

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Омский государственный педагогический университет

Е. А. Алехина, И. В. Скворцова

# **НЕОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ**

*Практикум*

Омск  
Издательство ОмГПУ  
2019

УДК 546(075)  
ББК 24.117я73-5  
А49

Печатается по решению редакционно-издательского совета Омского государственного педагогического университета

Рецензент – *О. И. Курдуманова*, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой химии и методики преподавания химии ОмГПУ

Авторы-составители:

*Е. А. Алехина*, кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии и методики преподавания химии ОмГПУ;  
*И. В. Скворцова*, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и методики преподавания химии ОмГПУ

**Алехина, Е. А.**

А49 Неорганический синтез : практикум / Е. А. Алехина, И. В. Скворцова. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2019. – 118 с.

ISBN 978-5-8268-2197-8

Содержание практикума соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования, утвержденному Приказом Минобрнауки России № 1426 от 4 декабря 2015 года и рабочей программе дисциплины «Неорганический синтез».

Практикум предназначен для студентов химических профилей педагогических вузов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование». В нем содержатся основные правила по технике безопасности в лаборатории неорганического синтеза, методики определения некоторых физических констант и очистки неорганических веществ, работы по синтезу основных классов неорганических соединений.

УДК 546(075)  
ББК 24.117я73-5

ISBN 978-5-8268-2197-8 © Алехина Е. А., Скворцова И. В., 2019  
© Омский государственный педагогический университет, 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	9
Техника безопасности в лаборатории неорганического синтеза . . . . .	11
<b>Определение физических констант неорганических веществ.</b> . . . . .	14
Определение температуры плавления веществ . . . . .	14
Определение температуры кипения веществ . . . . .	16
Определение относительной плотности жидкости ареометром . . . . .	17
<b>Разделение и очистка неорганических веществ</b> . . . . .	18
Кристаллизация хлорида натрия (NaCl) . . . . .	19
Перекристаллизация борной кислоты ( $H_3BO_3$ ) . . . . .	20
Перекристаллизация нитрата калия ( $KNO_3$ ). . . . .	20
Химическая очистка и перекристаллизация хлорида калия (KCl) . . . . .	21
Очистка дихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) . . . . .	22
Перекристаллизация тетрабората натрия (буры) ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ). . . . .	22
Очистка пентагидрата сульфата меди (II) ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) . . . . .	23
Очистка нитрата бария выпариванием растворителя ( $Ba(NO_3)_2$ ) . . . . .	24
Очистка йода методом возгонки (сублимации). . . . .	24
<b>План оформления синтеза неорганического вещества</b> . . . . .	26

## Синтез простых веществ

Получение неметаллов . . . . .	.29
Кремний (Si) . . . . .	.29
Получение металлов . . . . .	.30
Хром (Cr) . . . . .	.30
Железо (Fe) . . . . .	.30
Медь (Cu), 1-й способ . . . . .	.31
Медь (Cu), 2-й способ . . . . .	.31

## Синтез оксидов

Получение оксидов металлов I группы периодической системы . . . . .	.32
Оксид меди (I) ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) . . . . .	.32
Оксид меди (II) ( $\text{CuO}$ ) . . . . .	.33
Получение оксидов металлов II группы периодической системы . . . . .	.33
Оксид магния ( $\text{MgO}$ ) . . . . .	.33
Оксид кальция ( $\text{CaO}$ ) . . . . .	.34
Оксид стронция ( $\text{SrO}$ ) . . . . .	.34
Оксид бария ( $\text{BaO}$ ) . . . . .	.35
Оксид цинка ( $\text{ZnO}$ ) . . . . .	.35
Оксид кадмия ( $\text{CdO}$ ) . . . . .	.36
Получение оксидов металлов IV группы периодической системы . . . . .	.37
Оксид олова (II) ( $\text{SnO}$ ) . . . . .	.37
Оксид олова (IV) ( $\text{SnO}_2$ ) . . . . .	.38
Оксид свинца (II) ( $\text{PbO}$ ) . . . . .	.38
Оксид свинца (IV) ( $\text{PbO}_2$ ) . . . . .	.39
Получение оксидов металлов VI группы периодической системы . . . . .	.40
Оксид хрома (VI) ( $\text{CrO}_3$ ) . . . . .	.40
Получение оксидов металлов VIII группы периодической системы . . . . .	.40
Оксид кобальта (II, III) ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) . . . . .	.40
Оксид никеля (II) ( $\text{NiO}$ ) . . . . .	.41

