

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Романчук Иван Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 31.03.2022 09:03:36

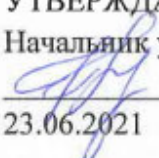
Уникальный программный ключ:

6319edc2b582ffdacea443f01d5779368d0957ac34f5cd074d81181530452479

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Начальник управления ИОТ

 Н.К. Федорова

23.06.2021

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД И НОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия

(очная форма обучения)

Т.А. Кремлева. «Оценка качества вод и нормирование загрязнений». Направление подготовки: 04.03.01 Химия. Очная форма обучения. Тюмень, 2020.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ООП ВО по направлению подготовки.

Рекомендовано к изданию кафедрой органической и экологической химии. Утверждено заведующим кафедрой. Рабочая программа дисциплины «Оценка качества вод и нормирование загрязнений» опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Т.А. Кремлева, 2021.

## 1. Пояснительная записка

Функционирование природных водных экосистем зависит от многочисленных и разных по своей природе факторов. Студенты, выбирающие данный профессиональный электив, должны хорошо ориентироваться в этой многообразии и иметь представление о доминирующих, наиболее существенных факторах, определяющих способность экосистем к существованию и самовосстановлению. Для этого необходимо иметь представление о способах оценки качества вод и нормирование загрязнений

Цель: ознакомиться с методами оценки качества вод и сформировать соответствующие компетенции в области нормирования загрязнения природной среды.

Задачи:

1. ознакомиться с аналитическим оборудованием, основными приборами, используемыми для определения оценки качества водных экосистем;
2. ознакомиться с методами изучения абиотических факторов природной среды в геоэкологических исследованиях;
3. изучить методические основы определения биотических и абиотических показателей состояния окружающей объектов среды, необходимых для оценки их экологического состояния в условиях работы нефтегазодобывающих предприятий;

### 1.1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) входит в блок Б.1 Дисциплины (модули), части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплина (модуль) по выбору.

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины (модуля)

Код и наименование компетенции	Код и наименование части компетенции <sup>1</sup>	Планируемые результаты обучения: (знаниевые/функциональные)
ПК-4 способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции.	ПК-4	<b>Знает</b> оптимальные способы применения методов обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований
		<b>Умеет</b> выбирать и применять наиболее подходящие методы обработки и интерпретации экологической информации для проведения самостоятельной научной работы

<sup>1</sup> Заполняется при необходимости

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		7
<b>Общий объем</b> зач. ед. час.	4	4
	144	144
Из них:		
<b>Часы контактной работы (всего):</b>	50	50
Лекции	16	16
Практические занятия	34	34
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>	94	94
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)	Зачет	Зачет

## 3. Система оценивания

**3.1.** Оценивание достижений обучающихся в течение семестра осуществляется на основе балльно-рейтинговой системы. Баллы начисляются студентам за следующие активности:

- 1) посещение и работа на лекционном занятии – 0- 2 балла;
- 2) работа на практическом занятии – 0-3 балла;
- 3) подготовка презентаций по заданной теме – 0-5 баллов;
- 4) бонусные баллы за активную работу на практическом занятии – 0-4 балла

Зачетное занятие предполагает устный опрос студентов.

Для защиты работы студент должен ответить на следующие вопросы:

Для получения зачета по дисциплине обучающимся необходимо набрать за семестр не менее 61 балла. Студенты, набравшие по итогам работы в семестре менее 61 балла, сдают зачет по дисциплине в форме устного собеседования.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультаци и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические	

					занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Оценка степени загрязнения водных экосистем	22	2	5	0	0
2.	Отбор проб и методы контроля загрязнения вод	32	4	9	0	0
3.	Источники загрязнения водоемов	22	2	5	0	0
4.	Микроэлементный природных вод	22	2	5	0	0
5.	Процессы в водоемах с участием токсикантов	23	4	5	0	0
6.	Экологический мониторинг и контроль	23	2	5	0	0
	Итого (часов)	<b>144</b>	16	34	0	0

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля) по темам

Темы лекционных занятий.

1. Оценка степени загрязнения водных экосистем. Абиотические факторы природной среды в геоэкологических исследованиях. Основные геохимические показатели, характеризующие состояние природных экосистем. Характеристики водной среды: ионный состав, содержание биогенных элементов, микроэлементов, органического вещества и др. Основные характеристики почв и донных отложений. Понятие об устойчивости природных экосистем к антропогенному воздействию.

2. Отбор проб и методы контроля загрязнения вод. Воздействие предприятий нефтегазового комплекса. Основные загрязняющие вещества, поступающие в объекты окружающей среды при работе предприятий нефтегазового комплекса. Загрязнение окружающей среды нефтяными углеводородами, тяжелыми металлами, продуктами сжигания попутных газов. Токсическое действие этих загрязняющих веществ на биоту.

3. Источники загрязнения водоемов. Аналитические методы, используемые для определения загрязняющих веществ в окружающей среде. Краткая характеристика физико-химических и спектральных методов анализа: электрохимические методы

(потенциометрия, кондуктометрия, инверсионная вольтамперометрия и др.), хроматографические методы, молекулярная и атомная спектроскопия.

4. Микроэлементный природных вод. Пределы обнаружения, чувствительность лабораторных и полевых приборов.

5. Процессы в водоемах с участием токсикантов. Загрязняющие вещества в природных водах. Поведение загрязняющих веществ в природных водах. Особенности поведения тяжелых металлов, связанные и свободные формы, инактивация, участие растворенного органического вещества во внутриводоемных процессах.

6. Экологический мониторинг и контроль. Стандарты качества окружающей среды. Нормирование атмосферных загрязнений. Нормирование загрязняющих веществ в водных объектах. Нормирование содержания вредных веществ в почве.

Аналитические методы контроля за состоянием окружающей среды. Приоритетные контролируемые параметры окружающей среды.

Концепция и структура системы мониторинга, принципы ее функционирования. Роль мониторинга в анализе и предупреждении опасного развития последствий глобальных антропогенных воздействий.

7. Зачетное занятие

## 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Оценка степени загрязнения водных экосистем	Изучение теоретического материала. Чтение обязательной и дополнительной литературы Опрос, тестирование
2.	Отбор проб и методы контроля загрязнения вод	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы. Выполнение самостоятельных работ
3	Источники загрязнения водоемов	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы. Выполнение самостоятельных работ. Опрос
4	Микроэлементный природных вод	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы. Контрольная работа №1.
5	Процессы в водоемах с участием токсикантов	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы. Выполнение самостоятельных работ. Опрос
6	Экологический мониторинг и контроль	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций.
8	Зачетное занятие	Самостоятельное изучение заданного материала. Подведение итогов, выполнение дополнительного задания

## 6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

### 6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

#### *Примерный перечень вопросов (тем) для контрольных работ*

Контрольная работа №1.

1. Перечислите основные геохимические показатели, характеризующие состояние природных экосистем.
2. Каковы основные характеристики водной среды?
3. Охарактеризуйте ионный состав, содержание биогенных элементов, микроэлементов в природных водах.
4. Перечислите основные характеристики почв и донных отложений.
5. Перечислите основные загрязняющие вещества, поступающие в объекты окружающей среды при работе предприятий нефтегазового комплекса.
6. Дайте определение понятиям «нефтяные углеводороды», «нефтепродукты».
7. Дайте краткую характеристику электрохимических методов анализа (перечислите методы, измеряемые величины, определяемые показатели).
8. Дайте краткую характеристику спектральных методов анализа (перечислите методы, измеряемые величины, определяемые показатели).
9. Дайте краткую характеристику хроматографических методов анализа (перечислите методы, измеряемые величины, определяемые показатели).
10. Какие методы анализа необходимо использовать для определения водородного показателя, удельной электропроводности.
11. Какое портативное оборудование можно использовать для внелабораторного анализа?
12. Охарактеризуйте пределы обнаружения, чувствительность лабораторных и полевых приборов.
13. Классификация и особенности применения хроматографических методов.
14. Перечислите абиотические показатели, определяемые хроматографическими методами.
15. В чем особенности определения токсичных органических соединений (полициклические ароматические углеводороды, галогенорганические соединения и пр.) хроматографическим методом анализа?
16. Классификация и особенности применения спектральных методов анализа.
17. Перечислите абиотические показатели, определяемые различными спектральными методами.
18. Охарактеризуйте атомно-абсорбционный метод анализа (сущность метода, измеряемый аналитический сигнал, определяемые показатели).
19. Определение содержания тяжелых металлов в пробах различной природы. Пробоподготовка, чувствительность, ограничения.
20. Какие методы анализа можно использовать для определения содержания нефтяных углеводородов?
21. Сравните различные спектральные методы (ИК-спектрометрия, флуориметрия) в применении к анализу содержания нефтяных углеводородов (особенности анализа, пределы обнаружения, чувствительность, достоинства и ограничения).
22. Сравнение чувствительности различных методов анализа.
23. Пределы обнаружения современных методов анализа, способы повышения чувствительности методов.
24. Выбор метода анализа и аналитической методики, в соответствии с целями и задачами геоэкологических исследований: стоимость анализа, время анализа, пробоподготовка и пр.

## Контрольная работа №1.

### Примерные варианты заданий

#### Вариант 1

Укажите основные характеристики водной среды природных экосистем: особенности ионного состава, уровни содержания биогенных элементов, микроэлементов, органического вещества и др.

Перечислите основные загрязняющие вещества, поступающие в объекты окружающей среды при работе предприятий нефтегазового комплекса.

Перечислите возможные методы определения тяжелых металлов в объектах окружающей среды (воде, почвах, донных отложениях).

Сравните приведенные методы определения тяжелых металлов по их метрологическим характеристикам.

