



ЛУЧШИЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ УЧЕБНИК

Н. ГРИНВУД
А. ЭРНШО

3	4	5	6	7
Li	B			
ЛИТИЙ	БЕРИЛЛИЙ			
22,989768	24,3058			
11	12			
Na	Mg			
НАТРИЙ	МАГНИЙ			
22,989768	44,955910	47,88		
20	21	22		
Ca	Sc			
КАЛЬЦИЙ	СКАНДИЙ			
40,078	44,955910	47,88		

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

1



ЛУЧШИЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ УЧЕБНИК

Н. Гринвуд, А. Эрншо

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

В двух томах

1

3-е издание

Перевод с английского
профессора, д-ра хим. наук В. А. Михайлова,
профессор, д-ра хим. наук Е. В. Савинкиной,
канд. хим. наук Ю. И. Азимовой,
канд. хим. наук Е. Э. Григорьевой,
Н. М. Логачевой,
канд. хим. наук Л. Ю. Аликперовой



Москва
БИНОМ. Лаборатория знаний

УДК 541
ББК 24.12я2
Г82

Серия основана в 2006 г.

Гринвуд Н.

Г82 Химия элементов : в 2 т. Т. 1 / Н. Гринвуд, А. Эрншо ; пер. с англ. — 3-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 607 с. : ил. — (Лучший зарубежный учебник).

ISBN 978-5-9963-1733-2 (Т. 1)

ISBN 978-5-9963-1732-5

В фундаментальном учебном издании английских авторов химия элементов представлена как развивающаяся дисциплина, объединяющая разные области науки — неорганическая, аналитическая, теоретическая, металлоорганическая, бионеорганическая химия и химическая технология. Огромный фактический материал изложен в рамках современных теоретических концепций. Вводные главы посвящены общим вопросам: происхождение и распространённость элементов, периодичность изменения химических свойств в зависимости от положения элемента в Периодической системе. В последующих главах систематически изложена химия одного из элементов или группы родственных элементов. Книга хорошо иллюстрирована, содержит обширный справочный материал и подробную библиографию.

В русском издании книга выходит в двух томах. Том 1 включает главы 1–14.

Для студентов старших курсов, аспирантов и преподавателей химических факультетов и вузов, а также научных сотрудников и широкого круга специалистов.

УДК 541
ББК 24.12я2

Учебное издание

Серия: «Лучший зарубежный учебник»

**Гринвуд Норман
Эрншо Алан**

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

В двух томах

Том 1

Ведущий редактор канд. хим. наук *Т. И. Почкаева*. Редактор канд. хим. наук *Е. Э. Григорьева*

Художники *И. Е. Марев, Н. А. Новак*

Технический редактор *Е. В. Денюкова*

Компьютерная верстка: *О. А. Пелипенко*

Подписано в печать 22.07.14. Формат 84×108/16.

Усл. печ. л. 63,84. Тираж 1500 экз. Заказ № 1028.

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

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

При участии ООО Агентство печати «Столица»

www.apstolica.ru; e-mail: apstolica@bk.ru

Отпечатано в ОАО «Областная типография «Печатный двор».

432049, г. Ульяновск, ул. Пушкирева, 27.

Copyright © 1984, 1997, Elsevier Ltd. All rights reserved
This edition of *Chemistry of the Elements* by
N. N. Greenwood and A. Earnshaw, ISBN 978-0750633659, is
published by arrangement with Elsevier Ltd, The Boulevard,
Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, England.
Это издание *Chemistry of the Elements* авторов
Н. Н. Гринвуда и А. Эрншо опубликовано в соответствии
с соглашением с издательством Elsevier Ltd.
© перевод, оформление, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015

