

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования**  
**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

Приложение 4  
 к ОПОП ВО 19.04.01 Биотехнология,  
 профиль "Нейроинженерия и тераностика"

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Методы исследования биомедицинских изделий и препаратов

Закреплена за подразделением Научно-образовательный центр биомедицинской инженерии

Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология

Профиль Нейроинженерия и тераностика

Квалификация	<b>Магистр</b>		
Форма обучения	<b>очная</b>		
Общая трудоемкость	<b>12 ЗЕТ</b>		
Часов по учебному плану		432	Формы контроля в семестрах:
в том числе:			экзамен 2
аудиторные занятия		180	зачет 3
самостоятельная работа		216	
часов на контроль		36	

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		3 (2.1)		Итого	
Неделя	18		18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Практические	144	144	36	36	180	180
Итого ауд.	144	144	36	36	180	180
Контактная работа	144	144	36	36	180	180
Сам. работа	36	36	180	180	216	216
Часы на контроль	36	36			36	36
Итого	216	216	216	216	432	432

Программу составил(и):

*ктн, доцент, Щетинин Игорь Викторович*

Рабочая программа

**Методы исследования биомедицинских изделий и препаратов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 19.04.01 Биотехнология (приказ от 28.09.2023 г. № 411 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

19.04.01 Биотехнология, 19.04.01-МБТ-24-1.plx Нейроинженерия и тераностика, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

19.04.01 Биотехнология, Нейроинженерия и тераностика, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Научно-образовательный центр биомедицинской инженерии**

Протокол от 21.06.2023 г., №10

Руководитель подразделения Сенатов Фёдор Святославович, к.ф.-м.н.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучение и решение практических задач по использованию возможностей дифракционных методов для анализа структуры материалов.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Методология научных исследований	
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Коммерциализация научных разработок	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Преддипломная практика	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-4: Способен выбирать и использовать современные инструментальные методы и технологии, осваивать новые методы и технику исследований для решения конкретных задач профессиональной деятельности; моделировать для проведения детальных и сложных технических исследований; исследовать применение новых и новейших технологий в области соответствующей инженерной специализации</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-4-31 Основные поисковые системы для поиска современных инструментальных методов и технологий	
<b>ПК-2: Способен разрабатывать предложения по совершенствованию био- и нейротехнологий с использованием клеточных структур</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-31 Методы проведения структурного анализа материалов	
<b>ОПК-5: Способен планировать и проводить комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по разработанной программе, критически анализировать, обобщать и интерпретировать полученные экспериментальные данные; выполнять сложное инженерное проектирование, а также проектирование и проведение комплексных исследований</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-5-31 Аналитические, вычислительные и экспериментальные методы для решения задач в области биотехнологии	
<b>ОПК-2: Способен использовать специализированное программное обеспечение, базы данных, адаптировать известные программные продукты, элементы искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-2-32 Языки высокого уровня для проведения расчетов и визуализации результатов	
ОПК-2-31 алгоритм организации выполнения работ в области рентгеноструктурного анализа	
<b>ОПК-5: Способен планировать и проводить комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по разработанной программе, критически анализировать, обобщать и интерпретировать полученные экспериментальные данные; выполнять сложное инженерное проектирование, а также проектирование и проведение комплексных исследований</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-5-У2 Критически анализировать, обобщать и интерпретировать полученные экспериментальные данные	
ОПК-5-У1 Планировать и проводить комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по разработанной программе	
<b>ПК-2: Способен разрабатывать предложения по совершенствованию био- и нейротехнологий с использованием клеточных структур</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-2-У1 Производить структурный анализ материалов	

