МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от" "_____ 2022 г. №

Рабочая программа дисциплины

Современные методы рентгеновской оптики

Уровень высшего образования
Подготовка научных и научно-педагогических кадров

Программа аспирантуры
1.3.8 «Физика конденсированного состояния»

Научная специальность
03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2022 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные методы рентгеновской оптики» относится к вариативной части ОПОП, является факультативной дисциплиной и изучается на 2 году обучения в 3 семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

Целью освоения курса «Современные методы рентгеновской оптики» является:

- изучение одного из важных разделов прикладной оптики посвященной процессам распространения рентгеновских лучей в средах, разработке элементов для рентгеновских приборов;
- ознакомить студентов с одним из научных направлений кафедры КЭФ, связанным с исследованиями в области рентгеновской дифракционной оптики;
- научить эффективно использовать знания современной физики и математических методов в конкретном научном исследовании;
- выработать у обучающихся осознание органичной связи, существующей между физикой и смежными естественными науками (химией, биологией и т.п.);
- сформировать умение экстраполировать методы научного познания из одной области научного познания в другую.

Курс включает в себя такие вопросы, как дифракция рентгеновских лучей в кристаллах, амплитудная модуляция рентгеновских пучков и формирование их пространственной структуры, фокусировка рентгеновского излучения, управления сходимостью рентгеновских пучков, френелевская и брэгг-френелевская оптика, рентгеновские зеркала, капиллярная оптика, преломляющая оптика

2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 36 часов, из которых 18 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа), 72 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

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 из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
	Очное					

1.Брэгг-Френелевские линзы на кристаллах и на многослойных рентгеновских зеркалах. Зонные пластинки скользящего падения. Капиллярная оптика.	12	2	2	-	4	8
2. Фокусировка рентгеновского излучения преломляющими линзами. Оптика скользящего падения. Многослойная рентгеновская оптика	12	2	2	-	4	8
3. Влияние внешних воздействий на параметры дифракционных максимумов кристаллов. Способы формирования пространственной структуры рентгеновских пучков.	12	2	2		4	8
4.Управление сходимостью рентгеновских пучков с использованием теплового воздействия света на поверхность кристалла. Управление дисперсионными свойствами кристаллов.	12	2	2	-	4	8
5. Методы рентгеновской рефлектометрии и высокораз-решающей дифрактометрии в исследовании эпитаксиальных слоев.	12	2	2	-	4	8
6. Физические принципы генерирования характеристического рентгеновского излучения.	12	2	2		4	8
7. Аппаратура для рентгеновского фазового анализа.	12	2	-	2	4	8
8. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов	12	2		2	4	8
9. Методы количественного анализа многофазных поликристаллических материалов.	10	2		2	4	6
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация - экзамен						

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий	Форма текущего контроля
1	Брэгг-Френелевские линзы на кристаллах и на многослойных рентгеновских зеркалах. Зонные пластинки скользящего падения. Капиллярная оптика. .	Брэгг-Френелевские линзы (БФЛ) на кристаллах.. БФЛ с фазосдвигающим слоем. Проблемы и перспективы. Фокусировка зонными пластинками скользящего падения. Фокусировка рентгеновского излучения с использованием капиллярной оптики.	семинар	опрос
2	Фокусировка рентгеновского излучения преломляющими линзами. Оптика скользящего падения. Многослойная рентгеновская оптика.	Основные понятия рентгеновской оптики преломления, формы преломляющего профиля, составные преломляющие Х-линзы из кремния, методы создания элементов преломляющей оптики Примеры использования многослойной рентгеновской оптики и современное состояние	семинар	опрос
3	Влияние внешних воздействий на параметры дифракционных максимумов кристаллов. Способы формирования пространственной структуры рентгеновских пучков.	Принципы формирования рентгеновских изображений (РИ) воздействием оптического изображения на дифрагирующие кристаллы и от чего зависит разрешающая способность РИ?	семинар	опрос
4	Управление сходимостью рентгеновских пучков с использованием теплового воздействия света на поверхность кристалла.	Управление сходимостью рентгеновских пучков с использованием теплового воздействия света на поверхность кристалла. Управление дисперсионными свойствами кристаллов.	семинар	отчет