#### Контрольная работа №2.

Комплексное задание для студентов по курсу «Приборы и методы изучения абиотических факторов природной среды в геоэкологических исследованиях»

Каждому студенту предоставляются данные по химическому составу вод четырех озер. Задача студента – дать общую характеристику этих водных объектов, провести оценку устойчивости к поступлению загрязняющих веществ, оценить их экологическое состояние.

Работа должна быть структурирована, результаты расчетов приведены в виде таблиц. Образец оформления таблиц приведен ниже.

### Комплексное задание

Фамилия, Имя, вариант задания

#### Раздел 1. Общая характеристика химического состава вод.

В этом разделе вы приводите свои данные по обобщенным характеристикам (рН, УЭП, цветность, ионный состав) вод. Надо выбрать соответствующие показатели и представить их в виде таблицы. Таблица должна быть оформлена по правилам.

Таблица 1

Название таблицы

Озеро, номер	Координаты	Показатели химического состава вод					

После таблицы приводится анализ состава водной среды.

Классификация по минерализации и кислотности.

Далее еще одна таблица, для проведения классификации озер по О.А. Алекину, в ней концентрации главных ионов должны быть приведены в ммоль-экв/дм<sup>3</sup>.

Таблица 2

Название таблицы



Озеро, номер	Ионный состав, ммоль-экв/дм <sup>3</sup>			
1				

Общая характеристика водного объекта: главные ионы, классификация по О.А. Алекину, по минерализации и кислотности.

Сравнение озер по другим характеристикам: цветность, содержание биогенных элементов.

Оценка устойчивости водоема в отношении кислотообразующих веществ.

## **Раздел 2. Микроэлементный состав вод**

В этом разделе сначала тоже в виде таблицы приводятся данные содержанию микроэлементов.

Затем, на основании этих данных рассчитывается индекс загрязненности вод (ИЗВ).

Далее приводится характеристика методов анализа. Наличие самых опасных токсикантов. Сравнение с ПДК.

В случае пропусков занятий, для набора недостающих баллов студент может выполнить дополнительное задание.

### **Дополнительное задание по курсу: Приборы и методы изучения абиотических факторов природной среды в геоэкологических исследованиях»**

Для получения недостающих баллов предлагается выполнить задание: найти научную статью по оценке состояния водных объектов, провести ее анализ.

Статья должна быть не ранее 2010 года выпуска. Можно рассматривать любые пресноводные объекты (т.е. кроме вод морей и океана). Реки, большие, малые, озера, расположенные в любой части света.

Анализ статьи должен содержать следующие пункты:

Характеристика объекта (географическая и морфологическая)

Определяемые показатели и методы их определения (как химического состава вод, так и другие, например, биологические и т.п.), используемые для оценки экологического состояния объекта.

Способ оценки состояния объекта (коэффициенты загрязнения, индексы и т.п.)

Обобщение: что полезного вы узнали, чем вас заинтересовал материал.

За анализ одной статьи – максимум 10 баллов.

Количество статей – в зависимости от того, сколько баллов не хватает до зачета.

Анализ статей не заменяет выполнение обязательных контрольных 1 и 2. Только после их предоставления можно добирать баллы.

## **6.2 Критерии оценивания компетенций:**

Таблица 4

### **Карта критериев оценивания компетенций**

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-4 способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции	<p><b>Знает</b> оптимальные способы применения методов обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований</p> <p><b>Умеет</b> выбирать и применять наиболее подходящие методы обработки и интерпретации экологической информации для проведения самостоятельной научной работы</p>	Контрольные работы 1,2 Зачетное занятие	<p><b>Пороговый (удовл.)</b> <b>Знает</b> Методы контроля качества результатов химического анализа, паспортизации результатов контроля</p> <p><b>Умеет</b> реферировать специальную литературу по проектированию, экспертно-аналитической работе</p> <p><b>Базовый (хор.)</b> <b>Знает</b> знает современные подходы и методы, используемые в проектировании, экспертно-аналитической деятельности</p> <p><b>Умеет</b> применять современные подходы и методы к выполнению проектных работ</p> <p><b>Повышенный (отл.)</b> <b>Знает</b> преимущества использования современных</p>

				методов, аппаратуры и вычислительных комплексов в выполнении исследований <b>Умеет</b> умеет использовать весь арсенал аппаратуры и вычислительных комплексов для проведения научных исследований
--	--	--	--	---

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

### 7.1 Основная литература: (1-2 источника, исключительно электронные издания)

1. Калинин, В. М. Экологический мониторинг природных сред: Учебное пособие/В.М.Калинин, Н.Е.Рязанова - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 203 с. ISBN 978-5-16-010638-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/496984> (дата обращения: 23.04.2020). – Режим доступа: по подписке.

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Никаноров, А. М. Фундаментальные и прикладные проблемы гидрохимии и гидроэкологии : учебное пособие / А. М. Никаноров. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2015. — 572 с. — ISBN 978-5-9275-1735-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/78716.html> (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Решетняк, О. С. Гидрохимия и охрана водных ресурсов : учебное пособие / О. С. Решетняк, А. М. Никаноров. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. — 134 с. — ISBN 978-5-9275-2428-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87405.html> (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Топалова, О. В. Химия окружающей среды : учебное пособие / О. В. Топалова, Л. А. Пимнева. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-1504-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90852> (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Егоров, В. В. Экологическая химия : учебное пособие / В. В. Егоров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-0897-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167345> (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 7.3 Интернет-ресурсы:

- Электронная библиотека учебных материалов по химии химического факультета Московского государственного университета: <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary>.
- Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>.
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/window/>
- Федеральный портал «Российское образование»: <http://www.edu.ru/>
- Сайт ChemNet: <http://www.chemnet.ru>;
- Журнал "Успехи химии": [http://library.nstu.ru/prezentazia\\_izdanii/prez\\_jurnal/ximiya](http://library.nstu.ru/prezentazia_izdanii/prez_jurnal/ximiya);
- Электронная библиотека по химии и технике: <http://rushim.ru/books/books.htm>;
- Мир химии: <http://chem.km.ru>;
- ChemWeb - Международный клуб химиков, журнал химических новостей
- "The Alchemist": <http://www.chemweb.com/alchem>;
- Официальный сайт Международной общественной организации "Наука и Техника",  
электронный библиотечный фонд: <http://n-t.ru>;
- Химический портал: [www.ChemPort.ru](http://www.ChemPort.ru);
- научная сеть: химия <http://www.nature.ru>;
- информационная система: <http://www.chemrar.ru>.
- Электронно библиотечная система <https://znanium.com>

### Нормативные документы:

1. Закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 (ред. от 29.12.2015) <https://base.garant.ru/12125350/>
2. Закон «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ от 24.06.1998 (ред. 29.12.2015) [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/)
3. Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999 (ред. от 13.07.2015) (ст. 22). [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22481/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/)
4. Закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 99-ФЗ от 04.05.2011 (ред. от 10.01.2016). [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_113658/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113658/)
5. Базельская конвенция от 22.03.1988 (вступила в силу 5.05.1992). <http://docs.cntd.ru/document/1901208>
6. Гигиенические нормативы химических веществ в окружающей среде. 3-е изд., доп. и перераб. / Под ред. Ю.А. Рахманина, В.В. Семеновой, А.В. Москвина. – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 768 с.

### 7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Межвузовская электронная библиотека (МЭБ) <https://icdlib.nspu.ru/>

Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>

### 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости):

Использование типовых компьютерных программ (Excel, Word, PowerPoint) для решения вычислительных задач, составления отчетов и презентаций. Microsoft Teams, Zoom, Cisco Meeting или другая программа для осуществления дистанционного обучения.

## **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- Работа с Интернетом
- Работа с информационным порталом МБК ТюмГУ

Учебные аудитории, оснащенные мультимедийным оборудованием, с возможностью демонстрации видео, с выходом в Интернет, позволяющие работать в дистанционном режиме.

- Лаборатории для проведения занятий не требуются.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник управления ИОТ  
 Н.К. Федорова  
23.06.2021

**РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия  
(очная форма обучения)

Харитонцев В.Б., Середина Ю.В. Радиологическая химия. Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия, профиль: Фундаментальная и прикладная химия, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: Радиологическая химия [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

## 1. Пояснительная записка

Радиологическая химия - область химии, изучающая химию радиоактивных изотопов, элементов и веществ, законы их физико-химического поведения, химию ядерных превращений и сопутствующих им физико-химических процессов.

Основная цель дисциплины – усвоение обучающимися основных положений радиологической химии, получение представлений о видах радиационного излучения, дозиметрии, типах различных изотопов, используемых в научных исследованиях, медицине и промышленности, процессах, которые происходят под действием ионизирующего излучения в различных средах и материалах, а также способы получения, очистки и концентрирования радиоактивных элементов.

Основные задачи изучения дисциплины состоят в получении обучающимися основных научно-практических знаний в области химии радиоактивных элементов и применение радиоактивных изотопов различных элементов на практике.

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) входит в блок Б.1 Дисциплины (модули), части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплина (модуль) по выбору.

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

№ п/п	Код и наименование компетенции	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения: (знаниевые/функциональные)
1.	ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1	Знает основные понятия радиологической химии и ее место в ряду естественных наук, теоретические основы дозиметрии и защиты от ионизирующих излучений, получения и применения радиоактивных элементов для нужд промышленности, методы обогащения, концентрирования и очистки радиоактивных элементов из природного сырья. Умеет проводить количественные расчеты с учетом основных постоянных радиоактивного распада, рассчитывать значение поглощенных доз ионизирующего излучения, выявлять химические особенности различных химических соединений на основе радиоактивных элементов.