<b>ОПК-2: Способен использовать специализированное программное обеспечение, базы данных, адаптировать известные программные продукты, элементы искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности</b>								
<b>Уметь:</b>								
ОПК-2-У1 формулировать цели выполнения работ и предлагать пути их достижения, выбирать соответствующие программные продукты или их части для решения конкретных профессиональных задач								
<b>ОПК-4: Способен выбирать и использовать современные инструментальные методы и технологии, осваивать новые методы и технику исследований для решения конкретных задач профессиональной деятельности; моделировать для проведения детальных и сложных технических исследований; исследовать применение новых и новейших технологий в области соответствующей инженерной специализации</b>								
<b>Уметь:</b>								
ОПК-4-У1 Находить и использовать современные инструментальные методы и технологии, осваивать новые методы и технику исследований для решения конкретных задач профессиональной деятельности								
<b>ПК-2: Способен разрабатывать предложения по совершенствованию био- и нейротехнологий с использованием клеточных структур</b>								
<b>Владеть:</b>								
ПК-2-В1 Навыками планирование и проведение периодического контроля технологических факторов типовых режимов обработки								
<b>ОПК-2: Способен использовать специализированное программное обеспечение, базы данных, адаптировать известные программные продукты, элементы искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности</b>								
<b>Владеть:</b>								
ОПК-2-В1 навыками сбора исходных данных для проведения рентгеноструктурного анализа								
<b>ОПК-4: Способен выбирать и использовать современные инструментальные методы и технологии, осваивать новые методы и технику исследований для решения конкретных задач профессиональной деятельности; моделировать для проведения детальных и сложных технических исследований; исследовать применение новых и новейших технологий в области соответствующей инженерной специализации</b>								
<b>Владеть:</b>								
ОПК-4-В1 Навыками моделирования для проведения детальных и сложных технических исследований								
<b>ОПК-5: Способен планировать и проводить комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по разработанной программе, критически анализировать, обобщать и интерпретировать полученные экспериментальные данные; выполнять сложное инженерное проектирование, а также проектирование и проведение комплексных исследований</b>								
<b>Владеть:</b>								
ОПК-5-В1 Навыками сложного инженерного проектирования, а также проектирования и проведения комплексных исследований								

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Введение. Постановка цели и задач курса.</b>							
1.1	Источники и детекторы рентгеновского излучения. Синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах. Взаимодействие излучения с веществом, закон ослабления. /Пр/	2	8	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-2-32 ОПК-5-У1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р1

1.2	Рентгеновская оптика. /Пр/	2	6	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р2
1.3	Кристаллография биомолекул и белков. /Пр/	2	10	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р3
1.4	Рентгеновская микротомография и птихография. /Пр/	2	10	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р4
	<b>Раздел 2. Рассеяние рентгеновских лучей идеальным и реальным кристаллом</b>							
2.1	Рассеяние идеальным (бездефектным) кристаллом. Условия Лауэ. Методы РСА. Рассеяние кристалла с дефектами. Модель субструктуры. Влияние дефектов и дисперсности ОКР на ширину и профиль рентгеновских линий. /Пр/	2	8	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-2-32 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р5
2.2	Основные характеристики профиля рентгеновской линии. Интенсивность отражений. Влияние фона на точность измерения в дифрактометрии. Методы снижения уровня фона (монокроматизация). /Пр/	2	2	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			

2.3	Теоретический расчет дифрактограмм. Выбор условий съемки. /Пр/	2	6	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р7
2.4	Реализация метода Лауэ для определения ориентировки монокристалла. /Пр/	2	10	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р8
2.5	Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей для исследования белков и биомолекул. /Пр/	2	12	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р9
2.6	Домашнее задание №1. Расчет дифракционного спектра фазы. /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2			
2.7	Домашнее задание №2. Определение ориентировки монокристалла. /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.8	Домашнее задание №3. Исследование биомолекул методом малоуглового рассеяния. /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			

2.9	Подготовка к практическим занятиям раздела Рассеяние рентгеновских лучей /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э2 Э4			
	<b>Раздел 3. Физико-химические свойства биоматериалов и их исследование</b>							
3.1	Анализ структуры биоматериалов /Пр/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.2	Анализ субструктуры биооматериалов по профилю двух линий (ГАПРЛ). Анализ субструктуры наноматериалов методом Фойгт-аппроксимации /Пр/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.3	Анализ параметров субструктуры по интегральной ширине 2-х линий. /Пр/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.4	Анализ параметров субструктуры методом ГАПРЛ (Фойгт-аппроксимации). /Пр/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			

3.5	Структурный анализ биомолекул и белков /Пр/	2	20	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.6	Домашнее задание №4. Анализ параметров субструктуры наноматериалов по профилю двух линий методом аппроксимации и ГАПРЛ. /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.7	Домашнее задание №5. Структурный анализ биомолекул с использованием ПО CrysAlis Pro. /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
	<b>Раздел 4. Рентгеновский фазовый анализ</b>							
4.1	Рентгеновский фазовый анализ (качественный и количественный) с применением ПО. /Пр/	2	8	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
4.2	Качественный и количественный фазовый анализ с использованием программ PHAN и PHAN% (PDXL). /Пр/	2	8	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2			



