

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УЧЕБНИК

Под редакцией
профессора, доктора химических наук
А. В. Шевелькова

Электронное издание

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 бакалавриат и специалитет по направлению
подготовки 04.03.01 и специальности 04.05.01



Москва
Лаборатория знаний
2021

УДК 544+546(075.8)
ББК 24.1:528я73
Н52

Неорганическая химия. Учебник / А. В. Шевельков, А. А. Дроздов, М. Е. Тамм ; под ред. А. В. Шевелькова. — Электрон. изд. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 591 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-937-4

Учебник соответствует программе учебного курса «Неорганическая химия» на химическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова и состоит из трех частей. Первая часть охватывает основы физической химии, природу химической связи, строение и свойства комплексных соединений, введение в химию твердого тела. В главах второй и третьей частей излагается химия непереходных и переходных элементов. Главное внимание уделено общим закономерностям и тенденциям в изменении свойств элементов, простых веществ и соединений, причем более подробно представлена химия переходных металлов и координационных соединений.

Является составной частью учебно-методического комплекта, включающего задачник с планами семинарских занятий и вариантами экзаменационных заданий, и практикума, написанного сотрудниками кафедры неорганической химии химического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова под редакцией проф. А. В. Шевелькова.

Для студентов, преподавателей и научных сотрудников химических вузов.

УДК 544+546(075.8)
ББК 24.1:528я73

Деривативное издание на основе печатного аналога: Неорганическая химия. Учебник / А. В. Шевельков, А. А. Дроздов, М. Е. Тамм ; под ред. А. В. Шевелькова. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 586 с. : ил. — ISBN 978-5-00101-029-6.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-00101-937-4

© Лаборатория знаний, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ	5
1. Основы химической термодинамики	6
1.1. Первый закон термодинамики. Закон Гесса. Энтальпийные диаграммы. Зависимость энтальпии от температуры. Теплоемкость	6
1.2. Энтропия. Второй закон термодинамики. Энергия Гиббса. Критерий самопроизвольности процесса	14
1.3. Реальные условия. Константа равновесия	23
1.4. Фазовые равновесия	27
1.5. Равновесия в растворах. Кислотно-основные равновесия	38
1.6. Окислительно-восстановительные реакции	53
2. Основы химической кинетики	64
3. Строение атома	72
3.1. Атом как понятие	72
3.2. Модель строения атома. Уравнение Шрёдингера	73
3.3. Орбитали. Квантовые числа	74
3.4. Электроны на орбиталях	77
3.5. Характеристические свойства атомов	80
3.6. Строение атомного ядра. Превращения атомов	84
4. Химическая связь	87
4.1. Природа химической связи	87
4.2. Ковалентная связь	89
4.3. Метод валентных связей	92
4.4. Гибридизация	94
4.5. Гипервалентные и электронно-дефицитные молекулы	97
4.6. Резонансные структуры	98
4.7. Ограничения метода валентных связей	99
4.8. Теория взаимного отталкивания электронных пар. Метод Гиллеспи	99
4.9. Основы метода молекулярных орбиталей	102
4.10. Гомоатомные молекулы элементов второго периода ..	105

4.11. Гетероатомные молекулы элементов второго периода	108
4.12. Ионная связь	110
4.13. Водородная связь	112
4.14. Вандерваальсовы силы	115
5. Периодический закон и Периодическая система элементов Д. И. Менделеева	118
5.1. Химический элемент. Понятие	118
5.2. Периодическая система элементов Менделеева. История открытия	118
5.3. Современная Периодическая система химических элементов	120
5.4. Периодичность свойств химических элементов	123
5.5. Тенденции, связанные с периодичностью. Элементы и простые вещества	127
5.6. Тенденции, связанные с периодичностью. Химические соединения	131
5.7. Распространенность элементов	136
6. Координационные соединения	140
6.1. Основные понятия и определения	140
6.2. Изомерия	144
6.3. Строение комплексных соединений	147
6.4. Теория кристаллического поля	149
6.5. Метод молекулярных орбиталей для описания комплексных соединений	156
6.6. Устойчивость комплексов	159
6.7. Полиядерные комплексы, кластеры и полиоксометаллаты	162
7. Кристаллическое и электронное строение твердых тел ..	167
7.1. Общие понятия	167
7.2. Кристаллическая структура твердых тел	167
7.3. Структурные типы	170
7.4. Дефекты и нестехиометрия	173
7.5. Зонная структура твердого тела	175
7.6. Металлы, полупроводники и диэлектрики	178
ЧАСТЬ II. ХИМИЯ НЕПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	181
8. Водород	182
8.1. Общая характеристика	182
8.2. Простое вещество	183
8.2.1. Физические свойства	183

