16,9. Тираж 500 экз. Заказ 5139.

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499)157-5272, e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

Отпечатано способом ролевой струйной печати

в ОАО «Первая Образцовая типография»

Филиал «Чеховский Печатный Двор»

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

Сайт: www.chpd.ru, E-mail: sales@chpd.ru, т/ф. 8(496)726-54-10

ISBN 978-5-9963-0537-7

© БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015

Содержание

Предисловие	3
1. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом	5
1.1. Методы синтеза пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом	6
1.1.1. Общие методы синтеза с образованием связи C–X	7
1.1.2. Специфические методы синтеза с образованием связи C–X.	10
1.1.3. Синтезы с образованием связи C ₍₃₎ –C ₍₄₎	17
1.1.4. Образование связи C ₍₂₎ –C ₍₃₎	25
1.1.5. Образование связей C ₍₂₎ –C ₍₃₎ и C ₍₄₎ –C ₍₅₎	27
1.2. Химические свойства пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом	29
1.2.1. Химические свойства пирролов	29
1.2.2. Химические свойства фуранов	33
1.2.3. Химические свойства тиафенов	36
Литература	38
2. Конденсированные пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом	40
2.1. Индолы	40
2.1.1. Синтезы индолов	40
2.1.1.1. Аннелирование пиррольного кольца	40
2.1.1.1.1. Образование связи C ₍₂₎ –N	40
2.1.1.1.2. Образование связи C ₍₃₎ –C _(3a)	50
2.1.1.1.3. Образование связи C ₍₂₎ –C ₍₃₎	63
2.1.1.1.4. Образование связи C _(7a) –N	68
2.1.1.1.5. Образование связей C ₍₃₎ –C _(3a) и C ₍₂₎ –N	70
2.1.1.2. Аннелирование бензольного кольца к пиррольному	70
2.1.1.3. Одновременное образование бензольного и пиррольного колец	77
2.1.2. Химические свойства индолов	81
2.2. Бензофураны и бензотиафены	85
2.2.1. Общие методы синтеза	85
2.2.1.1. Образование связи C ₍₃₎ –C _(3a)	85
2.2.1.2. Образование связи C ₍₂₎ –C ₍₃₎	85
2.2.2. Специфические методы синтеза	86
2.3. Изоиндолы	87
2.3.1. Построение пиррольного кольца	87

2.3.1.1. Образование связи C–N	87
2.3.1.2. Образование связи $C_{(1)}-C_{(1a)}$	88
2.3.1.3. Образование связей $C_{(1)}-C_{(1a)}$ и $C_{(3)}-C_{(3a)}$	89
2.3.2. Построение бензольного кольца	90
2.4. Индолизины	90
2.4.1. Образование связи $C_{(1)}-C_{(2)}$	91
2.4.2. Образование связи $C_{(2)}-C_{(3)}$	93
2.4.3. Конкурентное образование связей $C_{(1)}-C_{(2)}$ или $C_{(2)}-C_{(3)}$ при обработке солей N-β-оксоалкил-2-алкилпиридиния ангидридами кислот в присутствии оснований	94
2.4.4. Образование связи $C_{(3)}-N$	95
2.4.5. Образование связи $C_{(1)}-C_{(8a)}$	97
2.4.6. Образование связей $C_{(1)}-C_{(8a)}$ и $C_{(2)}-C_{(3)}$	97
2.5. Химические свойства конденсированных пятичленных гетероциклов	98
2.5.1. Химические свойства бензофуранов	98
2.5.2. Химические свойства бензотиофенов	99
2.5.3. Химические свойства изоиндолов	101
2.5.4. Химические свойства индолизинов	101
Литература	102
3. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами	105
3.1. 1,2-Азолы	105
3.1.1. Образование связей $C_{(3)}-N$ и $X-C_{(5)}$	105
3.1.2. Образование связей $C_{(3)}-C_{(4)}$ и $C_{(5)}-X$	108
3.1.3. Образование связи N–X	110
3.1.4. Рециклизации других гетероциклов	112
3.1.5. Образование связей C–N или C–X	113
3.2. 1,3-Азолы	116
3.2.1. Методы синтеза	116
3.2.1.1. Образование связей C–N и C–X	116
3.2.1.2. Синтез 1,3-азолов из фрагментов $C_{(4)}-C_{(5)}-N_{(1)}$ и $C_{(2)}-N$	117
3.2.1.3. Образование связи $C_{(4)}-N$	119
3.3. Химические свойства азолов	120
3.3.1. Химические свойства 1,2-азолов	120
3.3.2. Химические свойства 1,3-азолов	122
Литература	126
4. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом	128
4.1. Пиридины	128
4.1.1. Методы синтеза	128
4.1.1.1. Образование связи C–N	128
4.1.1.2. Образование связи $C_{(2)}-C_{(3)}$	133
4.1.1.3. Образование связи $C_{(3)}-C_{(4)}$	135

4.1.1.4. Одновременное образование связей $C_{(2)}-C_{(3)}$ и $C_{(3)}-C_{(4)}$	139
4.1.1.5. Одновременное образование связей $C_{(2)}-C_{(3)}$ и $C_{(4)}-C_{(5)}$	140
4.1.1.6. Образование связей $C_{(3)}-C_{(4)}$ + $C_{(4)}-C_{(5)}$ + C-N	142
4.1.2. Химические свойства пиридина	144
4.2. Азаиндолы	151
4.2.1. Синтезы азаиндолов	151
4.2.2. Химические свойства азаиндолов	153
4.3. Соли пирилия и пироны	155
4.3.1. Методы синтеза	156
4.3.1.1. Образование связи C-O	156
4.3.1.2. Образование связей $C_{(3)}-C_{(4)}$ и $C_{(4)}-C_{(5)}$ и C-O	156
4.3.1.3. Образование связей $C_{(3)}-C_{(4)}$ и C-O	159
4.3.1.4. Образование связей $C_{(4)}-C_{(5)}$ и C-O	159
Литература	160
5. Конденсированные шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом	162
5.1. Хинолины	162
5.1.1. Методы синтеза	162
5.1.1.1. Образование связи N-C ₍₂₎	162
5.1.1.2. Образование связи $C_{(3)}-C_{(4)}$	163
5.1.1.3. Образование связи $C_{(4)}-C_{(4a)}$	164
5.2. Изохинолины	169
5.2.1. Методы синтеза	170
5.2.1.1. Образование связи C-N	170
5.2.1.2. Образование связи $C_{(1)}-C_{(1a)}$	170
5.2.1.3. Образование связи $C_{(4)}-C_{(4a)}$	172
5.3. Химические свойства хинолинов и изохинолинов	174
Литература	178
6. Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами	180
6.1. Пиримидины	180
6.1.1. Методы синтеза	180
6.1.2. Химические свойства производных пиримидина	185
6.2. Пиридазины	189
6.2.1. Методы синтеза	190
6.2.2. Химические свойства пиридазинов	193
6.3. Пиразины	195
6.3.1. Методы синтеза	195
6.3.2. Химические свойства пиразинов	197
6.4. Пурины	198
6.4.1. Методы синтеза	199
6.4.2. Химические свойства пуринов	201
Литература	204