4.3	Домашнее задание №6. Рентгеновский фазовый анализ (качественный и количественный) с применением ПО. /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э2			
4.4	Подготовка к занятиям по разделу РФА /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л3.1 Э3			
	<b>Раздел 5. Применение электронной микроскопии для исследования биоматериалов</b>							
5.1	Применение просвечивающей электронной микроскопии для анализа биоматериалов. /Пр/	3	12	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
5.2	Особенности подготовка образцов для исследования в растровой электронной микроскопии биоматериалов. /Пр/	3	12	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ2	
5.3	Применение растровой электронной микроскопии для анализа биоматериалов. /Пр/	3	12	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ3	

5.4	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по ПЭМ и РЭМ /Ср/	3	180	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э4			
	<b>Раздел 6. Практические навыки работы на аналитическом оборудовании</b>							
6.1	Практические навыки работы на аналитическом оборудовании /Пр/	2	20	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-2-У1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1				
6.2	Выполнение ДЗ. Проработка материала по теме "Практические навыки работы на аналитическом оборудовании" /Ср/	2	4	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-2-У1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1 ПК-2-В1				

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Вопросы к экзамену для самоподготовки	ОПК-4-31;ОПК-2-31;ОПК-2-32;ОПК-5-31;ПК-2-31	<p>1. Рентгеновский дифрактометр. Оптическая схема. Достоинства и недостатки дифрактометрического метода регистрации дифракционной картины. Виды образцов для анализа.</p> <p>2. Оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа. Основные характеристики микроскопов (разрешение, глубина резкости, поле зрения и пр.). Подготовка образцов. Достоинства и недостатки при исследовании наноматериалов.</p> <p>3. Смоделируйте дифрактограмму поликристаллического <math>\alpha</math>-Fe, снятую с использованием FeKa-излучения. Считайте, что для всех отражений <math> F/V_{\text{яч}} ^2=60</math>.</p> <p>4. Рассеяние идеальным (бездефектным) кристаллом. Условия Лауэ. Уравнение Вульфа-Брэгга.</p> <p>5. Применение просвечивающей электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Основные задачи метода. Подготовка образцов.</p> <p>6. Определите размер наночастиц Au порошке; <math>a_{\text{Au}} = 4,08 \text{ \AA}</math>. Излучение Cu-Ka, <math>\lambda = 1,54 \text{ \AA}</math>, линия (311). Инструментальное уширение <math>b = 0,21 \text{ град.}</math>, общее, исправленное на дублет, <math>B = 0,42 \text{ град.}</math> Профили линии на дифрактограмме удовлетворительно аппроксимируются функцией Гаусса (<math>B^2=b^2+\beta^2</math>). Микродеформацией решетки пренебречь.</p> <p>7. Оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа. Основные характеристики микроскопов (разрешение, глубина резкости, поле зрения и пр.). Подготовка образцов. Достоинства и недостатки при исследовании наноматериалов.</p> <p>8. Применение просвечивающей электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Основные задачи метода. Подготовка образцов. Виды контраста изображения.</p> <p>9. Опишите алгоритм анализа уширения линий методом Фойгт-аппроксимации (как провести эксперимент, что произвести с зафиксированными линиями, какую систему уравнений решать).</p> <p>10. Применение растровой электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Достоинства и недостатки метода. Основные характеристики микроскопов. Подготовка образцов.</p> <p>11. Оптическая схема растрового электронного микроскопа. Основные характеристики современных растровых электронных микроскопов. Подготовка образцов. Виды контраста.</p> <p>12. Чувствительность рентгеновского качественного фазового анализа, факторы затрудняющие качественный фазовый</p>
КМ2	Коллоквиум	ОПК-4-31;ОПК-2-31;ОПК-2-32;ОПК-5-31;ПК-2-31	Применение просвечивающей электронной микроскопии для анализа биоматериалов
КМ3	Коллоквиум	ОПК-4-31;ОПК-2-31;ОПК-2-32;ОПК-5-31;ПК-2-31	Применение растровой электронной микроскопии для анализа биоматериалов

## 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа 1	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Источники и детекторы рентгеновского излучения. Синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах. Взаимодействие излучения с веществом, закон ослабления.
P2	Практическая работа 2	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Применение рентгеновских оптических устройств для формирования заданных параметров пучка.

