

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением президиума
ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

**Основы дифракционного
структурного анализа**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Физическая электроника

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина «Основы дифракционного структурного анализа» Б1.В.ДВ.01.02 относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 «Радиофизика», формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1 Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области микро- и, наноэлектроники, мощной электроники при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1. Знает принципы сбора и анализа информации, методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.</p> <p>ПК-1.2. Умеет работать с большим объемом данных, систематизировать и анализировать информацию, полученную из различных источников.</p> <p>ПК-1.3. Владеет современными информационными и коммуникационными</p>	<p>Знать виды преобразований Фурье, Фурье-образы, теорему свертки.</p> <p>Уметь применять преобразования Фурье для одномерных кристаллических решеток, сверхрешеток, решеток Браве.</p> <p>Владеть навыками решения поставленных задач.</p>	зачет

	технологиями сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования.		
ПК-2 Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области микро- и, нанoeлектроники, мощной электроники и оформлять их результаты	<p>ПК-2.1. Знает современное состояние исследований в области микро- и, нанoeлектроники, мощной электроники, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> <p>ПК-2.2. Умеет выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по отдельным разделам тем в области микро- и, нанoeлектроники, мощной электроники.</p>	<p><i>Знать</i> приемы построения обратного пространства для кристаллических объектов различного типа; способы перехода от картины в обратном пространстве к дифракционной картине, регистрируемой прибором; способы анализа основных параметров кристаллической структуры и микроструктуры по дифракционной картине; виды искажений дифракционной картины в случае кристалла с дефектами.</p> <p><i>Уметь</i> применять полученные знания для решения практических задач, описания физических эффектов в области, соответствующей тематике курса.</p> <p>Уметь ориентироваться в современной научной литературе по вопросам дифракционного структурного анализа твердых тел.</p> <p><i>Владеть</i> навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.</p>	<i>зачет</i>
ПК-3 Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ	ПК-3.1. Знает нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР, требования к содержанию и правила оформления	<p><i>Знать</i> основные методы написания протоколов и отчетов по измерениям</p> <p><i>Уметь</i> оформлять рукописи, протоколы, отчеты</p> <p><i>Владеть</i> навыками оформления протоколов и отчетов</p>	<i>зачет</i>

<p>проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>ПК-3.2. Умеет представлять результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.</p> <p>ПК-3.3. Владеет навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.</p>		
---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия семинарского типа (практические занятия)	32
самостоятельная работа	39
КСР	1
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	зачет

3.2. Содержание дисциплины

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе					
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа обучающегося,
		из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Тема 1. Предмет дифракционного структурного анализа. Структурный анализ как преобразование Фурье	6		3			3	3
Тема 2. Определение геометрии дифракционной картины с помощью фурье-образов рассеивающих объектов	4		2			2	2
Тема 3. Периодически модулированные структуры	6		3			3	3
Тема 4. Фазовая проблема и ее решение патерсоновскими и прямыми методами. Атомное строение некоторых кристаллов	4		2			2	2
Тема 5. Влияние симметрии кристалла на картину дифракции	6		3			3	3
Тема 6. Кристалл с дефектами	4		2			2	2
Тема 7. Особенности анализа поликристалла и осевой текстуры. Основные типы рентгеновской дифракционной аппаратуры. Особенности рентгеновского дифрактометра	8		4			4	4
Тема 8. Дифракционное исследование эпитаксиальных гетероструктур. Анализ мозаичной структуры	8		4			4	4

<u>Тема 9.</u> Измерение упругих деформаций и концентрации твердого раствора	12		6			6	6
<u>Тема 10.</u> Интенсивность отражения от кристаллической пластинки	10		5			5	5
<u>Тема 11.</u> Кинематическое и динамическое рассеяние. Графики Дю-Монда	5		1			1	4
<u>Тема 12.</u> Рекуррентная формула для многослойной структуры. Диагностика дефектов эпитаксиальных гетероструктур по кривым качания	4		1			1	3
Консультация							
Итоговая аттестация зачет							
Итого	72		32			32	39

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	обучающего от ответа			ошибок			
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже

		«удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
Методы расшифровки атомной структуры кристаллов.	ПК-1, ПК-2, ПК-3
Источники рентгеновского излучения для дифракционного анализа	ПК-1, ПК-2, ПК-3
Оптические элементы для управления, коллимации и монохроматизации рентгеновского пучка.	ПК-1, ПК-2, ПК-3

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 1) Каули Дж. Физика дифракции. М. Мир, 1979. – 4 экз.
- 2) Г.С.Жданов, А.С.Илюшин, С.В.Никитина. Дифракционный и резонансный структурный анализ. М. Наука. 1980. – 5 экз.
- 3) Най Дж. Физические свойства кристаллов/Дж. Най. - М.: Мир, 1967. - 385 с. – 5 экз.
- 4) Е.В. Зайцева, М.А. Фаддеев, Е.В. Чупрунов. Динамическая теория дифракции рентгеновских лучей в кристаллах. ННГУ. 1999. – 4 экз.
- 5) П.В. Андреев, В.Н. Трушин, М.А. Фаддеев. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов. Нижний Новгород. ННГУ. 2013. – 15 экз.
- 6) М.П. Шаскольская. Кристаллография. М. 1976 г. – 72 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) З.Г. Пинскер. Динамическое рассеяние рентгеновских лучей в идеальных кристаллах. М. Наука. 1974. – 3 экз.
- 2) Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. М.: Высшая школа, 1968. – 2 экз.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий,

предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютеры, проектор, доска.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО ННГУ по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика».

Авторы	_____	Ю.Н. Дроздов
	_____	П.А. Юнин
Заведующий кафедрой	_____	Красильник З.Ф.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23