			Знает современные представления об устойчивости атомных ядер и явлении радиоактивности, о ядерных превращениях и реакциях; преимущества и недостатки современных и перспективных вариантов промышленной радиохимии, в том числе способов изготовления нового топлива, переработки отработавшего ядерного топлива, отверждения радиоактивных отходов, их трансмутации, хранения и захоронения.
2.	ПК-2. Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	ПК-2	<p>Умеет осуществлять поиск научной литературы по тематике или объектам исследований, отбор статей, относящихся к тематике исследования; грамотно формулировать алгоритм решения радиохимических задач с учетом знаний о процессах радиоактивного распада и воздействии ионизирующего излучения на вещество.</p> <p>Умеет организовать работу малочисленного коллектива; распределить задачи между участниками научной группы.</p>

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4-7
<b>Общий объем</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
зач. ед. час	<b>144</b>	<b>144</b>
Из них:		
<b>Часы контактной работы (всего):</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
Лекции	16	16
Практические занятия	34	34
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>	<b>94</b>	<b>94</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)	Зачет	Зачет

## 3. Система оценивания

**3.1.** При оценке результатов освоения дисциплины обучающимися используется 100-бальная система. Баллы распределяются следующим образом:

1. Работа на лекционных занятиях – 0-30 баллов;
2. Работа на практических занятиях – 0-70 балла.

Зачет может быть выставлен по результатам текущего контроля. Обучающиеся, набравшие 61 и более балл, получают зачет автоматом.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультаци и иная контактная работа
			Лекции	Практическ ие занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1	История радиохимии и формирование радиохимии как науки	23	3	4	0	0
2	Основные понятия радиохимии	23	3	6	0	0
3	Дозиметрия ионизирующих излучений	24	3	6	0	0
4	Ядерная медицина	24	3	6	0	0
5	Методы исследования, разделения и выделения радиоактивных элементов	24	2	6	0	0
6	Радиоактивные элементы в промышленности	24	2	6	0	0
7	Зачет	2	0	0	0	0
	Итого (часов)	144	16	34	0	0

### 4.2. Содержание дисциплины по темам

#### Тема 1. История радиохимии и формирование радиохимии как науки

Основные исторические периоды формирования радиохимии как науки. Первые представления об общих закономерностях радиохимии, открытие искусственной радиоактивности, открытие деления тяжелых ядер. История открытия первого радиоактивного элемента Радия. История открытия рентгеновского излучения. Первые ученые занимавшиеся изучением радиации и радиоактивных элементов.

#### Тема 2. Основные понятия радиохимии

Основные понятия, связанные с радиоактивными элементами, радиоактивным распадом и радиоактивным излучением. Виды радиоактивного излучения. Определение массового числа, количества нейтронов, протонов в ядре атома. Радионуклиды. Период полураспада, постоянная распада, активность. Закономерности радиоактивного распада. Скорость радиоактивного распада. Изменение активности нуклида во времени. Радиоактивное равновесие.

#### Тема 3. Дозиметрия ионизирующих излучений

Поглощенная, эффективная и эквивалентная дозы. Единицы их измерения, системные и внесистемные. Взвешивающие коэффициенты. Расчет поглощенной, эквивалентной и эффективной

доз. Способы регистрации ионизирующего излучения. Защита от ионизирующего излучения. Краткие сведения о действии ионизирующего излучения на живые организмы. Образование радикалов в организме под действием ионизирующего излучения. Дозовые зависимости биологических эффектов ионизирующего излучения. Линейная передача энергии.

#### **Тема 4. Ядерная медицина**

Общие представления об ядерной медицине. Меченые соединения. Трейсеры. Общие представления о радиофармацевтических препаратах (РФП). Поведение РФП в организме. Радиофармакология. Основные ядерно-физические характеристики радиоактивных элементов, применяемые для ядерной медицины. Радиоактивные элементы и их изотопы, применяемые для нужд ядерной медицины. Радиоактивные элементы и их ядерно-физические характеристики, применяемые для диагностических и терапевтических целей. Причины выбора радиоактивного элемента, для синтеза РФП, в зависимости от поставленных целей. Получения радионуклидов на ускорителях заряженных частиц. Принцип работы ускорителей, строение. Виды и классы ускорителей. Получаемые радионуклиды и их отличительные особенности. Расчет активности и выхода реакции на циклотроне. Ядерные реакции. Генераторные радионуклиды для ядерной медицины. Изотопный генератор, его устройство и принцип работы. Характеристики основных генераторных пар. Равновесие материнского и дочернего радионуклида. Схема работы генератора хроматографического типа. Радионуклидная и радиохимическая чистота.

#### **Тема 5. Методы исследования, разделения и выделения радиоактивных элементов**

Методы исследования состояния радиоактивных изотопов в растворах. Методы исследования состояния радиоактивных изотопов в твердой и газовой фазах. Распределение микрокомпонентов между жидкой и твердой фазой. Хроматография. Ионный обмен. Экстракционные методы разделения и выделения веществ. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных элементов. Радиоактивные благородные газы.

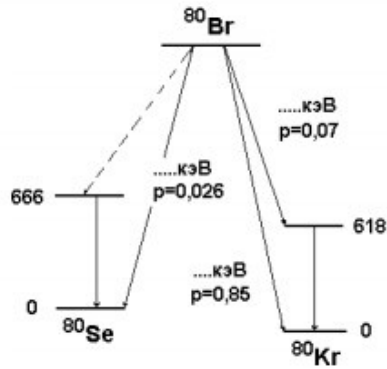
#### **Тема 6. Радиоактивные элементы в промышленности**

Ядерное оружие. Основное сырье для производства ядерного оружия. Переработка ядерных отходов. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия.

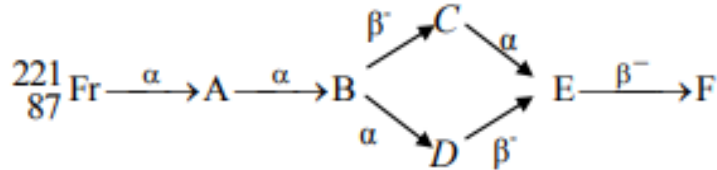
### **Текущий контроль по дисциплине**

#### **Примеры задач**

1. При распаде ядер  $^{44}\text{Sc} \rightarrow ^{44}\text{Ca}$  испускаются позитроны (выход на распад  $p = 94,3\%$ ), моноэнергетические нейтрино ( $p = 5,7\%$ ),  $\gamma$ -кванты 1157 кэВ ( $p \sim 100\%$ ) и 1499 кэВ ( $p \sim 1\%$ ). Вычислите максимальную кинетическую энергию позитронов, если разность масс покоя атомов составляет  $3,92162757 \cdot 10^{-3}$  а.е.м.
2. Ядро  $^{222}\text{Rn}$ , испуская  $\alpha$ -частицу, переходит в основное (невозбужденное) состояние  $^{218}\text{Po}$ . Определите кинетическую энергию  $\alpha$ -частицы. Массы атомов  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{218}\text{Po}$  и  $^4\text{He}$  равны 222,01757379, 218,00896897 и 4,002603261 а.е.м., соответственно.
3. Определите максимальные энергии  $\beta^+$ - и  $\beta^-$ -частиц, испускаемых ядрами  $^{80}\text{Br}$ , и энергию моноэнергетических нейтрино, появляющихся при распаде ядер путем электронного захвата. Массы атомов  $^{80}\text{Br}$ ,  $^{80}\text{Se}$  и  $^{80}\text{Kr}$  равны 79,91852827, 79,91652043 и 79,91637475 а.е.м., соответственно.



4. Расшифруйте цепочку радиоактивных превращений.



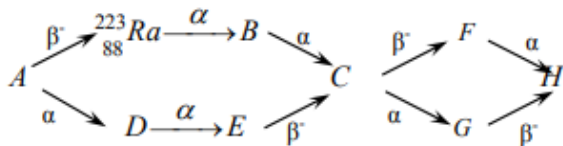
5. Определить удельную активность (Бк/г)  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  (в природной смеси изотопов содержится 15,07%  $^{147}\text{Sm}$ ,  $T_{1/2} = 1,3 \cdot 10^{11}$  лет).

**Примеры опросов по терминам**

Дать определения: изотоп, постоянная распада, гамма-излучение, альфа-частица, активность, изотон, радионуклид, бета-излучение, изобар, рентгеновское излучение.

**Пример контрольной работы**

1. Определите максимальную кинетическую энергию частиц, испускаемых при распаде  $^{13}\text{N} \rightarrow ^{13}\text{C}$  ( $T_{1/2} = 598$  с). Разность масс материнского и дочернего атомов составляет  $2,38389 \cdot 10^{-3}$  а.е.м.; распад не сопровождается испусканием  $\gamma$ -квантов.
2. Расшифруйте цепочку радиоактивных превращений.



3. По приведенным в таблице данным постройте схему распада  $^{60}\text{Co}$ . Разность масс материнского и дочернего атомов составляет 0,00303123668 а.е.м. Энергетический эквивалент 1 а.е.м. принять равным 931501 кэВ.

