

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.  
Лобачевского»

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол от

31 августа 2021 г. № 11

**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  
2021

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

Дисциплина «Летучие неорганические соединения» относится к числу профессиональных дисциплин, является обязательной дисциплиной выбора и изучается на 2 году обучения, в 4 семестре.

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
<i>ПК-2 базовый</i>	<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).
<i>ПК-3 базовый</i>	<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 2 зачетные единицы, всего 72 часа (18 часов лекции, 54 часа самостоятельная работа обучающегося).

**Таблица 2**

#### Структура дисциплины

(указываются разделы (модули) с отведенным на них количеством академических часов с разбивкой по формам занятий)

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.	16	4	-	-	-	-	12
Летучие неорганические гидриды.	20	5	-	-	-	-	15
Летучие галогениды металлов	16	4	-	-	-	-	12
Металлорганические соединения и металлокомплексы.	20	5					15
Аттестация по дисциплине - зачет							
Итого	72	18	-	-	-	-	54

## Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Летучие неорганические соединения – источник высокочистых веществ.	Неорганические гидриды, галиды, металлоорганические 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 производственных 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.	Лекции, самостоятельная работа обучающегося	Защита реферата
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.	Лекции, самостоятельная работа обучающегося	Защита реферата

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-спектральными 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.	Лекции, самостоятельная работа обучающегося	Защита реферата
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. $\sigma$ - и $\pi$ - Комплексы. Хелаты. Металлокомплексы, координированные атомами кислорода, азота и серы. Дикетонаты, алкоголяты, карбоксилаты. Гексаметилдисилазанаты. Диалкилдитиокарбаматы. Методы получения лигандов и металлокомплексов. Влияние природы лиганда на летучесть	Лекции, самостоятельная работа обучающегося	Защита реферата

		<p>металлокомплексов. Методы очистки металлокомплексов. Определение примесей в металлокомплексах газо-хроматографическим и химико-спектральными методами. Применение металлокомплексов для получения высокочистых материалов. Бис-арильные и бис-циклопентадиенидные комплексы как представители <math>\pi</math>-комплексов металлов. Методы их получения, очистки и применение для получения простых веществ и бинарных соединений.</p>		
--	--	---	--	--

#### 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 контроля самостоятельной работы (защита реферата).

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, газо-хроматографическим 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.

#### Темы рефератов:

1. Методы получения и примесный состав летучих неорганических гидридов.
2. Получение высокочистых простых веществ и оксидов из летучих хлоридов.
3. Методы получения и очистки карбониллов.
4. Классификация и строение металлокомплексов.
5. Методы получения лигандов и металлокомплексов.
6. Применение металлокомплексов для получения высокочистых материалов.

#### **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.
2. Ратушный В.И., Ермолаева Н.В., Смолин А.Ю. Методы получения эпитаксиальных гетерокomпозиций: Учебное пособие. - М.:НИЯУ "МИФИ", 2012. - 200 с.
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.

б) дополнительная литература:

1. В. Д. Валова (Копылова), Е. И. Паршина. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : Практикум / - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. - 200 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=430507>
2. В. М. Рощин, 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>

3. Тихонов, Г. П. Общая химия. Часть 3 [Электронный ресурс] : Учебное пособие для самостоятельной подготовки студентов - М. : МГАВТ, 2010. - 200 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=404157>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

[http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/500845/description#description](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.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/504088/description#description)

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

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор

Доцент кафедры неорганической химии, д.х.н.

\_\_\_\_\_ Сибиркин А.А.

Рецензент

Заведующий кафедрой физической химии

химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского \_\_\_\_\_ Зеленцов С.В.

Заведующий кафедрой химии твердого тела

химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского \_\_\_\_\_ Сулейманов Е.В.

Программа рекомендована на заседании кафедры химии твердого тела от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г. протокол № \_\_\_\_.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии химического факультета от 27 августа 2021, протокол № 1.

## Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина

## ПК-2

<b>Планируемые результаты обучения</b>  (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b>  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
<b>ЗНАТЬ:</b>  требования к содержанию и правилам 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
<b>УМЕТЬ:</b>  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)					
<b>ЗНАТЬ:</b>  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	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
<b>УМЕТЬ:</b>  Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей	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
<b>ВЛАДЕТЬ:</b>  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.	Отсутствие навыков	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.	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.	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.	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.