

# НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## ПРАКТИКУМ

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 учебного пособия 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. Практикум / Е. И. Ардашникова, Е. Д. Демидова, В. А. Алёшин ; под ред. А. В. Шевелькова. — Электрон. изд. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 478 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.**

ISBN 978-5-00101-938-1

В практикуме рассмотрены основные приемы безопасной работы в химической лаборатории с целью изучения физико-химических основ неорганической химии и химии *s*-, *p*-, *d*- и *f*-элементов. Все опыты и методики синтеза отработаны и выверены, что обеспечивает их успешное выполнение, а разнообразие представленных опытов позволяет преподавателям сделать необходимую подборку для различных по трудоемкости учебных курсов. Также приведен большой справочный материал, который может быть использован для самостоятельной научной и аудиторной работы студентов.

Представленное учебное пособие является составной частью учебно-методического комплекта, включающего учебник и задачник с планами семинарских занятий и вариантами экзаменационных заданий, 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. Практикум / Е. И. Ардашникова, Е. Д. Демидова, В. А. Алёшин ; под ред. А. В. Шевелькова. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 473 с. : ил.**

ISBN 978-5-00101-031-9

**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 978-5-00101-938-1

© Лаборатория знаний, 2021

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>ЧАСТЬ I. ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>1. Правила работы в химической лаборатории</b> . . . . .	<b>6</b>
1.1. Подготовка к проведению химического эксперимента. . . . .	6
1.2. Правила безопасности при работе в лаборатории . . . . .	6
1.3. Оказание неотложной помощи . . . . .	7
1.4. Оформление рабочего журнала . . . . .	8
<b>2. Химическая посуда, оборудование и реактивы</b> . . . . .	<b>12</b>
2.1. Химическая посуда. . . . .	12
2.2. Химические реактивы и правила работы с ними . . . . .	20
2.3. Газы . . . . .	23
2.4. Лабораторное оборудование . . . . .	30
<b>3. Проведение химического эксперимента</b> . . . . .	<b>40</b>
3.1. Работа со стеклом . . . . .	40
3.2. Приготовление растворов . . . . .	42
3.3. Приемы нагревания и охлаждения . . . . .	43
3.4. Отделение и промывание осадков. . . . .	46
3.5. Фракционная перегонка . . . . .	47
3.6. Правила сборки приборов . . . . .	49
<b>ЧАСТЬ II. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.</b> . . . . .	<b>55</b>
<b>4. Очистка веществ и основы техники работы в лаборатории.</b> . . . .	<b>56</b>
4.1. Очистка солей методом перекристаллизации из раствора. . . . .	56
4.2. Очистка летучих твердых веществ методом сублимации (возгонки) . . . . .	63
4.3. Очистка воды от растворенных в ней солей методом дистилляции (перегонки) . . . . .	64
4.4. Фракционная перегонка соляной кислоты, получение азеотропа ( <i>дополнительный опыт</i> ) . . . . .	67
4.5. Получение и очистка газов . . . . .	70
4.6. Практикум повышенной сложности по теме «Очистка веществ». . . . .	73
4.6.1. Разделение солей кадмия и меди методом ионообменной хроматографии . . . . .	73
4.6.2. Получение и очистка иода методом отгонки с водяным паром . . . . .	74
4.6.3. Получение и возгонка в вакууме иодида сурьмы(+3). . . . .	76
<b>5. Химическое равновесие. Определение химических эквивалентов. Тепловые эффекты химических реакций</b> . . . . .	<b>79</b>
5.1. Химическое равновесие . . . . .	79
5.2. Определение химических эквивалентов металлов с использованием эвдиометра ( <i>дополнительный опыт</i> ) . . . . .	80
5.3. Определение энтальпии реакции нейтрализации ( <i>дополнительный опыт</i> ) . . . . .	82

