

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии
высокочистых веществ им. Г.Г.Девярых Российской академии наук

ПРИНЯТО

Ученым советом ИХВВ РАН

Протокол № 8 от «09» 06 2018 г.

Ученый секретарь, д.х.н. Лазукина О.П.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИХВВ РАН

д.х.н. Буланов А.Д.

«01» 08 2018 г.

**Рабочая программа дисциплины
Летучие неорганические соединения**

Направление подготовки
04.06.01 «Химические науки»

Направленность подготовки
02.00.01 «Неорганическая химия»

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2018

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Летучие неорганические соединения» является обязательной дисциплиной выбора. Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. Для успешного усвоения дисциплины аспирант должен знать основные теоретические положения следующих дисциплин:

- "Общая химия и неорганическая химия" (методы синтеза неорганических соединений);
- "Физическая химия" (основы термодинамики, кинетики, владение основными законами физической химии);
- "Физические методы исследования" (спектроскопические и дифракционные методы исследования);
- "Химическая технология" (методы очистки неорганических соединений).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2	<i>З1 Знать:</i> современное состояние науки в области неорганической химии и в смежных областях. <i>З2 Знать:</i> требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. <i>У1 Уметь:</i> представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях. <i>У2 Уметь:</i> представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу. <i>В1 Владеть:</i> методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности).
ПК-3	<i>З1 Знать:</i> Требования к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования процессов получения неорганических материалов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в области неорганической химии. <i>У1 Уметь:</i> Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области. <i>В1 Владеть:</i> Современными методами обработки экспериментальных данных (в том числе – больших массивов

	экспериментальных данных) и/или современными методами численного моделирования сложных химических процессов; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.
--	---

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа (72 часа лекции, 72 часа самостоятельная работа обучающегося).

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Летучие неорганические соединения – источник высокочистых веществ.	36	18	-	-	-	18	18
Летучие неорганические гидриды.	36	18	-	-	-	18	18
Летучие галогениды металлов	36	18	-	-	-	18	18
Металлорганические соединения и металлокомплексы.	36	18				18	18
Аттестация по дисциплине - зачет							
Итого	144	72	-	-	-	72	72

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Летучие неорганические соединения – источник высокочистых веществ.

Неорганические гидриды, галиды, металлорганические соединения и металлокомплексы – важнейшие классы летучих соединений. Понятие летучего вещества. Практическое использование и значение высокочистых летучих соединений металлов. Понятие высокочистого вещества и его история. Способы выражения содержания примесей в высокочистых веществах. Классификация химических продуктов. Квалификации химических реактивов и высокочистых веществ. Высокочистые летучие вещества в непромышленных условиях. Проблема тары, фасовки и упаковки. Условия хранения и транспортировки высокочистых летучих веществ. Подготовка образца

для дальнейшей работы с ним. Выставка-коллекция высокочистых веществ. Цели и задачи выставки-коллекции. Современное состояние выставки-коллекции. Примесный состав высокочистых летучих веществ.

Раздел 2. Летучие неорганические гидриды.

Классификация и номенклатура гидридов. Методы получения гидридов и их примесный состав. Определение примесей в высокочистых гидридах газо-хроматографическим и масс-спектрометрическим методами. Техника работы с высокочистыми летучими гидридами. Методы очистки гидридов химическими, сорбционными, дистилляционными и мембранными методами. Применение высокочистых гидридов.

Раздел 3. Летучие галогениды металлов

Неорганические хлориды. Методы получения летучих хлоридов. Примесный состав летучих хлоридов и факторы, его определяющие. Определение примесей в высокочистых летучих хлоридах масс-спектрометрическим, газо-хроматографическим и химико-спектральным методами. Физико-химические методы определения примесей в летучих хлоридах в водных растворах. Техника работы с летучими хлоридами. Важнейшие представители летучих хлоридов и химические методы их очистки. Применение физико-химических методов для очистки летучих хлоридов. Применение высокочистых хлоридов. Летучие неорганические фториды, бромиды и иодиды. Важнейшие представители. Методы их получения и очистки. Применение.

Раздел 4. Металлорганические соединения и металлокомплексы.

Карбонилы металлов. Строение и номенклатура карбониллов. Методы получения и очистки карбониллов. Применение карбониллов. Металлорганические соединения. Химическая связь углерод – металл и понятие металлорганического соединения. Методы получения металлорганических соединений. Методы очистки металлорганических соединений. Применение металлорганических соединений для получения простых веществ и бинарных соединений. Металлокомплексы. Понятие металлокомплекса и их строение. σ - и π -Комплексы. Хелаты. Металлокомплексы, координированные атомами кислорода, азота и серы. Дикетонаты, алкоголяты, карбоксилаты. Гексаметилдисилазанаты. Диалкилдитиокарбаматы. Методы получения лигандов и металлокомплексов. Влияние природы лиганда на летучесть металлокомплексов. Методы очистки металлокомплексов. Определение примесей в металлокомплексах газо-хроматографическим и химико-спектральным методами. Применение металлокомплексов для получения высокочистых материалов. Бис-арильные и бис-циклопентадиенидные комплексы как представители π -комплексов металлов. Методы их получения, очистки и применение для получения простых веществ и бинарных соединений.

4. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине используются различные образовательные технологии:

информационно-развивающие технологии (самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации);

деятельностные практико-ориентированные технологии (анализ, сравнение методов проведения химических и физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной ситуации и его практическая реализация);

развивающие проблемно-ориентированные технологии (учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность, решение задач повышенной сложности).

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме опроса.

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Основные классы летучих неорганических соединений.
2. Понятие летучего вещества.
3. Классификация и номенклатура гидридов.
4. Методы очистки летучих гидридов.
5. Получение высокочистых простых веществ из летучих гидридов.
6. Методы получения и очистки летучих хлоридов.
7. Факторы, определяющие примесный состав летучих хлоридов.
8. Определение примесей в высокочистых летучих хлоридах масс-спектрометрическим, газохроматографическим и химико-спектральными методами.
9. Получение и очистка летучих иодидов. Их применение для получения высокочистых простых веществ и оксидов.
10. Строение и номенклатура карбониллов.
11. Применение карбониллов.
12. Методы получения металлоорганических соединений.

13. Применение металлоорганических соединений для получения простых веществ и бинарных соединений.
14. Выставка-коллекция высокочистых веществ. Достигнутый уровень чистоты летучих веществ.
15. Техника работы с высокочистыми летучими веществами. Проблема тары, фасовки, упаковки и транспортировки.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Уровень освоения учебной дисциплины обучающимися определяется следующими оценками: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» предполагает:

- хорошее знание основных терминов и понятий курса;
- последовательное изложение материала;
- умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов;
- достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета;
- умение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответе на зачете.

Оценка «не зачтено» предполагает:

- неудовлетворительное знание основных терминов и понятий курса;
- отсутствие логики и последовательности в изложении материала;
- неумение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов;
- неумение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответах на зачете.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций, где указаны критерии оценивания результатов обучения и Планируемые результаты обучения.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Основные классы летучих неорганических соединений (ПК-2, ПК-3).

2. Понятие летучего вещества (ПК-2, ПК-3).
3. Классификация и номенклатура гидридов (ПК-2, ПК-3).
4. Методы очистки летучих гидридов (ПК-2, ПК-3).
5. Получение высокочистых простых веществ из летучих гидридов (ПК-2, ПК-3).
6. Методы получения и очистки летучих хлоридов (ПК-2, ПК-3).
7. Факторы, определяющие примесный состав летучих хлоридов (ПК-2, ПК-3).
8. Определение примесей в высокочистых летучих хлоридах масс-спектрометрическим, газохроматографическим и химико-спектральными методами (ПК-2, ПК-3).
9. Получение и очистка летучих иодидов. Их применение для получения высокочистых простых веществ и оксидов (ПК-2, ПК-3).
10. Строение и номенклатура карбониллов (ПК-2, ПК-3).
11. Применение карбониллов (ПК-2, ПК-3).
12. Методы получения металлоорганических соединений (ПК-2, ПК-3).
13. Применение металлоорганических соединений для получения простых веществ и бинарных соединений (ПК-2, ПК-3).
14. Выставка-коллекция высокочистых веществ. Достигнутый уровень чистоты летучих веществ (ПК-2, ПК-3).
15. Техника работы с высокочистыми летучими веществами. Проблема тары, фасовки, упаковки и транспортировки (ПК-2, ПК-3).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Э.Г. Раков. Неорганические наноматериалы [Электронный ресурс] : учебное пособие. —Эл. изд.— М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.—477 с. **В электронной форме**
2. Ратушный В.И., Ермолаева Н.В., Смолин А.Ю. Методы получения эпитаксиальных гетерокомпозиций: Учебное пособие. - М.:НИЯУ "МИФИ", 2012. - 200 с. **В электронной форме**
3. А.А. Раскин, В.К. Прокофьева. Раскин, А. А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Ч. 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. - 3-е изд. - (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 164 с. **В электронной форме**
4. Девярых Г.Г., Карпов Ю.А., Осипова Л.И. Выставка-коллекция веществ особой чистоты. М.: Наука, 2003. **В бумажной форме 10 экз.; в электронной форме**
5. Фахльман Б.Химия новых материалов и нанотехнологий. – М.: Интеллект, 2011 г. **в бумажной форме**
6. Струк В.А., Пинчук Л.С., Мышкин Н.К., Гольдаде В.А., Витязь П.А. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях. – М.: Интеллект, 2010. **В бумажной и электронной форме**
7. Реслер И., Хардерс Х., Беккер М. Механическое поведение конструкционных материалов. – М.: Интеллект, 2011 г. **в бумажной и электронной форме**
8. Корольков Д.В., Скоробогатов Г.А. Теоретическая химия: учеб. пос. – 2-е изд. – СПб.: С-Петербург. Ун-т, 2005 **В электронной форме**

