

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 28.06.2022 10:56:53  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad56

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Общей и теоретической физики*

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

дисциплина

***Б1.В.01.03 Рентгеноструктурный анализ***

часть, формируемая участниками образовательных отношений

Направление

***03.03.02***  
код

***Физика***  
наименование направления

Программа

***Медицинская физика***

Форма обучения

***Очная***

Для поступивших на обучение в  
***2021 г.***

Разработчик (составитель)  
***старший преподаватель***  
***Курбангулов А. Р.***  
ученая степень, должность, ФИО

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....</b>	<b>4</b>
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	4
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам) .....	5
<b>5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....</b>	<b>8</b>
<b>6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>8</b>
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)	8
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....	8

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
ПК-3. Техническое обслуживание биотехнических и медицинских аппаратов и систем	ПК-3.1. Вводит в эксплуатацию биотехнические и медицинские аппараты и системы	Обучающийся должен: 1) разбираться в системе понятий и представлений о структуре, используемых для характеристики свойств вещества; 2) разбираться в методах анализа свойств физических систем
	ПК-3.2. Контролирует техническое состояние биотехнических и медицинских аппаратов и систем	Обучающийся должен: 1) использовать понятия о симметрии кристаллов, описываемых точечными и пространственными группами; 2) применять знания при расшифровке дифрактограмм, идентификации фазы
	ПК-3.3. Технически обслуживает и ремонтирует биотехнических и медицинских аппаратов и систем	Обучающийся должен: 1) применять основные понятия и определения, терминологию и законы изучаемой дисциплины при рентгеноструктурном анализе вещества; 2) пользоваться навыками использования методов рентгеноструктурного анализа при идентификации структуры кристаллических веществ

**2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Цели изучения дисциплины:

1. ознакомление с основными представлениями о физических основах возникновения рентгеновского излучения и методах его фокусировки и регистрации;
2. ознакомление с особенностями дифракции рентгеновского излучения на кристаллических структурах;
3. овладение теоретическими знаниями и методами расшифровки (индицирования) дифрактограмм кристаллических структур.

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемая участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зач. ед., 144 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	44
практических (семинарских)	60
другие формы контактной работы (ФКР)	0,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	
дифференцированный зачет	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	39,8

Формы контроля	Семестры
дифференцированный зачет	6

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СР
		Лек	Пр/Сем	Лаб	
<b>2</b>	<b>Кинематическая теория рассеяния лучей в кристаллах</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>9</b>
1.4	Поглощение рентгеновского излучения	2	3	0	2
1.3	Характеристическое излучение	2	3	0	2
1.2	Непрерывное (тормозное) излучение	2	3	0	2
1.1	Природа рентгеновского излучения	2	3	0	2
4.1	Понятие кристаллической решетки	2	2	0	2
<b>1</b>	<b>Физика рентгеновского излучения</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
2.1	Уравнение Вульфа-Брегга	2	3	0	2
2.2	Когерентное и некогерентное рассеяние	2	2	0	1
2.4	Структурная амплитуда и структурный фактор	2	3	0	2
5.5	Рентгеновская дифрактометрия	2	4	0	2
5.4	Экспериментальные ошибки рентгеноструктурного анализа	2	2	0	2
5.3	Обработка дифрактограммы	2	2	0	2
5.2	Области когерентного рассеяния	2	3	0	2