ISBN 978-5-9963-1733-2 (Т. 1)
ISBN 978-5-9963-1732-5

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ	5
ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ	7
ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ	8
ГЛАВА 1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ. ИЗОТОПЫ И АТОМНЫЕ МАССЫ	10
1.1. Введение	10
1.2. Происхождение Вселенной	10
1.3. Распространенность элементов во Вселенной	11
1.4. Эволюция звезд и их спектральные классы	14
1.5. Синтез элементов	17
1.5.1. Горение водорода	17
1.5.2. Горение гелия и углерода	18
1.5.3. α -Процесс	19
1.5.4. e -Процесс (равновесный процесс)	20
1.5.5. s -, r -Процессы (медленный и быстрый захват нейтронов)	20
1.5.6. p -Процесс (захват протона)	21
1.5.7. x -Процесс	21
1.6. Атомные массы	23
1.6.1. Неопределенность атомных масс	24
1.6.2. Проблема радиоактивных элементов	26
Литература	27
ГЛАВА 2. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА	28
2.1. Введение	28
2.2. Электронное строение атомов	28
2.3. Периодическое изменение свойств элементов	30
2.3.1. Изменение атомных и физических свойств	30
2.3.2. Закономерности в изменении химических свойств	33
2.4. Предсказание новых элементов и соединений	35
Литература	38
ГЛАВА 3. ВОДОРОД	39
3.1. Введение	39
3.2. Атомные и физические свойства водорода	40
3.2.1. Изотопы водорода	40
3.2.2. Орто- и пара-водород	41
3.2.3. Ионизированные формы водорода	43
3.3. Получение, производство и применение	44
3.3.1. Водород	44
3.3.2. Дейтерий	46
3.3.3. Тритий	46
3.4. Химические свойства	49
3.4.1. Координационная химия водорода	50
3.5. Протонные кислоты и основания	53
3.6. Водородная связь	57
3.6.1. Влияние на свойства	58
3.6.2. Влияние на структуру	61
3.6.3. Прочность водородных связей и их теоретическое описание	65
3.7. Водородные соединения элементов	68
Литература	71

ГЛАВА 4. ЛИТИЙ, НАТРИЙ, КАЛИЙ, РУБИДИЙ, ЦЕЗИЙ И ФРАНЦИЙ	74
4.1. Введение	74
4.2. Элементы	74
4.2.1. Открытие и выделение	74
4.2.2. Распространенность и нахождение в природе	75
4.2.3. Производство и использование металлов	76
4.2.4. Атомные и физические свойства	80
4.2.5. Химические свойства	81
4.2.6. Растворы в жидком аммиаке и других растворителях	82
4.3. Соединения	84
4.3.1. Модель ионной связи	84
4.3.2. Галогениды и гидриды	86
4.3.3. Оксиды, пероксиды, надпероксиды и субоксиды	88
4.3.4. Гидроксиды	90
4.3.5. Соли оксокислот и другие соединения	91
4.3.6. Координационная химия	94
4.3.7. Имиды, амиды и родственные соединения	101
4.3.8. Металлоорганические соединения	104
Литература	107
ГЛАВА 5. БЕРИЛЛИЙ, МАГНИЙ, КАЛЬЦИЙ, СТРОНЦИЙ, БАРИЙ И РАДИЙ	110
5.1. Введение	110
5.2. Элементы	111
5.2.1. Распространенность и нахождение в природе	111
5.2.2. Производство и применение металлов	112
5.2.3. Атомные и физические свойства	113
5.2.4. Химические свойства	115
5.3. Соединения	115
5.3.1. Введение	115
5.3.2. Гидриды и галогениды	117
5.3.3. Оксиды и гидроксиды	121
5.3.4. Соли оксокислот и координационные соединения	123
5.3.5. Металлоорганические соединения	126
Бериллий	126
Магний	131
Кальций, стронций и барий	136
Литература	137
ГЛАВА 6. БОР	139
6.1. Введение	139
6.2. Бор [1]	139
6.2.1. Выделение и очистка простого вещества	139
6.2.2. Структура кристаллического бора	140
6.2.3. Атомные и физические свойства бора	142
6.2.4. Химические свойства	144
6.3. Бориды	145
6.3.1. Введение	145
6.3.2. Получение и стехиометрия	145
6.3.3. Структуры боридов	146
6.4. Бораны (гидриды бора)	150
6.4.1. Введение	150
6.4.2. Образование связей и топология	156
6.4.3. Получение и свойства боранов	160
6.4.4. Химия малых боранов и борогидридных анионов (B_1-B_4)	161
6.4.5. Бораны и борогидридные анионы среднего размера (B_5-B_9)	167
6.4.6. Химия нидо-декаборана $B_{10}H_{14}$	169
6.4.7. Химия клозо- $B_nH_n^{2-}$	174
6.5. Карбораны	175