Нуклид	Получение и сечение ядерной реакции, барн*	Период полураспада $T_{1/2}$	Тип распада	Энергия $E$ и выход на распад $p$			
				частицы		$\gamma$ -кванты	
				$E$ , кэВ	$p$ , %	$E$ , кэВ	$p$ , %
$^{59}_{26}\text{Fe}$	$^{58}\text{Fe}(n,\gamma)^{59}\text{Fe}$ ; 0,98 $^{59}\text{Co}(n,p)^{59}\text{Fe}$ ; 0,006	45 сут	$\beta^-$	273	45	1099	56
				465	53	1292	43
				+слабые		+другие	
$^{58}_{27}\text{Co}$	$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ; 0,23	71 сут	$\beta^+$ (15%) $\Xi\Xi$ (85%)	475	15	511*	30
						811	99
				+слабые			
$^{60}_{27}\text{Co}$	$^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$ ; 37	5,27 года	$\beta^-$	318	100	1173	100
						1333	100

**4. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся**

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	История радиохимии и формирование радиохимии как науки	Проработка лекционного материала, работа с учебной литературой, подготовка к практическому занятию.
2.	Основные понятия радиохимии	Проработка лекционного материала, работа с учебной литературой, подготовка к практическому занятию.
3.	Дозиметрия ионизирующих излучений	Проработка лекционного материала, работа с учебной литературой, подготовка к практическому занятию.
4.	Ядерная медицина	Проработка лекционного материала, работа с учебной литературой, подготовка к практическому занятию.
5.	Методы исследования, разделения и выделения радиоактивных элементов	Проработка лекционного материала, работа с учебной литературой, подготовка к практическому занятию.
6.	Радиоактивные элементы в промышленности	Проработка лекционного материала, работа с учебной литературой, подготовка к практическому занятию.

## **6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)**

### **6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – устный ответ по билету, содержащему четыре задания: 2 теоретических вопроса и 2 типовых задачи. На подготовку ответа выделяется 45 минут.

#### **Вопросы к зачету**

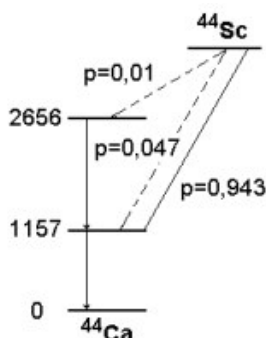
1. Энергия связи нуклонов в ядре. Причины нестабильности атомных ядер. Нуклидная карта. Сверхтяжелые элементы.
2. Понятие радиоактивности. Стохастический характер радиоактивного распада. Виды распределений, описывающих статистику радиоактивного распада и регистрации излучений.
3. Альфа–распад. Энергетические спектры альфа-излучения.
4. Бета-распад с испусканием электронов. Энергетические спектры бетаизлучения.
5. Бета-распад ядер с испусканием позитронов. Энергетические спектры бетаизлучения.
6. Электронный захват. Вторичные процессы в атоме, происходящие при электронном захвате.
7. Испускание гамма-квантов при радиоактивном распаде. Изомерные переходы. Энергетические спектры гамма-излучения.
8. Основной закон радиоактивного распада. Период полураспада. Способы определения периода полураспада. Единицы измерения радиоактивности.
9. Цепочки радиоактивных превращений. Радиоактивные равновесия. Изотопные генераторы.
10. Ядерные реакции. Энергетический эффект и энергетический порог ядерных реакций. Эффективное сечение. Расчет выходов ядерных реакций.
11. Получение радионуклидов с помощью ядерных реакций под действием заряженных частиц.
12. Получение радионуклидов с помощью ядерных реакций под действием нейтронов и гамма-квантов большой энергии.
13. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Эффекты, сопровождающие прохождение излучения через вещество.
14. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Пробег альфа-частиц в веществе. Кривая Брэгга.
15. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Ослабление бета-излучения. Тормозное излучение. Черенковское излучение.
16. Механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом. Ослабление гамма-излучения различными материалами.
17. Общая характеристика методов регистрации ионизирующих излучений. Типы детекторов. Влияние свойств радионуклида и условий измерений на величину регистрируемой активности.

18. Регистрация ионизирующих излучений с помощью газовых ионизационных детекторов.
19. Методы регистрации гамма-излучения. Гамма-спектрометрия.
20. Регистрация альфа- и бета-излучений с помощью жидкостной сцинтилляционной спектрометрии.
21. Физические и химические последствия воздействия ионизирующего излучения. Радиоллиз воды. Действие ионизирующих излучений на живые организмы. Негативные эффекты облучения. Взаимосвязь доза-эффект.
22. Понятие доза облучения. Дозы, характеризующие непосредственно ионизирующие и косвенно ионизирующие излучения. Единицы измерения. Способы определения.
23. Эквивалентная и эффективная дозы. Допустимые уровни облучения персонала и населения.
24. Дозиметрия  $\gamma$ -излучения. Керма. Доза от точечного источника со сложным составом  $\gamma$ -излучения. Керма-постоянная. Амбиентный эквивалент дозы. Экспозиционная доза. Единицы измерения. Связь между ионизацией воздуха гамма-излучением и поглощенной дозой.
25. Принципы, лежащие в основе радиационной защиты. Защита от ионизирующих излучений: временем, расстоянием, с использованием экранов.
26. Естественный радиационный фон на Земле. Вклад различных факторов в дозу облучения населения. Радон как фактор облучения.
27. Природные долгоживущие радионуклиды. Естественные радиоактивные семейства. Методы изотопной геохронологии. Определение возраста Земли.
28. Космогенные радионуклиды. Радиоуглеродное датирование.
29. Поступление техногенных радионуклидов в окружающую среду, их вклад в дозу облучения населения.
30. Общая характеристика методов получения радионуклидов. Радионуклидная и радиохимическая чистота.
31. Методы выделения радионуклидов (экстракция, хроматография, осаждение и соосаждение).
32. Меченые соединения. Основные правила написания названий и химических формул. Особенности синтеза соединений, меченных радионуклидами.
33. Общая характеристика методов синтеза меченых органических соединений (химический синтез, биосинтез, специфические радиохимические методы, физико-химические методы).
34. Изотопный обмен. Причины протекания изотопного обмена. Степень обмена. Кинетика гомогенного изотопного обмена. Период полуобмена.
35. Механизмы реакций изотопного обмена. Использование изотопного обмена для синтеза меченых соединений.
36. Изотопные эффекты. Использование в научных исследованиях и для обогащения урана.
37. Особенности поведения радионуклидов в ультраразбавленных растворах.
38. Эффекты, обусловленные энергией отдачи. Химия горячих атомов. Реакции Сцилларда–Чалмерса.
39. Радионуклиды как изотопные метки. Принципы применения и возможные ограничения. Метод радиоактивных индикаторов.
40. Применение радионуклидов в аналитической химии. Минимальная определяемая масса. Метод изотопного разбавления. Анализ, основанный на использовании избытка осадителя, радиометрическое титрование.
41. Нейтронный активационный анализ.
42. Применение радиоактивных индикаторов в неорганической и физической химии. Определение растворимости малорастворимых веществ, плотности насыщенных паров, удельной поверхности, коэффициентов диффузии и самодиффузии.
43. Радионуклиды биогенных элементов, их применение в биохимии и медицине.
44. Получение короткоживущих позитрон-испускающих радионуклидов и их применение в медицине. Радиохимические синтезы в ПЭТ-лаборатории.
45. Получение радионуклидов для однофотонной эмиссионной томографии. Изотопные генераторы для этих целей.
46. Радионуклиды, применяемые в медицине для терапии. Средства доставки радионуклидов.

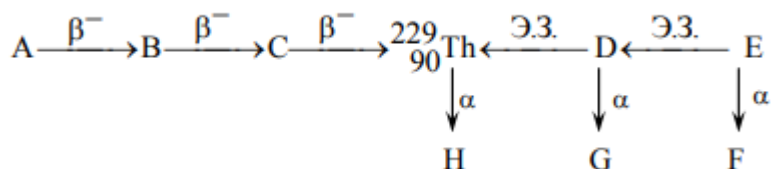
47. Спонтанное и нейтронно-индуцированное деление ядер. Радионуклиды для ядерной энергетики. Типы ядерных реакторов.
48. Ядерный топливный цикл. Регенерация ядерного топлива, радиоактивные отходы.
49. Экологические проблемы ядерного топливного цикла. Радиационные аварии. Сопоставление радиационных рисков от различных источников техногенных радиоактивных загрязнений и ионизирующих излучений.
50. Радиоактивные отходы, их переработка, хранение и захоронение. Многобарьерная защита хранилищ радиоактивных отходов.

### Типовые задачи к зачету

1. Вычислите максимальную энергию частиц, испускаемых при распаде свободного нейтрона. Массы покоя нейтрона и протия  ${}^1\text{H}$  равны 1,008664967 и 1,007825036 а.е.м., соответственно. Энергетический эквивалент 1 а.е.м. принять равным 931501 кэВ.
2. Вычислите максимальную энергию спектра  $\beta^-$ -частиц трития. Разность масс покоя атомов  ${}^3\text{H}$  и  ${}^3\text{He}$  равна  $1,9989 \cdot 10^{-5}$  а.е.м.
3. Вычислите максимальную энергию спектра  $\beta^-$ -частиц, испускаемых при распаде  ${}^{137}\text{Cs}$ , если разность масс дочернего и материнского атомов составляет  $1,259257 \cdot 10^{-3}$  а.е.м.
4. Вычислите максимальную энергию спектра  $\beta^-$ -частиц, испускаемых при распаде  ${}^{15}\text{C}$ . Масса покоя атома  ${}^{15}\text{C}$  больше массы  ${}^{15}\text{N}$  на 0,0105207 а.е.м.
5. Определите, используя схему распада, энергию моноэнергетических нейтрино, испускаемых после захвата электронов ядрами  ${}^{44}\text{Sc}$ , и максимальную энергию позитронов. Энергия ядерных уровней на схеме дана в кэВ. Разность масс материнского и дочернего атомов составляет 0,00392162757 а.е.м.



