

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
Определение физических констант неорганических веществ.	14
Определение температуры плавления веществ	14
Определение температуры кипения веществ	16
Определение относительной плотности жидкости ареометром	17
Разделение и очистка неорганических веществ	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 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	22
Перекристаллизация тетрабората натрия (буры) ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).	22
Очистка пентагидрата сульфата меди (II) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	23
Очистка нитрата бария выпариванием растворителя ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)	24
Очистка йода методом возгонки (сублимации).	24
План оформления синтеза неорганического вещества	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) (Cu_2O}) . . . . .	.32
Оксид меди (II) (CuO}) . . . . .	.33
Получение оксидов металлов II группы периодической системы . . . . .	.33
Оксид магния (MgO}) . . . . .	.33
Оксид кальция (CaO}) . . . . .	.34
Оксид стронция (SrO}) . . . . .	.34
Оксид бария (BaO}) . . . . .	.35
Оксид цинка (ZnO}) . . . . .	.35
Оксид кадмия (CdO}) . . . . .	.36
Получение оксидов металлов IV группы периодической системы . . . . .	.37
Оксид олова (II) (SnO}) . . . . .	.37
Оксид олова (IV) (SnO_2) . . . . .	.38
Оксид свинца (II) (PbO}) . . . . .	.38
Оксид свинца (IV) (PbO_2) . . . . .	.39
Получение оксидов металлов VI группы периодической системы . . . . .	.40
Оксид хрома (VI) (CrO_3) . . . . .	.40
Получение оксидов металлов VIII группы периодической системы . . . . .	.40
Оксид кобальта (II, III) (Co_3O_4) . . . . .	.40
Оксид никеля (II) (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 (H_3BO_3)	53
Метакремниевая кислота (H_2SiO_3)	54
Кремнемолибденовая кислота ($\text{H}_4\text{SiMo}_{12}\text{O}_{40}$)	54
β -оловянная кислота ($\text{SnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	55
Молибденовая кислота (H_2MoO_4)	56
Метамарганцеватистая кислота (H_2MnO_3)	57

Бромоводородная кислота (HBr)	57
Йодноватая кислота (HIO ₃), 1-й способ	59
Йодноватая кислота (HIO ₃), 2-й способ	60

Синтез солей

Получение солей металлов I группы периодической системы	62
Карбонат лития (Li ₂ CO ₃)	62
Тетрагидрат пербората натрия (NaBO ₃ ·4H ₂ O)	63
Гидрокарбонат натрия (NaHCO ₃)	63
Кристаллогидраты ортофосфата натрия (Na ₃ PO ₄ , Na ₃ PO ₄ ·½H ₂ O, Na ₃ PO ₄ ·8H ₂ O)	64
Моногидрат оксалата калия (K ₂ C ₂ O ₄ ·H ₂ O)	65
Станнат калия (K ₂ SnO ₃)	66
Манганат калия (K ₂ MnO ₄)	66
Бромат калия (KBrO ₃)	67
Йодид калия (KI)	67
Трийодид калия (KI ₃)	68
Йодид меди (II) (CuI)	69
Гидроксокарбонат меди (II) ((CuOH) ₂ CO ₃)	69
Получение солей металлов II группы периодической системы	70
Нитрат кальция (Ca(NO ₃) ₂), тетрагидрат нитрата кальция (Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O)	70
Гексагидрат хлорида стронция (SrCl ₂ ·6H ₂ O)	71
Нитрат бария (Ba(NO ₃) ₂)	71
Карбонат бария (BaCO ₃)	72
Хромат бария (BaCrO ₄), 1-й способ	72
Хромат бария (BaCrO ₄), 2-й способ	73
Тетрагидрат ортофосфата цинка (Zn ₃ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O)	74
Получение солей металлов III группы периодической системы	74
Октагидрат сульфата алюминия (Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ 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) (BiPO_4)	78
Получение солей металлов VIII группы периодической системы	79
Карбонат кобальта (II) (CoCO_3)	79
Гексагидрат сульфата кобальта (II) ($\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	79
Карбонат никеля (II) (NiCO_3)	80
Гидрокарбонат никеля (II) ($(\text{NiOH})_2\text{CO}_3$)	80
Получение двойных солей	81
Карбонат калия-натрия (KNaCO_3)	81
Хлорид калия-кадмия (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 ₃) ₅ Cl]Cl ₂) (пурпуреосоль)	88
Хлорид гексаамминкобальта (III) ([Co(NH ₃) ₆]Cl ₃).	89
Хлорид гексаамминникеля (II) [Ni(NH ₃) ₆]Cl ₂	90
Хлорид дигидразинникеля ([Ni(N ₂ H ₄) ₂]Cl ₂).	91
Бромид гексаамминникеля (II) [Ni(NH ₃) ₆]Br ₂	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!