## Синтез оснований

Получение гидроксидов металлов I группы периодической системы . . . . .	42
Гидроксид меди (II) ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ), 1-й способ . . . . .	42
Гидроксид меди (II) ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ), 2-й способ . . . . .	43
Получение гидроксидов металлов II группы периодической системы . . . . .	44
Гидроксид магния ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) . . . . .	44
Гидроксид кальция ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), 1-й способ . . . . .	44
Гидроксид кальция ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), 2-й способ . . . . .	45
Гидроксид стронция ( $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ) . . . . .	45
Гидроксид бария ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) . . . . .	46
Гидроксид цинка ( $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ) . . . . .	47
Гидроксид кадмия ( $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ) . . . . .	48
Получение гидроксидов металлов III группы периодической системы . . . . .	48
Гидроксид алюминия (гиббсит) ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) . . . . .	48
Получение гидроксидов металлов IV группы периодической системы . . . . .	49
Гидроксид свинца (II) ( $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ) . . . . .	49
Получение гидроксидов металлов VIII группы периодической системы . . . . .	50
Гидроксид железа (III) ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) . . . . .	50
Гидроксид кобальта (II) ( $\text{Co}(\text{OH})_2$ ) (синяя модификация) . . . . .	50
Гидроксид кобальта (II) ( $\text{Co}(\text{OH})_2$ ) (розовая модификация) . . . . .	51
Гидроксид никеля (II) ( $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ) . . . . .	52

## Синтез кислот

Ортоборная кислота ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) . . . . .	53
Метакремниевая кислота ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ) . . . . .	54
Кремнемолибденовая кислота ( $\text{H}_4\text{SiMo}_{12}\text{O}_{40}$ ) . . . . .	54
$\beta$ -оловянная кислота ( $\text{SnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) . . . . .	55
Молибденовая кислота ( $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ) . . . . .	56
Метамарганцеватистая кислота ( $\text{H}_2\text{MnO}_3$ ) . . . . .	57

Бромоводородная кислота (HBr) . . . . .	57
Йодноватая кислота (HIO <sub>3</sub> ), 1-й способ . . . . .	59
Йодноватая кислота (HIO <sub>3</sub> ), 2-й способ . . . . .	60

## Синтез солей

Получение солей металлов I группы периодической системы . . . . .	62
Карбонат лития (Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) . . . . .	62
Тетрагидрат пербората натрия (NaBO <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O) . . . . .	63
Гидрокарбонат натрия (NaHCO <sub>3</sub> ) . . . . .	63
Кристаллогидраты ортофосфата натрия (Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ·½H <sub>2</sub> O, Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ·8H <sub>2</sub> O) . . . . .	64
Моногидрат оксалата калия (K <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O) . . . . .	65
Станнат калия (K <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub> ) . . . . .	66
Манганат калия (K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub> ) . . . . .	66
Бромат калия (KBrO <sub>3</sub> ) . . . . .	67
Йодид калия (KI) . . . . .	67
Трийодид калия (KI <sub>3</sub> ) . . . . .	68
Йодид меди (II) (CuI) . . . . .	69
Гидроксокарбонат меди (II) ((CuOH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) . . . . .	69
Получение солей металлов II группы периодической системы . . . . .	70
Нитрат кальция (Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ), тетрагидрат нитрата кальция (Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O) . . . . .	70
Гексагидрат хлорида стронция (SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O) . . . . .	71
Нитрат бария (Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) . . . . .	71
Карбонат бария (BaCO <sub>3</sub> ) . . . . .	72
Хромат бария (BaCrO <sub>4</sub> ), 1-й способ . . . . .	72
Хромат бария (BaCrO <sub>4</sub> ), 2-й способ . . . . .	73
Тетрагидрат ортофосфата цинка (Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O) . . . . .	74
Получение солей металлов III группы периодической системы . . . . .	74
Октагидрат сульфата алюминия (Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O) . . . . .	74
Получение солей металлов IV группы периодической системы . . . . .	75
Сульфид свинца (II) (PbS) . . . . .	75

Получение солей элементов V группы периодической системы . . . . .	76
Дигидроортофосфат аммония ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) . . . . .	76
Хромат аммония ( $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ ) . . . . .	76
Дихромат аммония ( $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) . . . . .	77
Сульфат висмута (III) ( $\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$ ) . . . . .	78
Ортофосфат висмута (III) ( $\text{BiPO}_4$ ) . . . . .	78
Получение солей металлов VIII группы периодической системы . . . . .	79
Карбонат кобальта (II) ( $\text{CoCO}_3$ ) . . . . .	79
Гексагидрат сульфата кобальта (II) ( $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) . . . . .	79
Карбонат никеля (II) ( $\text{NiCO}_3$ ) . . . . .	80
Гидрокарбонат никеля (II) ( $(\text{NiOH})_2\text{CO}_3$ ) . . . . .	80
Получение двойных солей . . . . .	81
Карбонат калия-натрия ( $\text{KNaCO}_3$ ) . . . . .	81
Хлорид калия-кадмия ( $\text{KCdCl}_3$ ) . . . . .	81
Сульфат никеля-аммония ( $\text{NiSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) . . . . .	82
Сульфат цинка-аммония ( $\text{ZnSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) . . . . .	82
Додекагидрат сульфата алюминия-аммония ( $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) . . . . .	83