P3	Практическая работа 3	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Основы кристаллографии, особенности кристаллографии биомолекул и белков
P4	Практическая работа 4	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Возможности рентгеновская микротомографии и птихографии
P5	Практическая работа 5	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Рассеяние идеальным (бездефектным) кристаллом. Условия Лауэ. Методы РСА. Рассеяние кристалла с дефектами. Модель субструктуры. Влияние дефектов и дисперсности ОКР на ширину и профиль рентгеновских линий.
P6	Практическая работа 6	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Основные характеристики профиля рентгеновской линии. Интенсивность отражений. Влияние фона на точность измерения в дифрактометрии. Методы снижения уровня фона (монокроматизация).
P7	Практическая работа 7	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Теоретический расчет дифрактограмм. Выбор условий съемки
P8	Практическая работа 8	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Реализация метода Лауэ для определения ориентировки монокристалла.
P9	Практическая работа 9	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей для исследования белков и биомолекул.
P10	Практическая работа 10	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Анализ структуры наноматериалов по интегральной ширине рентгеновской линии (метод «классической» аппроксимации)
P11	Практическая работа 11	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Анализ субструктуры наноматериалов по профилю двух линий (ГАПРЛ). Анализ субструктуры наноматериалов методом Фойгт-аппроксимации
P12	Практическая работа 12	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Анализ параметров субструктуры по интегральной ширине 2-х линий.
P13	Практическая работа 13	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Анализ параметров субструктуры методом ГАПРЛ (Фойгт-аппроксимации).

P14	Практическая работа 14	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Структурный анализ биомолекул и белков
P15	Практическая работа 15	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Рентгеновский фазовый анализ (качественный и количественный) с применением ПО
P16	Практическая работа 16	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Качественный и количественный фазовый анализ с использованием программ PHAN и PHAN% (PDXL).
P17	Практическая работа 17	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Применение просвечивающей электронной микроскопии для анализа биоматериалов
P18	Практическая работа 18	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Особенности подготовка образцов для исследования в растровой электронной микроскопии биоматериалов
P19	Практическая работа 19	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Применение растровой электронной микроскопии для анализа биоматериалов

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Примерные вопросы для подготовки к экзамену:

1. Рентгеновский дифрактометр. Оптическая схема. Достоинства и недостатки дифрактометрического метода регистрации дифракционной картины. Виды образцов для анализа.
2. Оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа. Основные характеристики микроскопов (разрешение, глубина резкости, поле зрения и пр.). Подготовка образцов. Достоинства и недостатки при исследовании наноматериалов.
3. Структурный анализ биомолекул и белков.
4. Рассеяние идеальным (бездефектным) кристаллом. Условия Лауэ. Уравнение Вульфа-Брэгга.
5. Применение просвечивающей электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Основные задачи метода. Подготовка образцов.
6. Определите размер наночастиц Au порошке;  $a_{Au} = 4,08 \text{ \AA}$ . Излучение Cu-K $\alpha$ ,  $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ , линия (311). Инструментальное уширение  $b = 0,21 \text{ град.}$ , общее, исправленное на дублет,  $B = 0,42 \text{ град.}$  Профили линии на дифрактограмме удовлетворительно аппроксимируются функцией Гаусса ( $B^2 = b^2 + \beta^2$ ). Микродеформацией решетки пренебречь.
7. Оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа. Основные характеристики микроскопов (разрешение, глубина резкости, поле зрения и пр.). Подготовка образцов. Достоинства и недостатки при исследовании наноматериалов.
8. Применение просвечивающей электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Основные задачи метода. Подготовка образцов. Виды контраста изображения.
9. Опишите алгоритм анализа уширения линий методом Фойгт-аппроксимации (как провести эксперимент, что произвести с зафиксированными линиями, какую систему уравнений решать).
10. Применение растровой электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Достоинства и недостатки метода. Основные характеристики микроскопов. Подготовка образцов.
11. Оптическая схема растрового электронного микроскопа. Основные характеристики современных растровых электронных микроскопов. Подготовка образцов. Виды контраста.
12. Чувствительность рентгеновского качественного фазового анализа, факторы затрудняющие качественный фазовый анализ.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

При оценке на экзамене дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении за-данных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает не-полные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.
- д) «неявка» - студент на экзамен не явился.

Кроме того, по дисциплине предусмотрена аттестация в форме зачета.