5.4. Практикум повышенной сложности по теме «Физико-химические основы неорганической химии» . . . . .	84
5.4.1. Калориметрическое определение энтальпии гидратации сульфата меди . . . . .	84
<b>6. Растворы. Электролитическая диссоциация . . . . .</b>	<b>87</b>
6.1. Пересыщенные растворы . . . . .	87
6.2. Определение растворимости солей в воде . . . . .	88
6.3. Электропроводность растворов . . . . .	90
6.4. Кислотно-основные равновесия в растворах. . . . .	91
6.5. Произведение растворимости . . . . .	93
6.6. Приготовление растворов кислот и определение их концентрации методом титрования щелочью ( <i>дополнительный опыт</i> ) . . . . .	93
6.7. Зависимость pH раствора соляной кислоты от концентрации ( <i>дополнительный опыт</i> ) . . . . .	96
6.8. Практикум повышенной сложности по теме «Физико-химические основы неорганической химии» . . . . .	97
6.8.1. Определение константы диссоциации уксусной кислоты и ее зависимости от температуры . . . . .	97
<b>7. Скорость химических реакций . . . . .</b>	<b>99</b>
7.1. Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость реакции тиосульфата натрия с серной кислотой . . . . .	99
7.2. Влияние температуры на скорость реакции тиосульфата натрия с серной кислотой . . . . .	101
7.3. Влияние катализатора на скорость разложения пероксида водорода . . . . .	103
7.4. Влияние степени смешивания на скорость гетерогенной химической реакции . . . . .	104
<b>ЧАСТЬ III. ХИМИЯ s-ЭЛЕМЕНТОВ. . . . .</b>	<b>105</b>
<b>8. Водород . . . . .</b>	<b>106</b>
8.1. Получение водорода и проверка его на чистоту . . . . .	106
8.2. Восстановление водородом оксидов металлов. . . . .	107
<b>9. Щелочные элементы . . . . .</b>	<b>110</b>
9.1. Свойства щелочных металлов. . . . .	110
9.2. Соли щелочных элементов. . . . .	110
9.3. Синтезы по теме «Щелочные элементы». . . . .	113
9.3.1. Гидроксид натрия (каустификация соды) . . . . .	113
9.3.2. Пероксид натрия . . . . .	114
9.3.3. Бромид натрия . . . . .	115
9.4. Практикум повышенной сложности по теме «Щелочные элементы» . . . . .	116
9.4.1. Пероксид лития . . . . .	116
<b>10. Бериллий, магний, кальций, стронций, барий . . . . .</b>	<b>119</b>
10.1. Соединения бериллия. . . . .	119
10.2. Магний, соединения магния . . . . .	119

10.3. Соединения кальция, стронция, бария . . . . .	121
10.4. Синтезы по теме «Бериллий, магний, кальций, стронций, барий» . . . . .	122
10.4.1. Оксоацетат бериллия . . . . .	122
10.4.2. Пероксид бария . . . . .	122
10.4.3. Гексагидрат хлорида магния. . . . .	122
10.4.4. Безводный хлорид магния . . . . .	124
10.4.5. Кристаллогидрат хлорида кальция . . . . .	126
10.4.6. Получение хлорида бария из сульфата бария . . . . .	127
10.5. Практикум повышенной сложности по теме «Магний, щелочноземельные металлы» . . . . .	127
10.5.1. Хлорид магния. . . . .	127
10.5.2. Гидрид кальция . . . . .	128
<b>ЧАСТЬ IV. ХИМИЯ <i>p</i>-ЭЛЕМЕНТОВ . . . . .</b>	<b>131</b>
<b>11. Бор . . . . .</b>	<b>132</b>
11.1. Свойства бора . . . . .	132
11.2. Борная кислота и бура . . . . .	132
11.3. Окрашенные перлы буры. . . . .	132
11.4. Синтезы по теме «Бор» . . . . .	133
11.4.1. Борная кислота . . . . .	133
11.4.2. Нитрид бора . . . . .	133
11.4.3. Пероксоборат натрия, $\text{Na}_2\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	133
11.5. Практикум повышенной сложности по теме «Бор» . . . . .	134
11.5.1. Аммиакат трифторида бора . . . . .	134
11.5.2. Три( <i>n</i> -бутил)борат . . . . .	135
<b>12. Алюминий . . . . .</b>	<b>138</b>
12.1. Свойства алюминия . . . . .	138
12.2. Гидроксид алюминия и алюминат натрия . . . . .	138
12.3. Соли алюминия . . . . .	138
12.4. Синтезы по теме «Алюминий» . . . . .	139
12.4.1. Алюмотермия (получение железа) . . . . .	139
12.4.2. Алюмокалиевые квасцы . . . . .	140
12.4.3. Безводный хлорид алюминия . . . . .	141
12.4.4. Алюминат натрия . . . . .	142
12.4.5. Тригидрат триоксалатоалюмината калия . . . . .	142
12.5. Практикум повышенной сложности по теме «Алюминий» . . . . .	143
12.5.1. Ацетилацетонат алюминия . . . . .	143
12.5.2. Безводный бромид алюминия . . . . .	144
<b>13. Углерод, кремний . . . . .</b>	<b>147</b>
13.1. Оксид углерода(+4) . . . . .	147
13.2. Соли угольной кислоты. . . . .	147
13.3. Свойства кремния . . . . .	148
13.4. Силикаты. . . . .	148
13.5. Гидрогель и гидрозоль кремниевой кислоты . . . . .	149
13.6. Синтезы по теме «Углерод, кремний» . . . . .	149
13.6.1. Оксид углерода(+2) . . . . .	149