8.2.2. Химические свойства	184
8.2.3. Получение и применение	186
8.3. Гидриды	188
8.4. Соединения водорода с кислородом	189
8.4.1. Вода	189
8.4.2. Пероксид водорода	192
8.4.3. Другие соединения	193
9. Элементы первой группы	195
9.1. Общая характеристика	195
9.2. Химия лития	197
9.3. Простые вещества	199
9.3.1. Получение и применение	199
9.3.2. Физические свойства	200
9.3.3. Химические свойства	201
9.4. Соединения с кислородом	204
9.5. Гидроксиды	206
9.6. Соли и комплексные соединения щелочных металлов	207
10. Элементы второй группы	212
10.1. Общая характеристика	212
10.2. Сходство и различие между бериллием и алюминием	215
10.3. Простые вещества	216
10.3.1. Физические свойства	216
10.3.2. Химические свойства. Получение металлов	217
10.4. Соединения с кислородом	218
10.5. Гидроксиды	219
10.6. Соли и комплексные соединения	221
11. Элементы 13 группы	227
11.1. Общая характеристика	227
11.2. Простые вещества	230
11.2.1. Физические свойства	230
11.2.2. Химические свойства	231
11.2.3. Получение	234
11.3. Соединения с водородом и металлами	235
11.4. Оксиды, гидроксиды, соли и комплексные соединения	239
11.5. Соединения с галогенами и азотом	247
12. Элементы 14 группы	251
12.1. Общая характеристика	251
12.2. Простые вещества	254

12.2.1. Физические свойства	254
12.2.2. Химические свойства	257
12.2.3. Получение	259
12.3. Соединения с металлами	260
12.4. Водородные соединения и высшие галогениды	261
12.5. Оксиды, гидроксиды, соли, комплексные соединения.	263
12.6. Углерод	263
12.7. Кремний	266
12.8. Германий	269
12.9. Олово	271
12.10. Свинец	273
12.11. Сульфиды и тиосоли германия, олова, свинца ...	276
13. Элементы 15 группы	278
13.1. Общая характеристика	278
13.2. Простые вещества	281
13.2.1. Физические свойства	281
13.2.2. Химические свойства	283
13.2.3. Получение	285
13.3. Водородные соединения	286
13.4. Галогениды	293
13.5. Кислородсодержащие соединения	296
13.6. Сульфиды и тиосоли мышьяка, сурьмы и висмута	321
14. Элементы 16 группы	324
14.1. Общая характеристика	324
14.2. Простые вещества	326
14.2.1. Физические свойства	326
14.2.2. Химические свойства	331
14.2.3. Получение	334
14.3. Водородные соединения	334
14.4. Галогениды, оксогалогениды, нитриды	338
14.5. Соединения с кислородом	340
15. Элементы 17 группы	351
15.1. Общая характеристика	351
15.2. Простые вещества	353
15.2.1. Физические свойства. Льюисова кислотность	353
15.2.2. Химические свойства	355
15.2.3. Получение галогенов	359
15.3. Галогеноводороды и галогениды	360

15.4. Соединения с кислородом	365
15.5. Межгалогенные соединения	373
15.6. Псевдогалогены и родственные соединения	375
16. Химия элементов 18 группы	377
16.1. Общая характеристика	377
16.2. Простые вещества	379
16.2.1. Физические свойства	379
16.2.2. Химические свойства. Фториды ксенона ...	380
ЧАСТЬ III. ХИМИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	385
17. Элементы четвертой группы	386
17.1. Общая характеристика	386
17.2. Простые вещества	387
17.2.1. Физические свойства	387
17.2.2. Химические свойства	388
17.2.3. Получение и применение	389
17.3. Соединения элементов четвертой группы в степени окисления +4	390
17.3.1. Диоксиды	390
17.3.2. Гидроксиды	391
17.3.3. Галогениды	394
17.4. Соединения элементов группы титана в низких степенях окисления	396
18. Элементы пятой группы	398
18.1. Общая характеристика	398
18.2. Простые вещества	400
18.2.1. Физические свойства	400
18.2.2. Химические свойства	400
18.2.3. Получение	401
18.3. Соединения элементов пятой группы в высшей степени окисления	402
18.4. Соединения ванадия в низких степенях окисления	409
18.5. Соединения ниобия и тантала в низких степенях окисления	412
19. Элементы шестой группы	415
19.1. Общая характеристика	415
19.2. Простые вещества	417
19.2.1. Физические свойства	417
19.2.2. Химические свойства	417
19.2.3. Получение и применение	418