5.1	Понятие функции профиля	2	3	0	1,8
<b>5</b>	<b>Метод прецизионного определения параметров решетки</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>9,8</b>
4.5	Решетки Браве	2	3	0	2
4.4	Простые элементы симметрии	2	2	0	2
4.3	Комплекс плоскостей	2	2	0	2
4.2	Элементарная ячейка	2	3	0	2
<b>4</b>	<b>Кристаллическая структура. Элементарные ячейки. Симметрия кристаллов</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
3.2	Метод Лауэ и метод порошка	3	4	0	2
3.1	Сфера ограничения	3	4	0	1
<b>3</b>	<b>Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
2.5	Дифракция на кристаллической решетке	2	3	0	2
2.3	Атомное рассеяние рентгеновского излучения	2	3	0	2
	<b>Итого</b>	<b>44</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>39,8</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>2</b>	<b>Кинематическая теория рассеяния лучей в кристаллах</b>	
1.4	Поглощение рентгеновского излучения	Поглощение рентгеновского излучения веществом: основной закон ослабления лучей, коэффициента ослабления, зависимость от длины волны. Практические приложения закона
1.3	Характеристическое излучение	Характеристическое излучение: механизм возникновения, спектр и его особенности, серии линий
1.2	Непрерывное (тормозное) излучение	Непрерывное (тормозное) излучение: механизм взаимодействия, спектральная характеристика, влияние параметров электронного пучка и свойств материала анода
1.1	Природа рентгеновского излучения	Взаимодействие электронного пучка с твердым телом. Генерация рентгеновского излучения. Природа и свойства излучения
4.1	Понятие кристаллической решетки	Понятие кристаллической решетки. Аналитическое описание пространственной решетки. Период повторяемости
<b>1</b>	<b>Физика рентгеновского излучения</b>	
2.1	Уравнение Вульфа-Брегга	Уравнение Вульфа-Брегга. Обратное пространство. Дифракционные индексы обратной решетки. Сфера Эвальда
2.2	Когерентное и некогерентное рассеяние	Когерентное и некогерентное рассеяние. Рассеяние свободным электроном. Поляризация рассеянного излучения
2.4	Структурная амплитуда и структурный фактор	Рассеяние ячейкой кристалла. Структурная амплитуда и структурный множитель

5.5	Рентгеновская дифрактометрия	Рентгеновская дифрактометрия. Устройство и принцип работы дифрактометров. Режимы съемки и методы приготовления образцов
5.4	Экспериментальные ошибки рентгеноструктурного анализа	Причины ошибок в определении межплоскостных расстояний. Приемы достижения высокой точности
5.3	Обработка дифрактограммы	Инструментальная и физическая ширина линии. Профиль линии как свертка инструментального и физического уширения
5.2	Области когерентного рассеяния	Области когерентного рассеяния (ОКР). Размытие максимумов за счет малости ОКР. Формула Шерера
5.1	Понятие функции профиля	Понятие функции профиля. Ширина линии, способы определения ширины
<b>5</b>	<b>Метод прецизионного определения параметров решетки</b>	
4.5	Решетки Браве	Пространственная решетка. Ячейки Браве. Типы решеток Браве
4.4	Простые элементы симметрии	Простые элементы симметрии. Ось симметрии. Плоскость симметрии. Центр симметрии
4.3	Комплекс плоскостей	Комплекс плоскостей. Четвертый индекс плоскости в гексагональной системе
4.2	Элементарная ячейка	Элементарная ячейка. Индексы узла. Узловые прямые. Узловая плоскость. Символ семейства узловых плоскостей
<b>4</b>	<b>Кристаллическая структура. Элементарные ячейки. Симметрия кристаллов</b>	
3.2	Метод Лауэ и метод порошка	Метод Лауэ, определение ориентировки монокристалла. Метод порошка
3.1	Сфера ограничения	Сфера ограничения. Метод вращения монокристалла
<b>3</b>	<b>Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей</b>	
2.5	Дифракция на кристаллической решетке	Интерференционная функция. Уравнения Лауэ. Главные и побочные максимумы, нулевые значения. Дифракционное расширение узлов обратной решетки
2.3	Атомное рассеяние рентгеновского излучения	Функция атомного рассеяния. Фурье-образ распределения электронной плотности атома. Его зависимость от длины волны, угла рассеяния, атомного номера рассеивающего вещества. Понятие об атомном рассеянии

#### Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>2</b>	<b>Кинематическая теория рассеяния лучей в кристаллах</b>	
1.4	Поглощение рентгеновского излучения	Поглощение рентгеновского излучения веществом: основной закон ослабления лучей, коэффициента ослабления, зависимость от длины волны. Практические приложения закона
1.3	Характеристическое	Характеристическое излучение: механизм