6. Ядерное превращение  ${}^{219}\text{Rn} \rightarrow {}^{215}\text{Po}$  сопровождается испусканием  $\alpha$ - частиц (энергия  $E_\alpha = 6,82, 6,56$  и  $6,43$  МэВ), а также  $\gamma$ -квантов ( $E_\gamma = 0,39, 0,32, 0,19, 0,13$  и  $0,07$  МэВ). Постройте схему распада  ${}^{219}\text{Rn}$ . Энергия  $\alpha$ - распада равна 6,95 МэВ.
7. Постройте схему распада  ${}^{95}\text{Zr}$ , претерпевающего  $\beta^-$ -распад. Полная энергия распада 1123 кэВ. Максимальная энергия (кэВ)  $\beta^-$ -частиц: 399 (44% на распад), 366 (55%) и 890 (1%). Энергия  $\gamma$ -фотонов (кэВ): 724 (44%), 757 (55%) и 233 (1%).
8. Расшифруйте цепочку радиоактивных превращений.



9. Определите время распада 90% ядер  ${}^{222}\text{Rn}$  ( $T_{1/2} = 3,82$  сут.).
10. Определите радиоактивность 1 см<sup>3</sup> (при н.у.) трития.

### 6.2 Критерии оценивания компетенций:

### Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.	Знает основные понятия радиологической химии и ее место в ряду естественных наук, теоретические основы дозиметрии и защиты от ионизирующих излучений, получения и применения радиоактивных элементов для нужд промышленности, методы обогащения, концентрирования и очистки радиоактивных элементов из природного сырья. Умеет проводить количественные расчеты с учетом основных постоянных радиоактивного распада, рассчитывать значение поглощенных доз ионизирующего излучения, выявлять химические особенности различных химических соединений на основе радиоактивных элементов.	Вопросы и задачи для дискуссии на практических занятиях, опросы по терминам, контрольные работы, вопросы и задачи к зачету.	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий. Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".
2	ПК-2. Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.	Знает современные представления об устойчивости атомных ядер и явлении радиоактивности, о ядерных превращениях и реакциях; преимущества и недостатки современных и перспективных вариантов промышленной радиохимии, в том числе способов изготовления нового топлива, переработки отработавшего ядерного топлива, отверждения радиоактивных отходов, их трансмутации, хранения и захоронения.	Вопросы и задачи для дискуссии на практических занятиях, опросы по терминам, контрольные работы, вопросы и задачи к зачету.	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий. Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".



		Умеет осуществлять поиск научной литературы по тематике или объектам исследований, отбор статей, относящихся к тематике исследования; грамотно формулировать алгоритм решения радиохимических задач с учетом знаний о процессах радиоактивного распада и воздействии ионизирующего излучения на вещество.		
--	--	---	--	--

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

### **7.1 Основная литература:**

1. Давыдов, Ю. П. Основы радиохимии: учебное пособие / Ю. П. Давыдов. — Минск: Вышэйшая школа, 2014. — 319 с. — ISBN 978-985-06-2395-9. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/35519.html> (дата обращения: 05.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Денисов, Е. И. Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения: учебное пособие / Е. И. Денисов; под редакцией Н. Д. Бетенеков. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 94 с. — ISBN 978-5-7996-1461-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/66586.html> (дата обращения: 05.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **7.2 Дополнительная литература:**

1. Ахмедзянов, В. Р. Обращение с радиоактивными отходами: учебное пособие / В. Р. Ахмедзянов, Т. Н. Лащёнова, О. А. Максимова. — Москва: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2008. — 284 с. — ISBN 978-5-98420-030-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/5719.html> (дата обращения: 05.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Матвеев, А. В. Ядерная медицина. Радиоизотопы и фармпрепараты: учебное пособие / А. В. Матвеев. — Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016. — 128 с. — ISBN 978-5-7779-1968-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/59664.html> (дата обращения: 05.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **7.3 Интернет-ресурсы:**

1. <https://sciencejournals.ru/journal/radkhim/>
2. <https://www.atomic-energy.ru/radiochemistry>

### **7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Clarivate Analytics – Web of Science Core Collection  
([https://apps.webofknowledge.com/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=C2ivzMxspGLnBiQvQWN&preferencesSaved=](https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=C2ivzMxspGLnBiQvQWN&preferencesSaved=))
2. American Chemical Society  
(<https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/presspacs/2021.html>)

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

- информационно-телекоммуникационная сеть «Интернет»;

- информационный портал БМК ТюмГУ.

**Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:**

- платформа для электронного обучения Microsoft Teams;

- офисный пакет MS Office.

**Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:**


FAR Manager.

#### **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения лекций и практических занятий (аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа должны быть оснащены мультимедийным оборудованием).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ТюмГУ).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник управления ИОТ  
  
Н.К. Федорова  
23.06.2021

**РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛОВ**  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия  
(очная форма обучения)

Разумкова Иллари́я Андре́евна. Рентгенофазовый анализ минералов. Учебно-методический комплекс. Рабочая программа для студентов 4 курса направления 04.03.01 «Химия». Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: «Рентгенофазовый анализ минералов» [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.umk3plus.utmn.ru>, раздел «Образовательная деятельность», свободный.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Разумкова И.А., 2021.

## 1. Пояснительная записка

Дисциплина " Рентгенофазовый анализ минералов " в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 «Химия» является дисциплиной по выбору профессионального цикла Б1.В.ДВ.7 подготовки бакалавра. Программа содержит пояснительную записку, тематический план занятий, перечень лабораторных работ, вопросы для самоконтроля и подготовки к экзаменам, список рекомендуемой литературы. Общая трудоемкость по учебному плану — 144 часа.

### Цели и задачи дисциплины

Цель курса - получение студентами теоретических знаний и практических навыков по использованию рентгенографических методик для диагностики минералов, а также для исследования особенностей их состава и структуры.

В задачи курса входит ознакомление студентов с методикой работы на дифрактометрах ДРОН-6 и ДРОН 3М, а также приобретение слушателями практических навыков в проведении рентгенофазового анализа многокомпонентных систем.

#### 1.1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) входит в блок Б.1 Дисциплины (модули), части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплина (модуль) по выбору.

#### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины (модуля)

Код и наименование компетенции	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения: (знаниевые/функциональные)
ПК-3: Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-3	Знает: область применения рентгеновской дифракции и её физический смысл; устройство рентгеновского дифрактометра; основы кристаллохимии. Умеет: производить первичную обработку дифрактограмм многокомпонентных систем; работать с базами данных.
ПК-5: Способен организовывать работу коллектива по решению задач НИР и НИОКР химической направленности, готовить нормативную и отчетную документацию	ПК-5	Знает: принципы работы дифрактометров; как организовать работу коллектива по решению задач НИР и НИОКР химической направленности. Умеет: готовить нормативную и отчетную документацию.

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		5
Общий объем	зач. ед.	4
	час.	144

<b>Из них:</b>		
Часы контактной работы (всего):	<b>50</b>	<b>50</b>
<b>Лекции</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
<b>Лабораторные/практические занятия по подгруппам</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Консультации и иная контактная работа</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	<b>94</b>	<b>94</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>

### 3. Система оценивания

**3.1.** Для текущего контроля применяется 100-балльная система оценивания. Баллы проставляются за посещение практических занятий и активную работу на них, а также за выполненные работы по каждой теме дисциплины. Результаты текущего контроля учитываются при промежуточной аттестации. Перевод баллов в оценки осуществляется по следующей шкале: - от 0 до 60 баллов – «не зачтено»; - от 61 до 100 баллов – «зачтено». Обучающиеся, не набравшие достаточного количества баллов для оценки, сдают зачет. Форма проведения зачета – задание для зачета, включающее в себя теоретические вопросы по дисциплине, требующие устного ответа, и контрольные задачи.

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

Тематический план дисциплины для обучающихся по очной форме обучения

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение. Природа и свойства рентгеновских лучей.	14	0	5	0	0
2.	Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.	14	0	5	0	0
3.	Методы регистрации рентгеновского излучения.	14	0	5	0	0

4.	Способы получения порошковых рентгенограмм.	14	0	5	0	0
5.	Работа с базами данных и поисковыми системами.	14	0	5	0	0
6.	Индексирование рентгенограмм кристаллов.	14	0	5	0	0
7.	Рентгеновская диагностика минералов.	14	0	5	0	0
8.	Рентгенография пороодообразующих минералов.	14	0	5	0	0
9.	Основные элементы кинематической теории рассеяния рентгеновского излучения.	14	0	5	0	0
10.	Современные возможности рентгеноструктурного анализа минералов.	16	0	5	0	0
	Зачет	2	0	0	0	0
	Итого (часов)	144	0	50	0	0

#### 4. Содержание дисциплины.

##### Тема 1

**1.1. Введение. Природа и свойства рентгеновских лучей.** Открытие В. Рентгена. Свойства рентгеновских лучей. Природа рентгеновских лучей. Источники рентгеновского излучения. Спектры рентгеновского излучения. Поглощение и рассеяние рентгеновских лучей веществом.

##### 1.2. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.

Дифракция. Условия дифракции. Уравнение дифракции. Модель дифракции У.Л. и У.Г. Бреггов. Уравнение Вульфа-Брегга. Электронные переходы.

##### 1.3. Методы регистрации рентгеновского излучения.

Основные узлы рентгеновского дифрактометра. Рентгеновские трубки. Детекторы рентгеновского излучения. Сцинтилляционный счетчик. Основные узлы рентгеновского дифрактометра. Блок-схема измерительного устройства. Основные положения фокусировки по Бреггу-Брентано. Детекторы рентгеновского излучения. Пропорциональный счетчик. Геометрия съемки и устройство гониометра. Монохроматизация рентгеновского излучения. Фильтрация излучения.