6.6.Metalлокарбораны	182
6.7.Галогениды бора	187
6.7.1.Тригалогениды бора	187
6.7.2.Низшие галогениды бора	191
6.8.Кислородные соединения бора	194
6.8.1.Оксиды и оксокислоты бора	194
6.8.2.Бораты	196
6.8.3.Органические соединения со связью бор–кислород	198
6.9.Соединения бора с азотом	198
6.10.Другие соединения бора	202
6.10.1.Соединения, содержащие связи атомов бора с атомами фосфора, мышьяка или сурьмы	202
6.10.2.Соединения, содержащие связи атомов бора с атомами серы, селена и теллура	203
Литература	205
ГЛАВА 7. АЛЮМИНИЙ, ГАЛЛИЙ, ИНДИЙ И ТАЛЛИЙ	208
7.1.Введение	208
7.2.Элементы	209
7.2.1.Распространенность и нахождение в природе	209
7.2.2.Получение и использование металлов	210
7.2.3.Атомные и физические свойства	213
7.2.4.Химические свойства	216
7.3.Соединения	218
7.3.1.Гидриды и родственные соединения	218
7.3.2.Галогениды и галогенидные комплексы	223
Тригалогениды алюминия	223
Тригалогениды галлия, индия и таллия	226
Низшие галогениды галлия, индия и таллия	229
7.3.3.Оксиды и гидроксиды	231
7.3.4.Тройные и более сложные оксиды	235
Шпинели и родственные соединения	235
Натриевый β -глинозем и родственные фазы	237
Алюминат трикальция $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	238
7.3.5.Другие неорганические соединения	239
Халькогениды	239
Соединения, содержащие связи с N, P, As, Sb или Bi	242
Некоторые соединения с необычной стереохимией	243
7.3.6.Металлоорганические соединения	245
Алюминийорганические соединения	245
Металлоорганические соединения галлия, индия и таллия	249
Гетероциклы и кластеры со связью Al–N ₆	251
Литература	253
ГЛАВА 8. УГЛЕРОД	255
8.1.Введение	255
8.2.Углерод	256
8.2.1.Распространенность и нахождение в природе	256
8.2.2.Аллотропные формы	260
8.2.3.Атомные и физические свойства	262
8.2.4.Фуллерены	264
Строение фуллеренов	266
Другие аллотропные формы углерода	267
Химия фуллеренов	268
8.2.5.Химические свойства углерода	273
8.3.Соединения включения графита	276
8.4.Карбиды	280
Metalлокарбоздрены (меткары)	283
8.5.Гидриды, галогениды и оксогалогениды	284
8.6.Оксиды и карбонаты	288

8.7. Халькогениды и родственные соединения	295
8.8. Цианиды и другие соединения со связью углерод-азот	299
8.9. Металлоорганические соединения	305
Литература	305
ГЛАВА 9. КРЕМНИЙ	310
9.1. Введение	310
9.2. Кремний	311
9.2.1. Распространенность и нахождение в природе	311
9.2.2. Выделение, промышленное производство и технологическое применение	311
9.2.3. Атомные и физические свойства	312
9.2.4. Химические свойства	313
9.3. Соединения	316
9.3.1. Силициды	316
9.3.2. Гидриды кремния (силаны)	317
9.3.3. Галогениды кремния и родственные комплексы	320
9.3.4. Диоксид кремния и кремниевые кислоты	322
9.3.5. Силикатные минералы	326
Силикаты, содержащие дискретные анионы (островные силикаты)	327
Цепочные силикаты	328
Слоистые силикаты	329
Каркасные силикаты	334
9.3.6. Другие неорганические соединения кремния	338
9.3.7. Кремнийорганические соединения и полимеры на их основе (силиконы)	340
Литература	344
ГЛАВА 10. ГЕРМАНИЙ, ОЛОВО, СВИНЕЦ	347
10.1. Введение	347
10.2. Элементы	348
10.2.1. Распространенность и нахождение в природе	348
10.2.2. Производство и применение простых веществ	348
10.2.3. Атомные и физические свойства	350
10.2.4. Химические свойства	352
10.3. Соединения	353
10.3.1. Гидриды и гидрогалогениды	353
10.3.2. Галогениды и родственные комплексы	354
Галогениды германия	355
Галогениды олова	356
Галогениды свинца	359
10.3.3. Оксиды и гидроксиды	360
10.3.4. Производные оксокислот	363
10.3.5. Другие неорганические соединения	366
10.3.6. Связи металл-металл, кластеры	368
10.3.7. Металлоорганические соединения	371
Германий	371
Олово	374
Свинец	377
Литература	379
ГЛАВА 11. АЗОТ	382
11.1. Введение	382
11.2. Элемент	383
11.2.1. Распространенность и нахождение в природе	383
11.2.2. Производство и использование азота	386
11.2.3. Атомные и физические свойства	387
11.2.4. Химические свойства	387
11.3. Соединения	391
11.3.1. Нитриды, азиды и нитридокомплексы	391

