

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Рентгеновские методы исследования металлов, сплавов и керамик

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.ДВ.05.03 Рентгеновские методы исследования металлов, сплавов и керамик относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин, в научно-исследовательской деятельности, при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-2.1: Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ПК-2.1: Знать модели упругого рассеяния электромагнитных волн рентгеновского диапазона и способы их реализации в рамках кинематической теории рассеяния на поликристалле, а также в рамках рассеяния на нанобъектах Знать ограничения кинематической теории рассеяния электромагнитных волн рентгеновского диапазона на кристаллах и нанобъектах. Уметь определять требуемые параметры физических моделей и экспериментальных систем на их основе, исходя из имеющихся данных об объектах исследования для методов, основанных на рассеянии электромагнитных волн рентгеновского диапазона. Уметь обосновывать физическую корректность результата исследований материалов методами, основанными на рассеянии электромагнитных волн рентгеновского диапазона. Владеть навыком оценки применимости конкретного	Собеседование	Дифзачёт: Задачи

		метода, основанного на рассеянии электромагнитных волн рентгеновского диапазона, для конкретного материала. Владеть терминологией и основными математическими соотношениями теории рассеяния электромагнитных волн рентгеновского диапазона в рамках кинематического приближения.		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	1
самостоятельная работа	27
Промежуточная аттестация	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	
Тема 1. Введение в рентгеновский фазовый анализ	12	2	6	8	4
Тема 2. Основы излучения и детектирования рентгеновского излучения	14	2	8	10	4
Тема 3. Взаимодействие РИ с веществом	14	2	8	10	4
Тема 4. Теоретические основы дифракции РИ на кристаллических структурах	14	2	8	10	4

Тема 5. Экспериментальные основы метода рентгеновского фазового анализа	11	1	8	9	2
Тема 6. Интенсивность дифракционного максимума.	11	1	8	9	2
Тема 7. Количественный ФА.	9	1	6	7	2
Тема 8. Профильный анализ дифрактограммы	10	2	6	8	2
Тема 9. Анализ экспериментальных данных	8	2	4	6	2
Тема 10. Анализ экспериментальных данных. Углубленный подход.	4	1	2	3	1
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	64	81	27

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Рентгеновские методы исследования материалов (Андреев П.В.)" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4949>).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Запишите уравнение Вульфа-Брэгга. Объясните физический смысл всех символов.
2. Дайте определение структурного фактора в рентгеноструктурном анализе кристаллов.
3. Дайте определение форм-фактора.
4. Изобразите схему рентгеновской съемки образцов для проведения фазового анализа.
5. Изобразить принципиальную схему рентгеновского дифрактометра для малоугловой рентгенографии.
6. Изобразите схему рентгеновской съемки образцов для проведения фазового анализа.
7. Каковы соотношения угловых скоростей движения образца и детектора для схемы Брэгга-Брентано в случае, когда рентгеновская трубка неподвижна.
8. В каких диапазонах может изменяться угол θ в теории? На практике?
9. Изобразить принципиальную схему рентгеновского дифрактометра для малоугловой рентгенографии.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Получение исчерпывающего ответа на вопрос. Достаточно понимания темы, верный ход мыслей.
не зачтено	Отсутствие ответа на вопрос, неверный ход мыслей, отсутствие или принципиально неправильное направление мысли.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 обучающегося от ответа	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 ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося 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 отдельным и 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы навыки при решении	Продemonстрирован творческий подход к решению

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки	решения стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач
--	--	-----------------------------------	--	--	--	--	---------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Задачи

Дифзачёт

Критерии оценивания (Задачи - Дифзачёт)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Отличная подготовка. Студент самостоятельно решает задачу, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление.
отлично	Отличная подготовка. Студент отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на вопросы допускаются незначительные

Оценка	Критерии оценивания
	неточности.
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями.
хорошо	Хорошая подготовка. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета).
удовлетворительно	Удовлетворительная подготовка. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя.
неудовлетворительно	Студент показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. Задача не решена. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.
плохо	Подготовка совершенно недостаточна. Последующая пересдача возможна только с комиссией.

Типовые задания (Задачи - Дифзачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-2
(Способен применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин, в научно-исследовательской деятельности, при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов)

1. Задача 1.

Оцените коротковолновую границу тормозного спектра рентгеновской трубки, работающей в режиме 50/40 кВ/мА.

Задача 2.

Определите законы погасания рефлексов для кристаллов с кубической F решеткой.

Задача 3.

Определите законы погасания рефлексов для кристаллов, описываемых пространственной группой симметрии $P2_1/c$.

Задача 4.

Используя закон Мозли оцените длины волн ХРИ, соответствующие $MoK\alpha$.

Задача 5.

Оценить минимальное межплоскостное расстояние в кристалле, отражение от которого может быть получено в дифрактограмме для длины волны первичного рентгеновского излучения, соответствующего МоКа ($\lambda=0.71073 \text{ \AA}$).

Задача 6.

Вычислите межплоскостное расстояние в кристалле кремния ($a = 0.543 \text{ нм}$) для семейства плоскостей (111). Определите величину угла дифракции для излучения МоКа ($\lambda=0.71073 \text{ \AA}$).

Задача 7.

Определите параметр кубической ячейки алюминия, если известно, что рентгеновские лучи характеристического $K\alpha$ -излучения меди ($\lambda= 0.154184 \text{ нм}$), попадая на кристалл алюминия, вызывают дифракцию от плоскостей(111) под брэгговским углом 19.2° .

Задача 8.

Рассчитать теоретически угол θ , под которыми появится линия [101] от кристалла сегнетовой соли в несегнетоэлектрической фазе при рентгено съемке в медном α -излучении ($\lambda= 0.154184 \text{ нм}$). Решетка кристалла ромбическая с параметрами $a = 11.878 \text{ \AA}$, $b = 14.246 \text{ \AA}$, $c = 6.218 \text{ \AA}$.

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

Основная литература:

1. Андреев Павел Валерьевич. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 011200 "Физика", 210100 "Электроника и нанoeлектроника", 210600 "Нанотехнология", 230400 "Информационные системы и технологии" и специальностям 210601 "Нанотехнология в электронике", 010701 "Физика" и 230201 "Информационные системы и технологии" / под ред. Е. Д. Чупрунова ; ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 123 с. - ISBN 978-5-91326-3/2-4 : 70.00., 15 экз.
2. Гинье А. Рентгенография кристаллов. Теория и практика / пер. с фр. Е. Н. Беловой [и др.] ; под ред. Н. В. Белова. - М. : Физматгиз, 1961. - 604 с. : ил. - 2.65., 7 экз.

Дополнительная литература:

1. Трушин Владимир Николаевич. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов : учебно-методическое пособие / В. Н. Трушин, П. В. Андреев, М. А. Фаддеев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 89 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851228&idb=0>.
2. Миркин Лев Иосифович. Рентгеноструктурный анализ : Индексирование рентгенограмм : справочное рук. - М. : Наука, 1981. - 496 с. : ил. - 2.60., 5 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.lib.unn.ru/> - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. <http://www.unn.ru/books/> - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.

3. <http://www.crystallography.net/cod/search.html> – система поиска структурной информации о кристаллических фазах

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

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 по направлению 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Андреев Павел Валерьевич, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Нохрин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Чувильдеев Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.