

УНИВЕРСИТЕТЫ РОССИИ



И. Н. Бекман

# НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

УЧЕБНИК

2-е издание



СООТВЕТСТВУЕТ  
ПРОГРАММАМ  
ВЕДУЩИХ НАУЧНО-  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ШКОЛ

**Юрайт**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)

**И. Н. Бекман**

# **НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

**УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРИАТА И МАГИСТРАТУРЫ**

**2-е издание, исправленное и дополненное**

**Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)**

**Москва • Юрайт • 2017**

УДК 539.16(075.8)

ББК 24.13я73

Б42

**Автор:**

**Бекман Игорь Николаевич** — профессор, доктор химических наук, профессор кафедры радиохимии химического факультета, заслуженный профессор Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

**Рецензенты:**

*Сергиевский В. В.* — доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой общей химии факультета технической физики Национального исследовательского университета «МИФИ»;

*Афанасов М. И.* — доктор химических наук, профессор кафедры радиохимии химического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

**Бекман, И. Н.**

Б42 Неорганическая химия. Радиоактивные элементы : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 399 с. — Серия : Университеты России.

ISBN 978-5-534-00978-1

Серия «Университеты России» позволит высшим учебным заведениям нашей страны использовать в образовательном процессе учебники и учебные пособия по различным дисциплинам, подготовленные преподавателями лучших университетов России и впервые опубликованные в издательствах университетов. Все представленные в этой серии учебники прошли экспертную оценку учебно-методического отдела издательства и публикуются в оригинальной редакции.

Учебник содержит систематические сведения о ядерно-физических, физических, химических и токсикологических свойствах всех известных в настоящее время радиоактивных элементов, т.е. элементов, не имеющих стабильных изотопов. Существенное внимание уделено добыче природных элементов, их очистке и обогащению по требуемому изотопу, методам синтеза техногенных радионуклидов (на ядерных реакторах, ускорителях и лабораторных генераторах) и соединений на их основе, а также применению радиоактивных элементов в различных областях науки, техники и медицины. Описаны методы «мгновенной химии», позволяющие исследовать свойства ультракороткоживущих элементов в количестве одного атома.

*Учебник может быть использован для подготовки специалистов в области ядерной индустрии, радиохимии, неорганической, аналитической, медицинской и экологической химии.*

УДК 539.16(075.8)

ББК 24.13я73



*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».*

ISBN 978-5-534-00978-1

© Бекман И. Н., 2014

© Бекман И. Н., 2016, с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2017

## Оглавление

Предисловие .....	5
Основные сокращения, используемые в книге .....	6
Введение.....	7
<b>1. Производство радиоактивных элементов и изотопов .....</b>	<b>10</b>
1.1. Синтез радионуклидов в ядерном реакторе.....	10
1.2. Синтез изотопов на ускорителях заряженных частиц .....	22
1.3. Производство изотопов на лабораторных генераторах.....	26
<b>2. Доактинидные элементы .....</b>	<b>29</b>
2.1. Технеций.....	29
2.2. Прометий.....	71
2.3. Полоний.....	73
2.4. Астат.....	81
2.5. Радон.....	84
2.6. Франций.....	90
2.7. Радий.....	93
<b>3. Актиний и актиниды .....</b>	<b>108</b>
3.1. Актиний .....	108
3.2. Актиниды.....	112
<b>4. Элементы семейства актинидов .....</b>	<b>128</b>
4.1. Торий .....	128
4.2. Протактиний .....	164
4.3. Уран.....	171
4.4. Нептуний.....	244
4.5. Плутоний.....	275
4.6. Америций.....	337
4.7. Кюрий.....	348
4.8. Берклий.....	354
4.9. Калифорний .....	357
4.10. Эйнштейний.....	361
4.11. Фермий.....	364
4.12. Менделевий.....	365
4.13. Нобелий.....	367
4.14. Лоуренсий.....	368
<b>5. Трансактинидные элементы .....</b>	<b>369</b>
5.1. Сверхтяжёлые элементы.....	369
5.2. Резерфордий.....	384
5.3. Дубний.....	386
5.4. Сиборгий .....	387

5.5. Борий .....	388
5.6. Хассий.....	389
5.7. Мейтнерий .....	390
5.8. Дармштатий.....	390
5.9. Рентгений .....	391
5.10. Коперниций.....	392
5.11. Нихоний .....	393
5.12. Флеровий .....	394
5.13. Московий .....	395
5.14. Ливерморий.....	395
5.15. Теннесин.....	396
5.16. Оганессон .....	397
<b>Рекомендованная литература .....</b>	<b>398</b>
<b>Новые издания по дисциплине «Атомная физика» и смежным дисциплинам .....</b>	<b>399</b>