##### Тема 2

##### 2.1. Способы получения порошковых рентгенограмм.

Метод порошка. Принципиальные основы. Рентгеновская съемка в камере Дебая - Шеррера - Халла. Метод Страуманиса. Способ приготовления образца. Рентгеновская съемка в камере Гинье. Схема устройства камеры Гинье. Расчет гиньеграмм. Порошковые дифрактометры. Приготовление образца. Выбор режима съемки. Съемка дифрактограмм. Расчет дифрактограмм. Эталонирование съемки. Монокристаллическая дифрактометрия.

##### 2.2. Работа с базами данных и поисковыми системами.

Базы структурных и дифракционных данных (JCPDS, PDF-2, PDF-4, ICDD, CRYSTMET). Системы поиска. Основные возможности поисковых систем. Работа с базами данных. Интернет ресурсы. Идентификация структур по наборам межплоскостных расстояний с соответствующими интенсивностями рефлексов. Рентгенометрическая картотека JCPDS (PDF).

##### 2.3. Индексирование рентгенограмм кристаллов.

Дифракционные индексы. Сингония. Уравнение Лауэ. Обратная решетка. Принцип построения обратной решетки. Модель дифракции через представления о сфере Эвальда. Индексирование рентгенограмм кристаллов кубической, средних и низших сингоний. Точность расчета рентгенограмм.

#### **Тема 2.4. Рентгеновская диагностика минералов.**

Особенности дифрактограмм минералов. Расчет дифрактограмм минералов. Сложности исследование минералов РФА. Качественный и количественный анализ минералов. Рентгенографии пороодообразующих минералов.

### **Тема 3**

#### **3.1. Рентгенография пороодообразующих минералов.**

Общие сведения, номенклатура, диагностика основных групп полевых шпатов. Особенности структуры и рентгенографии слоистых силикатов. Кристаллохимия тригональных карбонатов. Методы исследования состава кальцита и доломита. Определение размеров кристаллитов и микронапряжений. Уравнение Селякова – Шеррера.

#### **3.2. Основные элементы кинематической теории рассеяния рентгеновского излучения.**

Основные типы рассеяния рентгеновских лучей: когерентное, некогерентное, неупругое, упругое. Интенсивность отражения от поликристаллических образцов и фактор повторяемости. Влияние температуры на интенсивность брегговских отражений.

#### **3.3. Современные возможности рентгеноструктурного анализа минералов.**

Использование синхротропного излучения. Дифракция при высоких давлениях, минералы глубин геосферы. Изучение явлений усложняющих реальную структуру. Метод Ритвельда в структурном анализе. Электронная кристаллохимия.

### **Планы практических занятий.**

#### **Тема 1**

Занятие 1-2. Рентгеновские дифрактометры (ДРОН-7, ДРОН-6 и ДРОН 3М): устройство, эксплуатация, техника безопасности.

**Цель работы:** ознакомиться с оснащением и принципом работы на дифрактометрах, правила эксплуатации.

**Исходные данные:** дифрактометры рентгеновские общего назначения (ДРОН-7, ДРОН-6 и ДРОН 3М).

#### **Тема 2**

Занятие 3-4. Подготовка образцов для анализа: а) идентификации фаз и определения параметров элементарной ячейки; б) точного определения интенсивности дифракционных максимумов.

**Цель работы:** ознакомиться с особенностями пробоподготовки порошковой рентгенографии, правилами расшифровки рентгенограмм.

**Исходные данные:** дифрактометры рентгеновские общего назначения (ДРОН-7, ДРОН-6 и ДРОН 3М), образцы для исследования (минералы и их смеси)

Занятие 5. Работа с базами данных, поисковыми системами и программным обеспечением.

**Цель работы:** приобретения навыков работы в некоторых программах.

**Исходные данные:** дифрактометры рентгеновские общего назначения (ДРОН-7, ДРОН-6 и ДРОН 3М), образцы для исследования (минералы и их смеси), программах PDWin, SearchMatch, база данных ICDD.

Занятие 6-9. Индексирование рентгенограмм кубической, средних и низших сингоний.

**Цель работы:** определение минерала по дифрактограмме.



**Исходные данные:** дифрактометры рентгеновские общего назначения (ДРОН-7, ДРОН-6 и ДРОН 3М), образцы для исследования (минералы и их смеси), программах PDWin, SearchMatch, база данных ICDD.

Занятие 10-11. Рентгеновская диагностика минералов.

**Цель работы:** проведение качественного анализа для образцов.

**Исходные данные:** дифрактометры рентгеновские общего назначения (ДРОН-7, ДРОН-6 и ДРОН 3М), образцы для исследования (минералы и их смеси), программах PDWin, SearchMatch, база данных ICDD.

### **Тема 3**

Занятие 12-17. Рентгенография породообразующих минералов: состав полевых шпатов; диагностика слоистых силикатов; состав пирротина, арсенопирита и пирита; состав кальцита и доломита.

**Цель работы:** проведение качественного и количественного анализов образцов.

**Исходные данные:** дифрактометры рентгеновские общего назначения (ДРОН-7, ДРОН-6 и ДРОН 3М), образцы для исследования (минералы и их смеси), программах PDWin, SearchMatch, база данных ICDD.

## **5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся**

<b>№ темы</b>	<b>Темы</b>	<b>Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям</b>
<b>1.</b>	Введение. Природа и свойства рентгеновских лучей.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
<b>2.</b>	Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
<b>3.</b>	Методы регистрации рентгеновского излучения.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
<b>4.</b>	Способы получения порошковых рентгенограмм.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
<b>5.</b>	Работа с базами данных и поисковыми системами.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
<b>6.</b>	Индексирование рентгенограмм кристаллов.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
<b>7.</b>	Рентгеновская диагностика минералов.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.

8.	Рентгенография порообразующих минералов.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
9.	Основные элементы кинематической теории рассеяния рентгеновского излучения.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.
10.	Современные возможности рентгеноструктурного анализа минералов.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.

## 6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

### 6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Студенты, выполнившие учебный план получают оценку «зачтено».

В течение семестра проводятся 3 письменные контрольные работы продолжительностью 60-90 минут. Ответы оцениваются в баллах в соответствии с рейтинговой системой.

#### Примерные тестовые задания

##### 1. При рентгеновской дифракции длина волны излучения

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не меняется.

##### 2. По значениям дифракционных углов уравнение Брегга-Вульфа позволяет рассчитать

- 1) межплоскостные расстояния;
- 2) расстояния между атомами;
- 3) напряжение рентгеновской трубки;
- 4) линейный коэффициент поглощения.

##### 3. В объемно-центрированной ячейке атом находится

- 1) в центре ячейки;
- 2) в центре грани ячейки;
- 3) про положение атома ничего сказать нельзя;
- 4) нигде из указанных положений.

##### 4. Элементарная ячейка кристалла задается условиями $a \neq b \neq c$ , $\alpha = \gamma = 90^\circ$ , $\beta \neq 90^\circ$ .

##### Сингония этого кристалла

- 1) моноклинная;
- 2) ромбическая;
- 3) гексагональная;
- 4) о симметрии ничего сказать нельзя.

##### 5. Идентификация фаз проводится

- 1) по всем рефлексам;
- 2) по наиболее сильным рефлексам;
- 3) по рефлексам на малых углах;
- 4) может проводиться всеми указанными методами.

##### 6. Проведение качественного фазового анализа упрощается

- 1) при знании элементного состава;
- 2) при увеличении числа рефлексов на рентгенограмме;
- 3) при наличии аморфной фазы;

4) ни в каком из перечисленных случаев.

#### **Примерный перечень вопросов к коллоквиуму**

1. Природа рентгеновского излучения. Источники рентгеновских лучей. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Условия дифракции. Уравнения Вульфа-Брегга.
2. Рентгенограммы кристаллических порошков. Различные методы. Рентгеновская съемка в камере Гинье. Принципы устройства камеры Дебая—Шеррера общего назначения.
3. Порошковые дифрактограммы. Текстурирование образца. Эталонирование съемки. Определение межплоскостных расстояний и интенсивности пиков на рентгенограмме. Рентгеновская съемка монокристаллов.
4. Банк эталонов дифракционных спектров. Картотека JCPDF (PDF).
5. Индицирование рентгенограмм. Графическое индицирование рентгенограмм веществ кубической сингонии.
6. Графическое и аналитическое индицирование рентгенограмм веществ гексагональной, тетрагональной ромбической сингоний. Дифрактограмма, индексы Миллера, межплоскостное расстояние, параметры кристаллической решетки.
7. Качественный и количественный анализ минералов. Рентгенографии породообразующих минералов. Общие сведения, номенклатура, диагностика основных групп полевых шпатов.
8. Определение размеров кристаллитов и микронапряжений. Уравнение Селякова – Шеррера. Основные типы рассеяния рентгеновских лучей: когерентное, некогерентное, неупругое, упругое.

#### **Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Природа рентгеновского излучения. Тормозное излучение. Характеристическое излучение.
2. Источники рентгеновских лучей.
3. Взаимодействие рентгеновских лучей и вещества.
4. Регистрация рентгеновских лучей.
5. Основные положения учения о кристаллах.
6. Отражение рентгеновских лучей семейством плоских сеток.
7. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Условия дифракции.
8. Вывод уравнения Вульфа-Брегга.
9. Дифракция на кристаллической решетке.
10. Обратная решетка. Построение Эвальда.
11. Устройство рентгеновской трубки.
12. Из каких основных частей состоит аппарат ДРОН 6 и ДРОН 3М?
13. Детекторы рентгеновского излучения. Сцинтилляционный счетчик.
14. Основные узлы рентгеновского дифрактометра. Блок-схема измерительного устройства.
15. Основные положения фокусировки по Бреггу-Брентано.
16. Детекторы рентгеновского излучения. Пропорциональный счетчик.
17. Геометрия съемки и устройство гониометра.
18. Монохроматизация рентгеновского излучения. Фильтрация излучения.
19. Рентгенограммы кристаллических порошков. Различные методы.
20. Рентгеновская съемка в камере Гинье.
21. Принципы устройства камеры Дебая—Шеррера общего назначения.
22. Порошковые дифрактограммы. Текстурирование образца.
23. Зачем производят вращение образца?
24. Техника съемки образца. Основные параметры съемки.
25. Техника съемки образца. Выбор анода.
26. Эталонирование съемки.

