

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
ЧАСТЬ I. ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.	5
1. Правила работы в химической лаборатории	6
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
2. Химическая посуда, оборудование и реактивы	12
2.1. Химическая посуда	12
2.2. Химические реактивы и правила работы с ними	20
2.3. Газы	23
2.4. Лабораторное оборудование	30
3. Проведение химического эксперимента	40
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
ЧАСТЬ II. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.	55
4. Очистка веществ и основы техники работы в лаборатории.	56
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
5. Химическое равновесие. Определение химических эквивалентов. Тепловые эффекты химических реакций	79
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
6. Растворы. Электролитическая диссоциация	87
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
7. Скорость химических реакций	99
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
ЧАСТЬ III. ХИМИЯ s-ЭЛЕМЕНТОВ.	105
8. Водород	106
8.1. Получение водорода и проверка его на чистоту	106
8.2. Восстановление водородом оксидов металлов.	107
9. Щелочные элементы	110
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
10. Бериллий, магний, кальций, стронций, барий	119
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
ЧАСТЬ IV. ХИМИЯ <i>p</i>-ЭЛЕМЕНТОВ.	131
11. Бор	132
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
12. Алюминий	138
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 триоксалаатоалюмината калия	142
12.5. Практикум повышенной сложности по теме «Алюминий»	143
12.5.1. Ацетилацетонат алюминия	143
12.5.2. Безводный бромид алюминия	144
13. Углерод, кремний	147
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
14. Олово, свинец	156
14.1. Получение и свойства олова	156
14.2. Соединения олова(+2).	156
14.3. α - и β -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. Гексахлороплумбат(+4) аммония.	167
15. Азот	169
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
16. Фосфор	183
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 пиррофосфорной 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
17. Сурьма, висмут	193
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. Триидодид 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
18. Кислород	202
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
19. Сера	205
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
20. Галогены	224
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
ЧАСТЬ V. ХИМИЯ <i>d</i>-ЭЛЕМЕНТОВ	249
21. Титан	250
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. Метатитанат(+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
22. Ванадий	258
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
23. Хром	269
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 ₂ H ₄) ₆]Cl ₃ · 3H ₂ O.	278
23.4.12. Ацетат хрома(+2)	278
23.4.13. Тетраметиламмония* дихромо(+2)-(тетра- ацетато)диизотиоцианат, (NMe ₄) ₂ [Cr ₂ (OAc) ₄ (NCS) ₂] (* — или тетраэтиламмония)	280
23.4.14. Родохромхлорид, [(NH ₃) ₅ Cr(OH)Cr(NH ₃) ₅]Cl ₅	280
23.4.15. Эритрохромхлорид, [(NH ₃) ₅ Cr(OH)Cr(NH ₃) ₄ (H ₂ O)]Cl ₅	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
24. Молибден, вольфрам	287
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 гептамолибдата(+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 Mo_{132} , (NH_4) ₄₂ [$\text{Mo}^{+6}_{72}\text{Mo}^{+5}_{60}\text{O}_{372}(\text{CH}_3\text{COO})_{30}(\text{H}_2\text{O})_{72}$] · ~300 H_2O	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
25. Марганец	294
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, (NH_4) ₆ [$\text{MnMo}_9\text{O}_{32}$] · 6 H_2O	303
25.8.5. Манганат(+6) натрия	304
26. Железо, кобальт, никель	306
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 декаамминсупероксодикобальта(+3), [Co(NH ₃) ₅ (O ₂)Co(NH ₃) ₅ (SO ₄) ₂ (HSO ₄)] · 3H ₂ 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 ₄) ₆ [NiMo ₉ O ₃₂] · 6,5H ₂ 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
27. Медь, серебро	320
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 ₅ [Cu(HIO ₆) ₂]	326
27.8. Практикум повышенной сложности по теме «Медь»	327
27.8.1. Безводный хлорид меди(+2)	327
28. Цинк, кадмий, ртуть	329
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 ₃) ₄][Mo(O ₂) ₄]	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
29. Редкоземельные элементы.	335
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), Pr_2O_3 , из оксида празеодима(+3, +4), Pr_6O_{11}	337
Приложение 1	339
Курсовая работа по неорганической химии	339
Этапы выполнения курсовой работы	339
Приложение 2	345
Справочные таблицы	345
Приложение 3	449
Стандартные потенциалы (E° , 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
Литература	463