13.6.2.	Кристаллический кремний . . . . .	151
13.6.3.	Гексафторокремниевая кислота . . . . .	152
13.6.4.	Силицид магния и силаны . . . . .	153
13.7.	Практикум повышенной сложности по теме «Кремний» . . . . .	153
13.7.1.	Тетраацетат кремния . . . . .	153
13.7.2.	Тетраизопропоксисилан . . . . .	155
<b>14.</b>	<b>Олово, свинец</b> . . . . .	<b>156</b>
14.1.	Получение и свойства олова . . . . .	156
14.2.	Соединения олова(+2). . . . .	156
14.3.	$\alpha$ - и $\beta$ -Оловянные кислоты . . . . .	157
14.4.	Сульфиды и тиосоли олова . . . . .	157
14.5.	Получение и свойства свинца . . . . .	158
14.6.	Оксиды и гидроксиды свинца . . . . .	158
14.7.	Соли свинца . . . . .	159
14.8.	Синтезы по теме «Олово, свинец» . . . . .	160
14.8.1.	Оксид олова(+2) . . . . .	160
14.8.2.	Тетрахлорид олова . . . . .	161
14.8.3.	Гексахлоростаннат(+4) аммония . . . . .	161
14.8.4.	Тригидрат ацетата свинца(+2). . . . .	163
14.8.5.	Кристаллический сульфид свинца . . . . .	163
14.8.6.	Оксид свинца(+2) (желтая и красная модификации) . . . . .	163
14.8.7.	Свинцовый сурик . . . . .	164
14.8.8.	Оксид свинца(+4) . . . . .	164
14.9.	Практикум повышенной сложности по теме «Олово, свинец» . . . . .	165
14.9.1.	Тетраиодид олова . . . . .	165
14.9.2.	Тетраацетат свинца . . . . .	166
14.9.3.	Гексахлороплюмбат(+4) аммония . . . . .	167
<b>15.</b>	<b>Азот</b> . . . . .	<b>169</b>
15.1.	Получение и свойства аммиака . . . . .	169
15.2.	Соли аммония . . . . .	169
15.3.	Соли гидразиния и гидроксиламмония. . . . .	170
15.4.	Азотистая кислота и ее соли . . . . .	171
15.5.	Азотная кислота и ее соли . . . . .	172
15.6.	Синтезы по теме «Азот» . . . . .	173
15.6.1.	Оксид азота(+2) . . . . .	173
15.6.2.	Оксид азота(+3) . . . . .	174
15.6.3.	Оксид азота(+4) . . . . .	174
15.6.4.	Дымящая азотная кислота . . . . .	175
15.6.5.	Хлорид нитрозила . . . . .	177
15.6.6.	Гексахлоростаннат(+4) нитрозония. . . . .	178
15.7.	Практикум повышенной сложности по теме «Азот» . . . . .	179
15.7.1.	Нитрид магния. . . . .	179
15.7.2.	Сульфат гидразиния . . . . .	180
15.7.3.	Хлорид гидроксиламмония . . . . .	181
<b>16.</b>	<b>Фосфор</b> . . . . .	<b>183</b>
16.1.	Белый фосфор . . . . .	183
16.2.	Соли фосфорноватистой кислоты . . . . .	183