27. Определение межплоскостных расстояний и интенсивности пиков на рентгенограмме.
28. Рентгеновская съемка монокристаллов.
29. Банк эталонов дифракционных спектров. Картотека JCPDF (PDF).
30. Индицирование рентгенограмм. Графическое индицирование рентгенограмм веществ кубической сингонии.
31. Графическое индицирование рентгенограмм веществ гексагональной сингонии.
32. Аналитическое индицирование рентгенограмм веществ гексагональной сингонии.
33. Графическое индицирование рентгенограмм веществ тетрагональной сингонии.
34. Аналитическое индицирование рентгенограмм веществ тетрагональной сингонии.
35. Индицирование рентгенограмм веществ ромбической сингонии. Метод подобия.
36. Дифрактограмма, индексы Миллера, межплоскостное расстояние, параметры кристаллической решетки.
37. Особенности дифрактограмм минералов.
38. Расчет дифрактограмм минералов. Сложности исследование минералов РФА.
39. Качественный и количественный анализ минералов.
40. Рентгенографии порообразующих минералов.
41. Общие сведения, номенклатура, диагностика основных групп полевых шпатов.
42. Особенности структуры и рентгенографии слоистых силикатов.
43. Методы исследования состава кальцита и доломита.
44. Определение размеров кристаллитов и микронапряжений.
45. Уравнение Селякова – Шеррера.
46. Основные типы рассеяния рентгеновских лучей: когерентное, некогерентное, неупругое, упругое.
47. Влияние температуры на интенсивность брегговских отражений.
48. Дифракция при высоких давлениях, минералы глубин геосферы.
49. Метод Ритвельда в структурном анализе.
50. Электронная кристаллохимия.

## 6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 3

### Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-3: Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в	Знает: область применения рентгеновской дифракции и её физический смысл; устройство рентгеновского дифрактометра; основы кристаллохимии. Умеет: производить первичную	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий.  Шкала критериев согласно требованиям

	выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	обработку дифрактограмм многокомпонентных систем; работать с базами данных.	литературой. Тестовые задания.	п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".
2.	ПК-5: Способен организовывать работу коллектива по решению задач НИР и НИОКР химической направленности, готовить нормативную и отчетную документацию	Знает: принципы работы дифрактометров; как организовать работу коллектива по решению задач НИР и НИОКР химической направленности. Умеет: готовить нормативную и отчетную документацию.	Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Выполнение домашних заданий. Коллоквиум. Работа с дополнительной учебной литературой. Тестовые задания.	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий. Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".

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

### 7.1 Основная литература:

1. Сикерина Н. В. Расшифровка структур поликристаллических веществ: учеб. пособие/ Н. В. Сикерина, О. В. Андреев, Р. В. Шпанченко; Тюм. гос. ун-т. - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. - 64 с.
2. Граменицкий Е.Н. Петрология метасоматических пород. Учебник / Е.Н. Граменицкий. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 221 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=262148> (дата обращения 15.02.2015)

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Косенков В. М. Рентгенография в реакторном материаловедении/ В. М. Косенков; Ульяновск. гос. ун-т. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Ульяновск: Изд-во УлГУ, 2006. - 168 с.
2. Карпов Ю. А. Методы пробоотбора и пробоподготовки: (учеб. пособие)/ Ю. А. Карпов, А. П. Савостин. - Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2011. - 243 с.
3. Черемисин А. Н. Воздействие акустического поля на фильтрацию двухфазной жидкости в пористом коллекторе: дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.02.05/ А. Н. Черемисин ; науч. рук. Е. И. Пальчиков; Тюм. гос. ун-т. - Тюмень, 2010. - 168 с. - Режим доступа: <http://tmnlib.ru/jirbis/files/upload/abstract/01.02.05/2458.pdf>. (дата обращения 15.02.2015)

### 7.3 Интернет-ресурсы:

1. Электронные библиотеки:
2. Геовикипедия. Все о Геологии
3. <http://wiki.web.ru>
4. Электронная библиотека Альметьевского государственного нефтяного института
5. <http://elibrary.agni-rt.ru>

#### **7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Межвузовская электронная библиотека (МЭБ) <https://icdlib.nspu.ru/>

Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>


#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лабораторный практикум курса «Рентгенофазовый анализ минералов» включает себя работу с программным обеспечением к приборам ДРОН-6, ДРОН-7 (PDWin, SearchMatch, база данных ICDD).

#### **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).**

Аудиторный фонд с мультимедийным оборудованием, и компьютерным обеспечением с соответствующими программными, Информационно-библиотечный центр ТюмГУ, содержащий издания по дисциплине «Рентгенофазовый анализ минералов», электронная почта, групповые и индивидуальные консультации по вопросам выполнения самостоятельной работы в режиме on-line, аудио- и видеоматериалы по изучаемой дисциплине.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник управления ИОТ  
  
Н.К. Федорова  
23.06.2021

**ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия  
(очная форма обучения)

Бурханова Татьяна Михайловна. Химия твердого тела. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по специальности 04.03.01 Химия, профили подготовки: «Неорганическая химия и химия координационных соединений», «Физическая химия», «Органическая и биоорганическая химия», «Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность», очная форма обучения. Тюмень, 2015.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрОП ВО по направлению и профилю подготовки.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: «Химия твердого тела» [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.umk3plus.utmn.ru>, раздел «Образовательная деятельность», свободный.



## 1. Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины «Химия твердого тела» составлена в соответствии с требованиями к результатам, условиям и структуре подготовки бакалавров по направлению 04.03.01 «Химия» Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

### Цели и задачи дисциплины

Химия твердого тела – это наука о синтезе, строении, свойствах и применении твердых тел.

Целью обучения является формирование у студентов представления о строении твердых тел, химической связи в твердых телах, взаимосвязи их физических и химических свойств, фазовые превращения в твердых телах.

Задачи обучения: формирование у студентов

- представления о фазовых равновесиях и структурных превращениях в твердых телах;
- представления о связи свойств твердого тела с его строением;
- умения работать с учебной, научной и справочной литературой по химии твердого тела..

### 1.1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) входит в блок Б.1 Дисциплины (модули), части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплина (модуль) по выбору.

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины (модуля)

Код и наименование компетенции	Код и наименование части компетенции <sup>1</sup>	Планируемые результаты обучения: (знаниевые/функциональные)
ПК-1: способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1	Знает средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации;  Умеет выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.
ПК-2: способен оказывать информационную поддержку специалистам,	ПК-2	Знает, как оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.

<sup>1</sup> Заполняется при необходимости

осуществляющим научно-исследовательские работы.		Умеет оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.
---	--	--

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

### Структура и объем дисциплины для обучающихся по очной форме обучения

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4-7
<b>Общий объем</b> <b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час.</b>	144
Из них:		
<b>Часы контактной работы (всего):</b>	50	50
Лекции	16	16
Практические занятия	34	34
Лабораторные/практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>	94	94
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)	зачет	зачет

## 3. Система оценивания

**3.1.** Для текущего контроля применяется 100-балльная система оценивания. Баллы проставляются за посещение практических занятий и активную работу на них, а также за выполненные работы по каждой теме дисциплины. Результаты текущего контроля учитываются при промежуточной аттестации. Перевод баллов в оценки осуществляется по следующей шкале: - от 0 до 60 баллов – «не зачтено»; - от 61 до 100 баллов – «зачтено». Обучающиеся, не набравшие достаточного количества баллов для оценки, сдают зачет. Форма проведения зачета – задание для зачета, включающее в себя теоретические вопросы по дисциплине, требующие устного ответа, и контрольные задачи.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

## Тематический план дисциплины для обучающихся по очной форме обучения

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия и определения химии твердого тела.	20	2	4	0	0
2.	Типы химических связей в твердых телах.	20	2	6	0	0
3.	Зонная структура твердых тел.	21	3	6	0	0
4.	Равновесные дефекты в кристаллах.	21	3	6	0	0
5.	Неравновесные дефекты.	20	2	4	0	0
6.	Фазовые диаграммы.	20	2	4	0	0
7.	Фазовые превращения.	20	2	4	0	0
	Зачет	2	0	0	0	0
	Итого (часов)	144	16	34	0	0

## 5. Содержание дисциплины

**Тема 1****Тема 1.1. Основные понятия и определения химии твердого тела.**

Цели и задачи курса. Твердое состояние вещества. Кристаллы. Зависимость свойств кристаллических тел от типа кристаллической решетки. Энергия кристаллической решетки. Кристаллические решетки твердых веществ. Типы Бравэ. Структуры с кубической и гексагональной плотнейшими упаковками. Материалы, обладающие структурой с плотнейшей упаковкой: металлы, сплавы, ионные и ковалентные соединения, молекулярные, структуры.

**Тема 1.2. Типы химических связей в твердых телах.**

Металлическая связь. Доля ковалентной составляющей связи в металлах. Химическая связь в твердых неорганических веществах. Интерметаллические соединения, природа химической связи в них. Типы химического взаимодействия в металлических системах без

образования соединений. Образование соединений в металлических системах: соединения Курнакова, фазы Лавеса, фазы внедрения, соединения Юм-Розери, их свойства и применение.

