

Б.И.С.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева

В. В. Кузнецов, Е. А. Филатова, А. А. Алекса

**ХИМИЯ *p*-ЭЛЕМЕНТОВ
ЭЛЕМЕНТЫ 15 ГРУППЫ**

Второе издание, переработанное

Рекомендовано Федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 04.00.00 Химия в качестве учебника для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования уровня магистратура по направлению подготовки 04.04.01

Москва
2019

УДК 546(075)

ББК 24.12я7

К891

Рецензенты:

Доктор химических наук, профессор Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева

А. И. Михайличенко

Кандидат химических наук, профессор Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева

С. Н. Смарыгин

Кузнецов В. В.

К891

Химия *p*-элементов. Элементы 15 группы: учеб. пособие/ В. В. Кузнецов, Е. А. Филатова, А. А. Алекса; под ред. В. В. Кузнецова. – 2 изд., перераб. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2019. – 312 с. ISBN 978-5-7237-1724-4

Систематически описана химия элементов 15 группы Периодической системы Д. И. Менделеева. В конце каждого раздела приведены вопросы для самостоятельной проработки. Представлен подробный библиографический список, позволяющий обратиться к оригинальной литературе.

Предназначено для углубленного изучения неорганической химии студентами, специализирующимися по направлению «Химия» по программе магистратуры (курс «Избранные главы неорганической химии»). Во втором издании исправлен ряд неточностей, некоторые разделы дополнены и расширены.

УДК 546(075)

ББК 24.12я7

Учебное издание

КУЗНЕЦОВ Виталий Владимирович

ФИЛАТОВА Елена Алексеевна

АЛЕКСА Александра Анатольевна

ХИМИЯ *p*-ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕМЕНТЫ 15 ГРУППЫ

Редактор Н. А. Заходякина

Подписано в печать 21.10.2019. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 18,1. Уч.-изд. л. 20,0. Тираж 100 экз. Заказ 111

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева

Издательский центр

Адрес университета и издательского центра:

125047 Москва, Миусская пл., 9

ISBN 978-5-7237-1724-4 © Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2019
© Кузнецов В. В., Филатова Е. А., Алекса А. А., 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Общая характеристика элементов 15 группы.....	6
2. Азот.....	11
2.1 Распространённость и нахождение в природе.....	11
2.2 Элементный азот.....	13
2.2.1 Получение азота.....	13
2.2.2 Строение молекулы диазота (N_2) и его химические свойства.....	15
2.3 Валентные возможности и стереохимия соединений азота.....	17
2.4 Координационные соединения молекулярного азота.....	18
2.5 Нитриды и нитридокомплексы.....	26
2.6 Водородные соединения азота.....	30
2.6.1 Аммиак и соли аммония.....	32
2.6.2 Гидразин и соли гидразиния.....	43
2.6.3 Гидроксиламин и его производные.....	51
2.6.4 Азид водорода и азиды металлов.....	56
2.6.5 Другие гидриды азота.....	60
2.7 Кислородные соединения азота.....	60
2.7.1 Оксиды азота.....	62
2.7.2 Кислородсодержащие кислоты азота и их соли.....	91
2.8 Соединения азота с галогенами.....	119
2.9 Контрольные задания по разделу «Азот».....	126
3. Фосфор.....	132
3.1 Распространённость и нахождение в природе.....	133
3.2 Элементный фосфор.....	135
3.2.1 Получение фосфора.....	135
3.2.2 Аллотропные модификации фосфора.....	138
3.2.3 Химические свойства фосфора.....	142
3.3 Стереохимия соединений фосфора. Координационные соединения молекулярного фосфора.....	145
3.4 Фосфиды.....	153
3.5 Водородные соединения фосфора.....	158
3.6 Кислородные соединения фосфора.....	164
3.6.1 Оксиды фосфора.....	166
3.6.2 Кислородсодержащие кислоты фосфора и их соли.....	172

3.7 Соединения фосфора с галогенами.....	206
3.7.1 Тригалогениды фосфора.....	206
3.7.2 Тетрагалогениды дифосфора.....	210
3.7.3 Пентагалогениды фосфора.....	212
3.7.4 Оксогалогениды фосфора.....	215
3.8 Соединения фосфора с серой.....	217
3.9 Соединения фосфора с азотом.....	223
3.9.1 Бинарные соединения фосфора с азотом.....	224
3.9.2 Фосфазаны, фосфазены, фосфазины.....	225
3.10 Контрольные задания по разделу «Фосфор».....	231
4. Мышьяк, сурьма, висмут.....	235
4.1 Распространённость и нахождение в природе.....	237
4.2 Элементные мышьяк, сурьма, висмут.....	238
4.2.1 Получение мышьяка, сурьмы, висмута.....	238
4.2.2 Аллотропные модификации элементов подгруппы мышьяка.....	242
4.2.3 Химические свойства элементов подгруппы мышьяка.....	244
4.3 Стереохимия элементов подгруппы мышьяка.....	247
4.4 Арсениды, антимониды, висмутиды.....	250
4.5 Водородные соединения элементов подгруппы мышьяка.....	254
4.6 Оксиды, гидроксиды, соли и координационные соединения элементов подгруппы мышьяка.....	257
4.6.1 Соединения в степени окисления +3.....	260
4.6.2 Соединения в степени окисления +5.....	273
4.7 Галогениды элементов подгруппы мышьяка.....	277
4.7.1 Тригалогениды.....	278
4.7.2 Пентагалогениды.....	282
4.7.3 Низшие галогениды.....	286
4.7.4 Галогенидные комплексы.....	288
4.7.5 Оксогалогениды.....	292
4.8 Сульфиды элементов подгруппы мышьяка.....	294
4.9 Кластерные соединения элементов подгруппы мышьяка.....	301
4.10 Контрольные задания по разделу «Мышьяк, сурьма, висмут».....	303
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	308