16.3. Соли фосфористой кислоты . . . . .	184
16.4. Фосфорный ангидрид . . . . .	184
16.5. Метафосфорная кислота и метафосфаты . . . . .	184
16.6. Соли пирофосфорной кислоты . . . . .	185
16.7. Ортофосфорная кислота и фосфаты . . . . .	185
16.8. Синтезы по теме «Фосфор» . . . . .	186
16.8.1. Пентахлорид фосфора . . . . .	186
16.8.2. Трихлорид фосфора . . . . .	187
16.8.3. Оксотрихлорид фосфора . . . . .	189
16.9. Практикум повышенной сложности по теме «Фосфор» . . . . .	189
16.9.1. Трибромид фосфора . . . . .	189
16.9.2. Монотиофосфат натрия . . . . .	190
<b>17. Сурьма, висмут . . . . .</b>	<b>193</b>
17.1. Свойства сурьмы . . . . .	193
17.2. Оксид сурьмы(+3) . . . . .	193
17.3. Оксид сурьмы(+5) . . . . .	193
17.4. Сульфиды и тиосоли сурьмы(+3) . . . . .	193
17.5. Получение и свойства висмута . . . . .	194
17.6. Соединения висмута(+3) . . . . .	194
17.7. Соединения висмута(+5) . . . . .	195
17.8. Синтез по теме «Сурьма» . . . . .	195
17.8.1. Сурьмянистый водород (стибин) . . . . .	195
17.9. Практикум повышенной сложности по теме «Сурьма, висмут» . . . . .	196
17.9.1. Триiodид сурьмы . . . . .	196
17.9.2. Трибромид сурьмы . . . . .	197
17.9.3. Гексахлороантимонат(+5) калия . . . . .	198
17.9.4. Пентахлорид сурьмы . . . . .	199
17.9.5. Гексахлороантимонат(+5) нитрозония . . . . .	200
17.9.6. Безводный нитрат висмута(+3) . . . . .	200
<b>18. Кислород . . . . .</b>	<b>202</b>
18.1. Получение кислорода . . . . .	202
18.2. Свойства кислорода . . . . .	202
18.3. Пероксид водорода . . . . .	203
18.4. Синтез по теме «Кислород» . . . . .	203
18.4.1. Хемилюминесценция (синглетный кислород) . . . . .	203
<b>19. Сера . . . . .</b>	<b>205</b>
19.1. Модификации серы . . . . .	205
19.2. Сероводород . . . . .	205
19.3. Сульфиды металлов . . . . .	206
19.4. Оксид серы(+4) . . . . .	207
19.5. Серная кислота и ее соли . . . . .	209
19.6. Свойства тиосульфата натрия . . . . .	210
19.7. Свойства пероксодисульфата калия . . . . .	211
19.8. Синтезы по теме «Сера» . . . . .	211
19.8.1. Получение серной кислоты нитрозным способом . . . . .	211
19.8.2. Тиосульфат натрия . . . . .	212

19.8.3. Выделение пентагидрата сульфата меди из продуктов взаимодействия серной кислоты с медью . . . . .	213
19.9. Практикум повышенной сложности по теме «Сера» . . . . .	213
19.9.1. Монохлорид серы . . . . .	213
19.9.2. Хлорид тионила . . . . .	216
19.9.3. Хлорид сульфурила . . . . .	217
19.9.4. Сульфид бария . . . . .	218
19.9.5. Гидросульфид аммония . . . . .	219
19.9.6. Пероксодисульфат калия . . . . .	220
19.9.7. Гидросульфат нитрозония (нитрозилсерная кислота) . . . . .	221
<b>20. Галогены</b> . . . . .	<b>224</b>
20.1. Хлор . . . . .	224
20.2. Бром . . . . .	226
20.3. Иод . . . . .	229
20.4. Галогениды металлов . . . . .	230
20.5. Галогениды водорода . . . . .	232
20.6. Синтезы по теме «Галогены» . . . . .	236
20.6.1. Хлориды кобальта(+2), никеля(+2), хрома(+3) (хлорирование металлов) . . . . .	236
20.6.2. Моногидрат тетрахлороиодата(+3) калия . . . . .	238
20.6.3. Хлорат калия . . . . .	239
20.6.4. Бромат калия . . . . .	241
20.6.5. Иодноватая кислота . . . . .	242
20.6.6. Иодат калия . . . . .	242
20.6.7. Кислый иодат калия . . . . .	243
20.6.8. Периодат калия . . . . .	243
20.7. Практикум повышенной сложности по теме «Галогены» . . . . .	243
20.7.1. Трихлорид иода . . . . .	243
20.7.2. Хлорат калия (получение методом электролиза) . . . . .	245
20.7.3. Белильная известь . . . . .	246
<b>ЧАСТЬ V. ХИМИЯ d-ЭЛЕМЕНТОВ</b> . . . . .	<b>249</b>
<b>21. Титан</b> . . . . .	<b>250</b>
21.1. Свойства титана . . . . .	250
21.2. Соединения титана(+4) . . . . .	250
21.3. Соединения титана(+3) . . . . .	251
21.4. Синтезы по теме «Титан» . . . . .	252
21.4.1. Трисульфатотитанат(+4) калия . . . . .	252
21.4.2. Мегатитанат(+4) калия, $K_2TiO_3$ . . . . .	252
21.4.3. Цезиевотитановые квасцы . . . . .	252
21.4.4. Пентафторопероксотитанат(+4) аммония, $(NH_4)_3[Ti(O_2)F_5]$ . . . . .	253
21.5. Практикум повышенной сложности по теме «Титан» . . . . .	253
21.5.1. Тетрахлорид титана . . . . .	253
21.5.2. Гексахлоротитанат(+4) аммония . . . . .	255
21.5.3. Дихлорид бисацетилацетоната титана(+4) . . . . .	256
<b>22. Ванадий</b> . . . . .	<b>258</b>
22.1. Свойства ванадия . . . . .	258