11.3.2. Аммиак и соли аммония	394
Жидкий аммиак как растворитель	397
11.3.3. Другие гидриды азота	399
Гидразин	400
Гидроксиламин	403
Азид водорода	405
11.3.4. Термодинамические соотношения между N-содержащими частицами	406
11.3.5. Галогениды азота и родственные соединения	410
11.3.6. Оксиды азота	414
Закись азота (монооксид диазота) N_2O	414
Оксид азота (монооксид азота) NO	416
Триоксид диазота N_2O_3	423
Диоксид азота NO_2 и тетраоксид диазота N_2O_4	424
Пентаоксид диазота N_2O_5 и триоксид азота NO_3	427
11.3.7. Оксокислоты, оксоанионы и соли оксокислот азота	428
Азотноватистая кислота и гипонитриты	428
Азотистая кислота и нитриты	430
Азотная кислота и нитраты	433
Ортонитраты $M_3^I NO_4$	439
Литература	440
ГЛАВА 12. ФОСФОР	444
12.1. Введение	444
12.2. Элемент	446
12.2.1. Распространенность и нахождение в природе	446
12.2.2. Производство и применение фосфора в виде простого вещества	449
12.2.3. Аллотропные формы фосфора	449
12.2.4. Атомные и физические свойства	452
12.2.5. Химические свойства и стереохимия	453
12.3. Соединения фосфора	457
12.3.1. Фосфиды	457
12.3.2. Фосфин и его производные	460
12.3.3. Галогениды фосфора	462
Тригалогениды фосфора	463
Тетрагалогениды дифосфора и другие низшие галогениды фосфора	465
Пентагалогениды фосфора	465
Псевдогалогениды фосфора(III)	468
12.3.4. Оксогалогениды и тиогалогениды фосфора	468
12.3.5. Оксиды, сульфиды, селениды фосфора и их производные	469
Оксиды	470
Сульфиды	472
Оксосульфиды	475
12.3.6. Оксокислоты фосфора и их соли	475
Гипофосфористая кислота и гипофосфиты $[H_2PO(OH) \text{ и } H_2PO^{2-}]$	478
Фосфористая кислота и фосфиты $[HPO(OH)_2 \text{ и } HPO_3^{2-}]$	479
Гипофосфорная кислота ($H_4P_2O_6$) и гипофосфаты	480
Другие низшие оксокислоты фосфора	481
Фосфорные кислоты	481
Ортофосфаты	487
Цепочечные полифосфаты	490
цикло-Полифосфорные кислоты и цикло-полифосфаты	493
12.3.7. Соединения со связями фосфор-азот	494
Циклофосфазаны	496
Фосфазены	496
Полифосфазены	498
12.3.8. Фосфорорганические соединения	504
Литература	507

ГЛАВА 13. МЫШЬЯК, СУРЬМА, ВИСМУТ	511
13.1. Введение	511
13.2. Элементы	512
13.2.1. Распространенность, нахождение в природе и получение	512
13.2.2. Атомные и физические свойства	514
13.2.3. Химические свойства и общие групповые закономерности	516
13.3. Соединения мышьяка, сурьмы и висмута	518
13.3.1. Интерметаллические соединения и сплавы	518
13.3.2. Гидриды мышьяка, сурьмы и висмута	519
13.3.3. Галогениды и их производные	521
Тригалогениды MX_3	522
Пентагалогениды MX_5	524
Смешанные и низшие галогениды	525
Галогенидные комплексы M^{III} и M^V	527
Оксогоалогениды	531
13.3.4. Оксиды и оксосоединения	533
Оксосоединения M^{III}	533
Оксиды со смешанной валентностью элемента	536
Оксосоединения M^V	537
13.3.5. Сульфиды и родственные соединения	539
13.3.6. Связи металл–металл и кластеры	542
13.3.7. Другие неорганические соединения	549
13.3.8. Металлоорганические соединения	550
Органические производные As^{III}	550
Органические производные As^V	551
Физиологическое действие мышьяксодержащих соединений	552
Сурьмаорганические и висмуторганические соединения	554
Литература	556
ГЛАВА 14. КИСЛОРОД	560
14.1. Элемент	560
14.1.1. Введение	560
14.1.2. Распространение в природе	561
14.1.3. Получение	562
14.1.4. Атомные и физические свойства	563
14.1.5. Другие формы кислорода	566
Озон	566
Атомарный кислород	570
14.1.6. Химические свойства дикислорода O_2	570
14.2. Соединения кислорода	573
14.2.1. Координационная химия: кислород в роли лиганда	573
14.2.2. Вода	577
Введение	577
Распространение воды в природе и ее запасы	578
Физические свойства и строение	579
Кристаллизационная вода, аквакомплексы и твердые гидраты	581
Химические свойства	583
Поливода	588
14.2.3. Пероксид водорода	588
Физические свойства	588
Химические свойства	589
14.2.4. Фториды кислорода	592
14.2.5. Оксиды	594
Различные варианты классификации	594
Нестехиометрия	596
Литература	598