### **Синтез комплексных соединений**

Получение комплексных соединений металлов I группы периодической системы . . . . .	84
Сульфат тетрааммин меди (II) ( $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ) . . . . .	84
Получение комплексных соединений металлов IV группы периодической системы . . . . .	85
Гексагидроксоплюмбат (IV) калия ( $\text{K}_2[\text{Pb}(\text{OH})_6]$ ) . . . . .	85
Получение комплексных соединений металлов VIII группы периодической системы . . . . .	86
Гексацианоферрат (II) водорода $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (железистосинеродистая кислота) . . . . .	86
Гексабензоат железа (III) ( $\text{Fe}[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_6(\text{OH})_3$ ) . . . . .	86
Гексанитрокобальтат (III) натрия $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ . . . . .	87
Сульфат гексаамминкобальта (II) ( $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ ) . . . . .	88

Хлорид хлоропентаамминкобальта (III) ([Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cl]Cl <sub>2</sub> ) (пурпуреосо́ль) . . . . .	88
Хлорид гексаамминкобальта (III) ([Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub> ). . . . .	89
Хлорид гексаамминникеля (II) [Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>2</sub> . . . . .	90
Хлорид дигидразинникеля ([Ni(N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ]Cl <sub>2</sub> ). . . . .	91
Бромид гексаамминникеля (II) [Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Br <sub>2</sub> . . . . .	91

Список рекомендуемой литературы . . . . .	93
-------------------------------------------	----

## Приложения

Приложение 1. Качественные реакции катионов . . . . .	97
Приложение 2. Качественные реакции анионов . . . . .	100
Приложение 3. Окрашивание пламени ионами металлов . . . . .	103
Приложение 4. Основные способы выражения состава раствора . . . . .	104
Приложение 5. Расчет количества и концентрации исходных веществ . . . . .	108
Приложение 6. Расчет практического выхода продукта . . . . .	110
Приложение 7. Термодинамические расчеты: энтальпия, энтропия, энергия Гиббса . . . . .	111



## ВВЕДЕНИЕ

Практикум по дисциплине «Неорганический синтез» предназначен для студентов химических профилей, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование». Структура соответствует логике изучения дисциплины и условно разделена на четыре блока:

1) правила по технике безопасности в лаборатории неорганического синтеза, включающие общие правила работы в лаборатории и с химическими реактивами;

2) методики определения некоторых физических констант (температуры плавления, кипения и плотности), владение которыми необходимо для идентификации полученных веществ;

3) методики разделения и очистки неорганических веществ, которые часто являются одной из стадий синтеза заданного вещества;

4) собственно методики синтеза простых и сложных неорганических веществ разных классов: металлов, неметаллов, оксидов, оснований, кислот, солей и комплексных соединений.

Все методики синтеза имеют четкую структуру: в начале темы синтеза определенного класса веществ перечислено необходимое оборудование, а в каждой методике синтеза конкретного соединения указаны реактивы, ход работы (собственно методика), уравнение(я) реакции(й), при необходимости даны пояснения к опыту и техника безопасности. Синтезы представлены в порядке расположения входящих в их состав элементов в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева (от первой к восьмой группе).

Выполнение экспериментальных работ неорганического синтеза предполагает наличие таких личностных качеств, как: внимательность, аккуратность, наблюдательность, самостоятельность и самоконтроль, а также овладение практическими умениями и навыками: организационными (планирование эксперимента, чистота рабочего места); техническими (работа с реактивами и оборудованием, соблюдение техники безопасности); измерительными (измерение температуры, плотности; взвешивание); интеллектуальными (постановка цели эксперимента, выдвижение гипотезы, использование

имеющихся знаний, описание, анализ, обобщение, выводы); конструкторскими (ремонт, усовершенствование, сборка оборудования и установок).

Для организации самостоятельной работы студентов в данном учебном издании приведен список рекомендуемой литературы, включающий учебники и учебные пособия, практикумы, электронные образовательные ресурсы, справочные пособия, сборники задач и др.

С целью развития организационных и интеллектуальных умений студентов в практикум включен план оформления отчета по синтезу неорганического вещества, а в приложениях приведены качественные реакции катионов и анионов для облегчения идентификации полученных веществ, а также краткие теоретические сведения и примеры расчетов состава раствора, количества и концентрации исходных веществ и термодинамические расчеты.

**Успехов в осуществлении синтезов неорганических веществ!**