22.2. Соединения ванадия(+5) . . . . .	258
22.3. Соединения ванадия в низших степенях окисления . . . . .	259
22.4. Синтезы по теме «Ванадий» . . . . .	261
22.4.1. Алюмотермическое получение ванадия . . . . .	261
22.4.2. Гексагидрат хлорида ванадия(+3). . . . .	261
22.4.3. Триоксалатованадат(+3) калия . . . . .	262
22.4.4. Ванадиевые бронзы . . . . .	263
22.4.5. Бисацетилацетонат оксованадия(+4). . . . .	263
22.5. Практикум повышенной сложности по теме «Ванадий» . . . . .	264
22.5.1. Тетрахлорид ванадия . . . . .	264
22.5.2. Оксид ванадия(+3) . . . . .	264
22.5.3. Гексафторованадат(+3) аммония . . . . .	265
22.5.4. Оксотрихлорид ванадия . . . . .	267
22.5.5. Нитрат диоксованадия . . . . .	268
<b>23. Хром . . . . .</b>	<b>269</b>
23.1. Соединения хрома(+2) . . . . .	269
23.2. Соединения хрома(+3) . . . . .	269
23.3. Соединения хрома(+6) . . . . .	271
23.4. Синтезы по теме «Хром» . . . . .	272
23.4.1. Получение хрома методом алюмотермии. . . . .	272
23.4.2. Хлорид гексааквахрома(+3) . . . . .	272
23.4.3. Моногидрат хлорида пентааквахлорохрома(+3) . . . . .	273
23.4.4. Хромокалиевые квасцы . . . . .	273
23.4.5. Изоморфный рост кристалла алюмокалиевых квасцов на монокристалле хромокалиевых квасцов . . . . .	275
23.4.6. Хлорид хрома(+3) . . . . .	275
23.4.7. Тригидрат триоксалатохромата(+3) калия. . . . .	276
23.4.8. Гексароданохромат(+3) калия . . . . .	276
23.4.9. Диоксодихлорид хрома(+6) . . . . .	277
23.4.10. Триоксохлорохромат(+6) калия . . . . .	278
23.4.11. Хлорид гекса(мочевина)хрома(+3), [Cr(OCN <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub> · 3H <sub>2</sub> O. . . . .	278
23.4.12. Ацетат хрома(+2) . . . . .	278
23.4.13. Тетраметиламмония* дихромо(+2)-(тетра- ацетато)дизотиоцианат, (NMe <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [Cr <sub>2</sub> (OAc) <sub>4</sub> (NCS) <sub>2</sub> ] (* — или тетраэтиламмония) . . . . .	280
23.4.14. Родохромхлорид, [(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cr(OH)Cr(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> ]Cl <sub>5</sub> . . . . .	280
23.4.15. Эритрохромхлорид, [(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cr(OH)Cr(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> O)]Cl <sub>5</sub> . . . . .	281
23.5. Практикум повышенной сложности по теме «Хром». . . . .	281
23.5.1. Хлорид хрома(+3) (получение из оксида хрома(+3)) . . . . .	281
23.5.2. Сульфид хрома(+3) . . . . .	283
23.5.3. Нитрид хрома(+3) . . . . .	284
23.5.4. Гексатиоцианатохромат(+3) пиперидиния. . . . .	284
23.5.5. Диамминтетратиоцианатохромат(+3) аммония (соль Рейнеке) . . . . .	284
23.5.6. Ацетилацетонат хрома(+3). . . . .	286
<b>24. Молибден, вольфрам . . . . .</b>	<b>287</b>
24.1. Соединения молибдена(+6) и вольфрама(+6) . . . . .	287
24.2. Синтезы по теме «Молибден, вольфрам» . . . . .	288