По дисциплине для получения зачета студент должен полностью выполнить учебный план: коллоквиум, домашние задания.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Панова Т. В.	Современные методы исследования вещества: электронная и оптическая микроскопия: учебное пособие	Электронная библиотека	Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2016
Л1.2	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2002

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Кларк Э. Р., Эберхардт К. Н., Баженов С. Л.	Микроскопические методы исследования материалов: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2007
Л2.2	Домкин К. И.	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение: монография	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Векилова Галина Владимировна, Иванов А. Н., Ягодкин Юрий Дмитриевич	Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	The Cambridge Structural Database (CSD)	<a href="https://www.ccdc.cam.ac.uk/solutions/csd-system/components/csd/">https://www.ccdc.cam.ac.uk/solutions/csd-system/components/csd/</a>
Э2	Springermaterials	<a href="https://materials.springer.com/">https://materials.springer.com/</a>
Э3	International Centre for Diffraction Datahttp:	<a href="https://www.icdd.com/">https://www.icdd.com/</a>
Э4	Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	Microsoft Office
П.4	LMS Canvas
П.5	MS Teams
П.6	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	eLIBRARY.RU: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>
И.2	SpringLink <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
И.3	Электронная библиотека МИСиС <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.4	ЭБС "Лань" <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
И.5	Электронный фонд <a href="https://docs.cntd.ru/?ysclid=lp5ebi7lkx985720114">https://docs.cntd.ru/?ysclid=lp5ebi7lkx985720114</a>
И.6	Подписки на базы данных в НИТУ МИСИС <a href="https://research.misis.ru/library">https://research.misis.ru/library</a>
И.7	<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/pages/catalogue.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/pages/catalogue.html</a>
И.8	<a href="http://humbio.ru/humbio/physiology/0005e445.htm">http://humbio.ru/humbio/physiology/0005e445.htm</a>
И.9	<a href="https://booksmed.info/">https://booksmed.info/</a>
И.10	<a href="https://openedu.ru/">https://openedu.ru/</a>
И.11	<a href="https://lib.ssmu.ru/elektronnye-uchebniki-dlya-studentov-1-kursa-po-speczialnosti-lechebnoe-delo-2/">https://lib.ssmu.ru/elektronnye-uchebniki-dlya-studentov-1-kursa-po-speczialnosti-lechebnoe-delo-2/</a>
И.12	<a href="https://blog.frontiersin.org/tag/ebooks/">https://blog.frontiersin.org/tag/ebooks/</a>
И.13	<a href="https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/life-science.html">https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/life-science.html</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

Б-413	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
Б-0023	Лаборатория "Биомедицинские наноматериалы":	Биологический блок: ламинарный шкаф II класса защиты для проведения работ с клеточными культурами в стерильных условиях; CO <sub>2</sub> -инкубатор, автоматический счетчик клеток; водяная баня; центрифуга; кельвинатор (-80°C) и сосуд Дьюара с жидким азотом (-196°C) для длительного хранения клеточных линий в замороженном состоянии; холодильные и морозильные камеры; необходимое вспомогательное оборудование; инвертированный флуоресцентный микроскоп; инвертированный оптический микроскоп; автоклав и уникальная установка для генерации низкочастотного магнитного поля.
Б-008	Лаборатория "Биомедицинские наноматериалы":	Химический блок: 3 вытяжных шкафа для работы с летучими и токсичными веществами; лабораторные столы с химически стойким покрытием; вакуумный роторный испаритель; препаративные центрифуги и ультрацентрифуги (5 шт.); лабораторные плитки с магнитным перемешиванием для получения наноструктурных материалов; ультразвуковая баня и ультразвуковой щуп для гомогенизации растворов; лабораторный реактор для крупномасштабного синтеза наночастиц; спектрофотометр; прибор для измерения динамического светорассеяния и поверхностного заряда наночастиц; рН-метр; холодильные и морозильные камеры; лиофильная сушилка; сушильный шкаф; деионизатор воды; аналитические весы; автоматические дозаторы.
Читальный зал электронных изданий		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении курса "Методы исследования биомедицинских изделий и препаратов" большое внимание следует уделить самостоятельной работе с учебниками, справочной литературой и текущими публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах по рассматриваемым темам курса. Большую часть вопросов, возникающих в процессе самостоятельной подготовки, рекомендуется выносить для обсуждения на практических занятиях для наиболее полного понимания современных методов исследования.

Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- вопросов для самоконтроля,
- домашних заданий.

Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов организуются еженедельные консультации преподавателей.