9. Мюллер У. Структурная неорганическая химия.- Изд.дом «Интеллект», 2009 **в бумажном виде**
10. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии.- М., Техносфера, 2005 **в бумажной форме**
11. Неорганическое материаловедение. Основы науки о материалах. Под ред. Г.Г. Гнесина, В.В. Скорохода, том 1 - Наукова Думка, 2008. **В бумажной форме**
12. Неорганическое материаловедение. Материалы и технологии. Под ред. Г.Г. Гнесина, В.В. Скорохода, том 2 - Наукова Думка, 2008. **В бумажной форме**
13. Девярых Г.Г., Чурбанов М.Ф. «Высокочистые халькогены», Н.Новгород.: Изд-во ННГУ, 1997. **В бумажной форме весь тираж**
14. «Получение и анализ веществ особой чистоты», Под ред. Г.Г. Девярых, М.: Наука, 1974. **В бумажной форме 8 экз.**
15. Девярых Г.Г., Бурханов Г.С. «Высокочистые тугоплавкие и редкие металлы», М.: Наука, 1993. **В бумажном виде 9 экз.**

б) дополнительная литература:

1. В. М. Рошин, М. В. Силибин. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Ч. 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. / - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 180 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=544071> **в электронной форме**
2. Девярых Г.Г., Еллиев Ю.Е. «Глубокая очистка веществ», М.: Высшая школа, 1974. **В бумажной форме 4 экз., в электронной форме**
3. Девярых Г.Г., Еллиев Ю.Е. «Введение в теорию глубокой очистки веществ», М.: Наука, 1981. **В бумажной форме 2 экз.**
4. Степин Б.Д. и др. «Методы получения особо чистых неорганических веществ», Л.: Химия, 1969. **В бумажной и электронной форме**

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://elibrary.ru>

<http://нэб.рф>

<http://info.sciencedirect.com/techsupport/journals/freedomcoll.htm>

<http://www.elsevier.com/solution/sciencedirect/content/book-title-lists>

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/500845/description#description

<http://www.tandf.co.uk/journals/titles/17415993.asp>

<http://www.tandf.co.uk/journals/titles/00958972.html>

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/504088/description#description

<http://www.tandf.co.uk/journals/titles/02603594.html>

г) периодические издания:

1. Доклады Академии наук
2. Журнал аналитической химии
3. Журнал неорганической химии
4. Журнал физической химии
5. Заводская лаборатория
6. Известия ВУЗ: Материалы электронной техники
7. Квантовая электроника
8. Коллоидный журнал
9. Масс-спектрометрия
10. Металлы
11. Мир измерений
12. Неорганические материалы
13. Оптика и спектроскопия

14. Оптический журнал
15. Перспективные материалы
16. Теоретические основы химической технологии
17. Успехи химии
18. Физика и химия стекла
19. Фотоника
20. Химия и жизнь
21. Энциклопедия инженера-химика

5. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Ноутбук, медиа-проектор, экран.

Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 04.06.01. Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) - приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869.
2. Паспорт научной специальности 02.00.01 – неорганическая химия, разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59.

Автор

Д.х.н.

_____ Буланов А.Д.

Рецензент

Зав. ЛСМ, д.х.н.

_____ Моисеев А.Н.

Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина

ПК-2

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области неорганической химии и в смежных областях	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области неорганической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области неорганической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области неорганической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области неорганической химии
ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях
УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях

				изданиях	
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР

ПК-3

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5

компетенций)					
<p>ЗНАТЬ:</p> <p>Требования к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования процессов получения неорганических материалов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в области неорганической химии</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования процессов получения неорганических материалов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в области неорганической химии	Неполные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования процессов получения неорганических материалов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в области неорганической химии	Сформированные, но содержащие определенные пробелы знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования процессов получения неорганических материалов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в области неорганической химии	Сформированные и систематические знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования процессов получения неорганических материалов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в области неорганической химии
<p>УМЕТЬ:</p> <p>Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных	В целом успешное, но не систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей	Успешное и систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных

профессиональной области		химических процессов в своей профессиональной области	химических процессов в своей профессиональной области	профессиональной области	химических процессов в своей профессиональной области
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>Современными методами обработки экспериментальных данных (в том числе – больших массивов экспериментальных данных) и/или современными методами численного моделирования сложных химических процессов; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение современных методов обработки экспериментальных данных (в том числе – больших массивов экспериментальных данных) и/или современными методами численного моделирования сложных химических процессов; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение современных методов обработки экспериментальных данных (в том числе – больших массивов экспериментальных данных) и/или современными методами численного моделирования сложных химических процессов; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.</p>	<p>В целом успешные, но содержащие определенные пробелы навыки применения современных методов обработки экспериментальных данных (в том числе – больших массивов экспериментальных данных) и/или современными методами численного моделирования сложных химических процессов; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков применения современных методов обработки экспериментальных данных (в том числе – больших массивов экспериментальных данных) и/или современными методами численного моделирования сложных химических процессов; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.</p>