24.2.1. Оксид молибдена(+6) . . . . .	288
24.2.2. Тетрагидрат гектамолибдата(+6) аммония. . . . .	288
24.2.3. Пентахлорооксомолибдат(+5) аммония . . . . .	289
24.2.4. Тетратиомолибдат(+6) аммония. . . . .	289
24.2.5. Бисацетилацетонат диоксомолибдена(+6) . . . . .	290
24.2.6. Полиоксометаллат $\text{Mo}_{132}$ , ( $\text{NH}_4$ ) <sub>42</sub> [ $\text{Mo}^{+6}_{72}\text{Mo}^{+5}_{60}\text{O}_{372}(\text{CH}_3\text{COO})_{30}(\text{H}_2\text{O})_{72}$ ] · ~300 $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	290
24.3. Практикум повышенной сложности по теме «Молибден, вольфрам» . . . . .	290
24.3.1. Гексахлоромолибдат(+3) аммония . . . . .	290
24.3.2. Дибромид молибдена . . . . .	292
24.3.3. Вольфрамовые бронзы . . . . .	293
<b>25. Марганец</b> . . . . .	<b>294</b>
25.1. Соединения марганца(+2) . . . . .	294
25.2. Соединения марганца(+3) . . . . .	294
25.3. Оксид марганца(+4). . . . .	295
25.4. Манганат(+5) натрия . . . . .	295
25.5. Манганат(+6) калия. . . . .	295
25.6. Перманганат калия . . . . .	296
25.7. Синтезы по теме «Марганец» . . . . .	296
25.7.1. Получение марганца методом алюмотермии. . . . .	296
25.7.2. Тригидрат триоксалатоманганата(+3) калия . . . . .	297
25.7.3. Гексахлороманганат(+4) калия и моногидрат пентахлороманганата(+3) калия . . . . .	297
25.7.4. 13-Ванадоманганат(+4) калия, $\text{K}_7[\text{MnV}_{13}\text{O}_{38}] \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	298
25.7.5. Манганат(+5) натрия . . . . .	298
25.7.6. Манганат(+6) калия. . . . .	299
25.8. Практикум повышенной сложности по теме «Марганец» . . . . .	299
25.8.1. Оксид марганца(+2). . . . .	299
25.8.2. Безводный хлорид марганца(+2) (гидрохлорирование) . . . . .	300
25.8.3. Оксоацетат марганца(+3). . . . .	302
25.8.4. Молибдоманганат(+4) аммония, $(\text{NH}_4)_6[\text{MnMo}_9\text{O}_{32}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	303
25.8.5. Манганат(+6) натрия . . . . .	304
<b>26. Железо, кобальт, никель</b> . . . . .	<b>306</b>
26.1. Свойства железа . . . . .	306
26.2. Гидроксиды и оксиды железа, кобальта и никеля . . . . .	306
26.3. Соли железа . . . . .	308
26.4. Соли кобальта(+2) и никеля(+2). . . . .	309
26.5. Комплексные соединения кобальта и никеля . . . . .	309
26.6. Синтезы по теме «Железо, кобальт, никель» . . . . .	310
26.6.1. Оксид железа(+2) . . . . .	310
26.6.2. Соль Мора . . . . .	311
26.6.3. Безводный хлорид железа(+3). . . . .	311
26.6.4. Хлорид железа(+2) . . . . .	311
26.6.5. Триоксалатоферрат(+3) калия. . . . .	312
26.6.6. Ацетилацетонат железа(+3) . . . . .	313
26.6.7. Гексанитрокобальтат(+3) натрия . . . . .	313
26.6.8. Хлорид гексаамминкобальта(+3) . . . . .	314