19.3. Кислородные соединения элементов шестой группы в степени окисления +6	420
19.4. Кислородные соединения элементов шестой группы в степенях окисления +4 и +5	431
19.5. Кислородные соединения элементов шестой группы в степени окисления +3	434
19.6. Кислородные соединения элементов шестой группы в степени окисления +2	438
19.7. Галогениды и оксогалогениды	440
20. Элементы седьмой группы	444
20.1. Общая характеристика	444
20.2. Простые вещества	446
20.2.1. Физические свойства	446
20.2.2. Химические свойства	447
20.2.3. Получение и применение	448
20.3. Общий обзор кислородных соединений марганца. Оксиды	449
20.4. Кислородные соединения элементов седьмой группы в высшей степени окисления	452
20.5. Соединения марганца в степени окисления +5 и +6	454
20.6. Соединения марганца в степени окисления +4	456
20.7. Соединения марганца в степени окисления +3	458
20.8. Соединения марганца в степени окисления +2	460
20.9. Галогениды металлов седьмой группы. Соединения технеция и рения в низких степенях окисления ...	462
21. Элементы восьмой, девятой и десятой групп	466
21.1. Общая характеристика	466
21.2. Простые вещества	469
21.2.1. Физические свойства	469
21.2.2. Химические свойства	472
21.2.3. Получение	474
21.2.4. Применение	476
21.3. Соединения элементов восьмой группы	477
21.3.1. Высокие степени окисления	477
21.3.2. Степень окисления +3	480
21.3.3. Степень окисления +2	485
21.4. Соединения элементов девятой группы	488
21.4.1. Соединения кобальта, родия и иридия в высоких степенях окисления	488
21.4.2. Степень окисления +3	491
21.4.3. Степень окисления +2	495
21.4.4. Степень окисления +1	497

21.5. Соединения металлов десятой группы	499
21.5.1. Степень окисления +4	499
21.5.2. Степень окисления +3	502
21.5.3. Степень окисления +2	503
21.6. Карбонилы и карбонильные комплексы металлов 8–10 групп	511
22. Элементы 11 группы	513
22.1. Общая характеристика	513
22.2. Простые вещества	515
22.2.1. Физические свойства	515
22.2.2. Химические свойства	516
22.2.3. Получение	518
22.2.4. Применение	519
22.3. Соединения меди, серебра и золота в высоких степенях окисления	519
22.4. Соединения меди, серебра и золота в степени окисления +3	520
22.5. Соединения меди, серебра и золота в степени окисления +2	524
22.6. Соединения меди, серебра и золота в степени окисления +1	529
23. Элементы 12 группы	535
23.1. Общая характеристика	535
23.2. Простые вещества	536
23.2.1. Физические свойства	536
23.2.2. Химические свойства	537
23.2.3. Получение	539
23.2.4. Применение	539
23.3. Соединения элементов 12 группы в степени окисления +2	540
23.4. Соединения элементов 12 группы в степени окисления +1	546
24. Редкоземельные элементы	549
24.1. Общая характеристика третьей группы	549
24.2. Простые вещества и соединения элементов третьей группы	550
24.3. Общая характеристика лантаноидов	553
24.4. Простые вещества лантаноиды	556
24.4.1. Физические свойства	556
24.4.2. Химические свойства	558
24.4.3. Получение	558
24.4.4. Применение	559

24.5. Соединения лантаноидов в степени окисления +3 ..	560
24.6. Соединения РЗЭ в степени окисления +4	563
24.7. Соединения РЗЭ в степени окисления +2	565
25. Актиноиды.....	567
25.1. Общая характеристика	567
25.2. Химия тория	571
25.3. Химия урана	573
25.3.1. Свойства простого вещества	573
25.3.2. Соединения урана(+6)	574
25.3.3. Соединения урана(+4) и урана(+3)	577