	излучение	возникновения, спектр и его особенности, серии линий
1.2	Непрерывное (тормозное) излучение	Непрерывное (тормозное) излучение: механизм взаимодействия, спектральная характеристика, влияние параметров электронного пучка и свойств материала анода
1.1	Природа рентгеновского излучения	Взаимодействие электронного пучка с твердым телом. Генерация рентгеновского излучения. Природа и свойства излучения
4.1	Понятие кристаллической решетки	Понятие кристаллической решетки. Аналитическое описание пространственной решетки. Период повторяемости
<b>1</b>	<b>Физика рентгеновского излучения</b>	
2.1	Уравнение Вульфа-Брегга	Уравнение Вульфа-Брегга. Обратное пространство. Дифракционные индексы обратной решетки. Сфера Эвальда
2.2	Когерентное и некогерентное рассеяние	Когерентное и некогерентное рассеяние. Рассеяние свободным электроном. Поляризация рассеянного излучения
2.4	Структурная амплитуда и структурный фактор	Рассеяние ячейкой кристалла. Структурная амплитуда и структурный множитель
5.5	Рентгеновская дифрактометрия	Рентгеновская дифрактометрия. Устройство и принцип работы дифрактометров. Режимы съемки и методы приготовления образцов
5.4	Экспериментальные ошибки рентгеноструктурного анализа	Причины ошибок в определении межплоскостных расстояний. Приемы достижения высокой точности
5.3	Обработка дифрактограммы	Инструментальная и физическая ширина линии. Профиль линии как свертка инструментального и физического уширения
5.2	Области когерентного рассеяния	Области когерентного рассеяния (ОКР). Размытие максимумов за счет малости ОКР. Формула Шерера
5.1	Понятие функции профиля	Понятие функции профиля. Ширина линии, способы определения ширины
<b>5</b>	<b>Метод прецизионного определения параметров решетки</b>	
4.5	Решетки Браве	Пространственная решетка. Ячейки Браве. Типы решеток Браве
4.4	Простые элементы симметрии	Простые элементы симметрии. Ось симметрии. Плоскость симметрии. Центр симметрии
4.3	Комплекс плоскостей	Комплекс плоскостей. Четвертый индекс плоскости в гексагональной системе
4.2	Элементарная ячейка	Элементарная ячейка. Индексы узла. Узловые прямые. Узловая плоскость. Символ семейства узловых плоскостей
<b>4</b>	<b>Кристаллическая структура. Элементарные ячейки. Симметрия кристаллов</b>	
3.2	Метод Лауэ и метод порошка	Метод Лауэ, определение ориентировки монокристалла. Метод порошка
3.1	Сфера ограничения	Сфера ограничения. Метод вращения монокристалла

<b>3</b>	<b>Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей</b>	
2.5	Дифракция на кристаллической решетке	Интерференционная функция. Уравнения Лауэ. Главные и побочные максимумы, нулевые значения. Дифракционное расширение узлов обратной решетки
2.3	Атомное рассеяние рентгеновского излучения	Функция атомного рассеяния. Фурье-образ распределения электронной плотности атома. Его зависимость от длины волны, угла рассеяния, атомного номера рассеивающего вещества. Понятие об атомном рассеянии

## 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

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

#### 6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

##### Основная учебная литература:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учебное пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262> (дата обращения: 25.06.2021).
2. Бокий, Г. Б. Рентгеноструктурный анализ: [16+] / Г. Б. Бокий. – Изд. 2-е. – Москва: Издательство МГУ, 1964. – Том 1. – 496 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=475623> (дата обращения: 25.06.2021)

##### Дополнительная учебная литература:

1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2023> (дата обращения: 25.06.2021).
2. Современные методы структурного анализа веществ: учебник: [16+]/ М. Ф. Куприянов, А. Г. Рудская, Н. Б. Кофанова и др. ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009. – 288 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241003> (дата обращения: 25.05.2021)
3. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – Москва: Мир, 1978. – Том 1. – 391 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483337> (дата обращения: 25.06.2021)

#### 6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование документа с указанием реквизитов
-------	---