### **Тема 1.3. Зонная структура твердых тел.**

Зонная теория кристаллов. Энергия Ферми. Проводники и изоляторы. Зонная структура металлов, диэлектриков, полупроводников. Собственные и примесные полупроводники. Зонная структура твердых тел типа  $A^IVB^VI$ ,  $A^IVB^VII$ .

## **Тема 2**

### **Тема 2.1. Равновесные дефекты в кристаллах.**

Точечные дефекты. Вакансии: термические, структурные, стехиометрические. Междоузельные атомы. Механизм образования вакансий и междоузельных атомов по Френкелю, по Шоттки. Нейтральные и заряженные дефекты. Электронейтральность. Комплексы точечных дефектов: дивакансия, комплекс атома замещения с вакансией, F-центры. Разупорядоченность в стехиометрических кристаллах химических соединений. Энергетические уровни точечных дефектов. Разупорядоченность в нестехиометрических кристаллах химических соединений: недостаток металла, избыток металла. Односторонние, двусторонние фазы. Термодинамика точечных дефектов.

### **Тема 2.2. Неравновесные дефекты.**

Линейные дефекты. Дислокация: краевые, винтовые. Энергия дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Атмосферы Коттрелла и Снука. Методы наблюдения дислокаций: электронной микроскопии, химического травления, декорирования. Двумерные дефекты. Дефекты упаковки: вычитания, внедрения. Зерна, субзеренные границы.

## **Тема 3**

### **Тема 3.1. Фазовые диаграммы.**

Система. Фаза. Система гомогенная и гетерогенная. Компонент. Правило фаз Гиббса. Изображение состава 2-х компонентной системы. Фигуративная точка. Коннода. Типы диаграмм состояния: с расслоением, с неограниченными твердыми растворами, с эвтектикой, с ограниченными твердыми растворами (эвтектический и перитектический типы), с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимся соединением. Твердые растворы. Условия образования. Типы твердых растворов: замещения, внедрения, вычитания. Соединения постоянного и переменного состава. Дальтонида и бертоллиды.

### **Тема 3.2. Фазовые превращения.**

Фазовые переходы I и II рода. Классификация твердофазных превращений. Механизмы превращений бездиффузного типа: нормальное, мартенситное, массивное. Превращения диффузионного типа: непрерывные, ячеистые. Кинетика фазового превращения. Однофазные превращения. Упорядочение. Кинетика процесса упорядочения. Полиморфные превращения. Механизм превращения, влияние примесей на температуру полиморфного превращения. Двухфазные превращения: расслоение твердого раствора, старение сплавов, эвтектоидный распад.

## **Планы семинарских занятий.**

1. Кристаллические решетки твердых веществ.
2. Химическая связь в твердых телах.
3. Образование соединений в металлических системах.
4. Зонная теория кристаллов.
5. Собственные и примесные полупроводники.
6. Точечные дефекты.
7. Неравновесные дефекты.
8. Фазовые равновесия и фазовые диаграммы.
9. Типы диаграмм состояния.
10. Твердые растворы.
11. Дальтонида и бертоллиды.

12. Фазовые превращения в твердом состоянии.
13. Упорядочение.
14. Полиморфные превращения и распад пересыщенных растворов.

## 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основные понятия и определения химии твердого тела.	Работа с учебной литературой и лекционным материалом. Подготовка к теоретическому опросу. Выполнение индивидуальных домашних заданий.
2.	Типы химических связей в твердых телах.	Работа с учебной литературой и лекционным материалом. Подготовка к теоретическому опросу. Выполнение индивидуальных домашних заданий.
3.	Зонная структура твердых тел.	Работа с учебной литературой и лекционным материалом. Подготовка к теоретическому опросу. Выполнение индивидуальных домашних заданий.
4.	Равновесные дефекты в кристаллах.	Работа с учебной литературой и лекционным материалом. Подготовка к теоретическому опросу. Выполнение индивидуальных домашних заданий.
5.	Неравновесные дефекты.	Работа с учебной литературой и лекционным материалом. Подготовка к теоретическому опросу. Выполнение индивидуальных домашних заданий.
6.	Фазовые диаграммы.	Работа с учебной литературой и лекционным материалом. Подготовка к теоретическому опросу. Выполнение индивидуальных домашних заданий.
7.	Фазовые превращения.	Работа с учебной литературой и лекционным материалом. Подготовка к теоретическому опросу. Выполнение индивидуальных домашних заданий.

Порядок выполнения каждого вида самостоятельной работы:

1. Изучение лекционного материала по теме
2. Изучение рекомендованной основной и дополнительной литературы, электронных источников
3. Ответы на пункты плана для практических занятий
4. Разбор практических примеров, продемонстрированных на лекциях и решенных на практических занятиях

Контроль за самостоятельной работой осуществляется при выполнении обучающимся теста и сдачи других видов работ.

## **6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)**

### **6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

Форма проведения зачета – задание для зачета, включающее в себя теоретические вопросы по дисциплине, требующие устного ответа, и контрольные задачи.

#### **Вопросы к зачету**

1. Предмет и задачи химии твердого тела.
2. Элементарные ячейки четырнадцати пространственных решеток Браве.
3. Геометрическая модель кристалла. Координационное число. Плотность упаковки.
4. Основные типы связей в твердых телах.
5. Химическая связь в твердых телах. Энергия связи.
6. Зонная теория твердого тела. Зона проводимости и валентная зона. Запрещенная зона.
7. Классификация твердых тел по электропроводности.
8. Полупроводниковые материалы. Собственные и примесные.
9. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках.
10. Диэлектрики.
11. Классификация дефектов по их размерности.
12. Тепловые точечные дефекты.
13. Заряженные и незаряженные дефекты. Центры окраски (F, M, R - центры).
14. Основные типы взаимодействия точечных дефектов.
15. Виды дислокаций. Источники дислокации.
16. Методы наблюдения дефектов решетки.
17. Твердые растворы внедрения, вычитания и замещения.
18. Факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел: примеси, структурные дефекты, облучение.

#### **Примерные вопросы для самоконтроля**

1. Опишите типы химических связей в кристаллах.
2. В чем различие между металлами, полупроводниками, диэлектриками?
3. Постройте фазовую диаграмму бинарной системы эвтектического типа с ограниченной растворимостью на основе исходных компонентов. Каким образом можно экспериментально определить предельные составы твердых растворов, эвтектическую температуру.
4. Какие элементы можно вводить в кремний, чтобы он стал полупроводником *p*-типа? Ответ поясните схемой структуры энергетических зон кремния с шириной запрещенной зоны 1,1 эВ.
5. Приведите классификацию дефектов кристаллического строения.
6. Охарактеризуйте образование дефектов по механизмам Шоттки и Френкеля.
7. Охарактеризуйте линейные дефекты.
8. Охарактеризуйте комплексы точечных дефектов: дивакансия, комплекс атома замещения с вакансией, F-центры.
9. Неограниченными могут быть:
  - 1) твердые растворы внедрения,
  - 2) твердые растворы замещения,
  - 3) твердые растворы вычитания.
10. Определяющим фактором устойчивости фаз Лавеса является:
  - 1) электронная концентрация,

- 2) электрохимический фактор,
- 3) тенденция к максимальному заполнению пространства.
- 11. Вектор Бюргерса перпендикулярен направлению сдвига и параллелен линии дислокации для:
  - 1) краевых дислокаций,
  - 2) винтовых дислокаций,
  - 3) краевых и винтовых дислокаций.
- 12. Термодинамически неравновесными дефектами являются:
  - 1) вакансии,
  - 2) дислокации,
  - 3) межузельные атомы.

## 6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-1: способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	<p>Знает средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации;</p> <p>Умеет выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.</p>	Задание для зачета	<p>Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий.</p> <p>Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".</p>

2.	ПК-2: способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	Знает, как оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.  Умеет оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.	Задание для зачета	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий.  Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".
----	--	---	--------------------	---

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

### 7.1. Основная литература:

1. Андреев, О. В. Материаловедение: учеб. пособие/ О. В. Андреев, А. А. Вакулин. - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2011. - 456 с.

1. Панова, Т.В. Рентгеноструктурный анализ. Краткий курс лекций [Электронный ресурс] / Т.В. Панова. – Электрон. текстовые дан. – Омск : Омский государственный университет, 2012. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237932> (дата обращения 25.04.2015).

2. Газенаур, Е.Г. Методы исследования материалов: учебное пособие [Электронный ресурс] / Е.Г. Газенаур, Л.В. Кузьмина, В.И. Крашенинин. – Электрон. текстовые дан. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232447>(дата обращения 25.04.2015).

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Современные методы структурного анализа веществ [Электронный ресурс] / М.Ф. Куприянов [и др.]. – Электрон. текстовые дан. – Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2009.– Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241003> (дата обращения 25.04.2015).

2. Фазовые равновесия, синтез, структура фаз в системах сульфидов 3d-, 4f-элементов [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки ВПО 04.03.01 и 04.04.01 - "Химия" / О. В. Андреев [и др.] ; Тюм. гос. ун-т, Ин-т химии. - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2014. - 512 с.

### 7.3 Интернет-ресурсы:

1. [http://e.lanbook.com/books/;](http://e.lanbook.com/books/)
2. <http://biblioclub.ru/> .



#### **7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Межвузовская электронная библиотека (МЭБ) <https://icdlib.nspu.ru/>

Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).**

Мультимедийное оборудование (на лекциях).

#### **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).**

В учебном процессе для освоения дисциплины используются следующие технические средства:

Лекционная аудитория с мультимедийным оборудованием и аудитория для проведения практических работ.