26.6.9. Хлорид пентаамминхлорокобальта(+3) . . . . .	314
26.6.10. Триоксалатокобальтат(+3) калия . . . . .	315
26.6.11. Сульфат декаамминсупероксидикобальта(+3), [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> )Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (HSO <sub>4</sub> )] · 3H <sub>2</sub> O . . . . .	315
26.6.12. Получение алюмокобальтовой шпинели . . . . .	316
26.6.13. Гексагидрат сульфата аммония и никеля (аналог соли Мора) . . . . .	316
26.6.14. Бромид (иодид) гексаамминникеля(+2) . . . . .	316
26.6.15. Молибдоникелат(+4) аммония, (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> [NiMo <sub>9</sub> O <sub>32</sub> ] · 6,5H <sub>2</sub> O . . . . .	317
26.7. Практикум повышенной сложности по теме «Железо, кобальт, никель» . . . . .	317
26.7.1. Дибромид железа . . . . .	317
26.7.2. Хлорид кобальта(+2) (получение из оксида кобальта(+2, +3)) . . . . .	318
26.7.3. Хлорид кобальта(+2) (гидрохлорирование) . . . . .	318
26.7.4. Хлорид гексаамминкобальта(+2) . . . . .	318
<b>27. Медь, серебро</b> . . . . .	<b>320</b>
27.1. Получение и свойства меди . . . . .	320
27.2. Соединения меди(+1) . . . . .	320
27.3. Соединения меди(+2) . . . . .	321
27.4. Получение и свойства серебра . . . . .	322
27.5. Соединения серебра . . . . .	323
27.6. Серебрение . . . . .	324
27.7. Синтезы по теме «Медь» . . . . .	324
27.7.1. Гексагидрат двойного сульфата аммония и меди (аналог соли Мора) . . . . .	324
27.7.2. Ацетилацетонат меди(+2) . . . . .	325
27.7.3. Бисоксалатокупрат(+2) калия . . . . .	325
27.7.4. Сульфат тетраамминдиаквамеди(+2) . . . . .	325
27.7.5. Дигидрат хлорида меди(+2) . . . . .	326
27.7.6. Периодатокупрат(+3) натрия, Na <sub>5</sub> [Cu(HIO <sub>6</sub> ) <sub>2</sub> ] . . . . .	326
27.8. Практикум повышенной сложности по теме «Медь» . . . . .	327
27.8.1. Безводный хлорид меди(+2) . . . . .	327
<b>28. Цинк, кадмий, ртуть</b> . . . . .	<b>329</b>
28.1. Соединения цинка и кадмия . . . . .	329
28.2. Соединения ртути . . . . .	330
28.3. Синтезы по теме «Цинк, кадмий» . . . . .	331
28.3.1. Гексагидрат двойной соли сульфатов аммония и цинка (аналог соли Мора) . . . . .	331
28.3.2. Смешанные оксиды цинка и кобальта (Ринманова зелень) . . . . .	331
28.3.3. Тетрапероксомолибдат(+6) тетраамминцинка, [Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ][Mo(O <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> ] . . . . .	332
28.3.4. Иодид кадмия . . . . .	332
28.3.5. Карбонат кадмия . . . . .	333
28.3.6. Получение пленки сульфида кадмия . . . . .	333
28.4. Практикум повышенной сложности по теме «Цинк, кадмий» . . . . .	333
28.4.1. Тетрааммиакат иодида цинка . . . . .	333

28.4.2. Дибромид кадмия . . . . .	334
<b>29. Редкоземельные элементы . . . . .</b>	<b>335</b>
29.1. Соединения церия . . . . .	335
29.2. Соединения лантана . . . . .	336
29.3. Синтезы по теме «Редкоземельные элементы» . . . . .	336
29.3.1. Гексанитратоцеррат(+4) аммония, $(\text{NH}_4)_2[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]$ . . .	336
29.3.2. Получение оксида празеодима(+3), $\text{Pr}_2\text{O}_3$ , из оксида празеодима(+3, +4), $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ . . . . .	337
<b>Приложение 1 . . . . .</b>	<b>339</b>
Курсовая работа по неорганической химии . . . . .	339
Этапы выполнения курсовой работы . . . . .	339
<b>Приложение 2 . . . . .</b>	<b>345</b>
Справочные таблицы . . . . .	345
<b>Приложение 3 . . . . .</b>	<b>449</b>
Стандартные потенциалы ( $E^\circ$ , В) по отношению к потенциалу стандартного водородного электрода при 25 °С . . . . .	449
<i>s</i> -элементы . . . . .	449
<i>p</i> -элементы . . . . .	450
<i>d</i> -элементы . . . . .	454
<i>f</i> -элементы . . . . .	461
<b>Литература . . . . .</b>	<b>463</b>