	Управление дисперсионными свойствами кристаллов.			
5	Методы рентгеновской рефлектометрии и высокоразрешающей дифрактометрии в исследовании эпитаксиальных слоев.	Физические основы рентгеновской рефлектометрии и дифрактометрии в исследовании эпитаксиальных слоев.	семинар	опрос
	Физические принципы генерирования характеристического рентгеновского излучения.	Физические механизмы возникновения тормозного и характеристического рентгеновского излучения при электронном, ионном и синхротронном возбуждении в материальных средах. Поглощение падающего излучения. Ионизация внутренних электронных оболочек.	семинар	опрос
	Аппаратура для рентгеновского фазового анализа.	Источники рентгеновского излучения. Детекторы рентгеновских лучей Подготовка образцов для рентгеновского фазового анализа. Рентгеооптические схемы и элементы.	семинар	опрос
	Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов	Основные характеристики рентгеновского фазового анализа, чувствительность метода. Индицирование рентгенограмм. Погрешности метода	лабораторная работа	отчет
	Методы количественного анализа многофазных поликристаллических материалов.	Методы внутреннего стандарта, корундовых чисел, разбавления Достоверность количественного фазового анализа. Основные погрешности метода.	лабораторная работа	отчет

4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, подготовку устного доклада (публичного выступления), подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примерные темы для устного доклада (публичного выступления) приведены в п. 6.4 настоящей Рабочей программы дисциплины.

5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

– уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные экзаменаторами);

– умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;

– качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая лаконичности);

- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,

- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка	**Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой**
Зачтено	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
Не зачтено	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине

5.2.1. При проведении зачета обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Актуальные проблемы теории конденсированного состояния»:

- Формирование Брэгг-Френелевских линз (БФЛ) на кристаллах и многослойных рентгеновских зеркалах. Где используются Брэгг- Френелевские линзы. Как рассчитывается оптимальная высота их рельефа.
- Примеры использования многослойной рентгеновской оптики и современное состояние
- Рентгенооптические схемы фокусировки рентгеновского излучения. Каким образом осуществляется фокусировка с использованием кристаллов, многослойных структур, преломляющей оптики.

.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Е.В. Чупрунов, М.А. Фаддеев, Е.В. Алексеев. Рентгеновские методы исследования твердых тел. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Физико-химические основы нанотехнологий». Нижний Новгород 2007. (http://lab27.ma52.ru/docs/%D0%95.%D0%92.%D0%A7%D1%83%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2,%20%D0%9C.%D0%90.%D0%A4%D0%B0%D0%B4%D0%B4%D0%B5%D0%B5%D0%B2,%20%D0%95.%D0%92.%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%B5%D0%B2.%20%D0%A0%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B%20%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D1%82%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D1%8B%D1%85%20%D1%82%D0%B5%D0%BB.pdf).
2. Д. К. Боуэн, Б. К. Таннер Высокоразрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография. С-Пб.: Наука, 2002, 274 с. (http://lab27.ma52.ru/docs/%D0%91%D0%BE%D1%83%D1%8D%D0%BD%20%D0%94.%D0%9A.,%20%D0%A2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D1%80%20%D0%91.%D0%9A.%20%D0%92%D1%8B%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%B4%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F%20%D0%B8%20%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F.pdf).
3. Аристов В.В., Ерко А.И. Рентгеновская оптика. – М.: Наука, 1991 – 150 с. (http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=321484 – каталог 1 экз).
4. Русаков А.А. Рентгенография металлов. – М.: Атомиздат, 1977. – 480 с. (http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=373858 –каталог 4 экз).
5. Pecharsky V.K., Zavalij P.Y. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. Springer, 2005. – 713 p. (https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-0-387-09579-0.pdf - источник).

6. Мишетт А. // Оптика мягкого рентгеновского излучения: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. с.351. (http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=71298 – каталог 2 экз)
7. А.В. Виноградов, И.А.Бритов, А.Я. Грудский и др. Рентгеновская зеркальная оптика. Ленинград: Машиностроение. 1989. с.463. (http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=385753 – каталог1 экз)

б) дополнительная литература:

8. Е.В. Зайцева, М.А. Фаддеев, Е.В. Чупрунов. Динамическая теория дифракции рентгеновских лучей в кристаллах.- Изд - во ННГУ, 1999. - 131 с.
9. (http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=43509 – каталог 4 экз).
10. В.Н. Трушин, А.А. Жолудев, А.С. Маркелов, Е.В.Чупрунов. Термоиндуцированное изменение параметров рентгеновских дифракционных максимумов кристаллов кальцита с блочной структурой.// Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтронные исслед. 2005. №.2, стр.84-86.(https://elibrary.ru/item.asp?id=9745051 – источник)
11. В.В Аристов, Л.Г. Шабельников, В.В.Старков, М.В. //Нанотехника 2005, №4 – с.5-20. (https://elibrary.ru/item.asp?id=11804754 – источник)
12. В.Н. Трушин, А.С. Маркелов, Е.В. Чупрунов. Рентгеновский кристалл-монохроматор с управляемой полушириной кривой качания.// Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтронные исслед. 2015. №.2, стр.110-117. (https://elibrary.ru/item.asp?id=25343291 - источник)
13. В.Н. Трушин, А.С. Маркелов, Е.В.Чупрунов А.А. Жолудев//Термоиндуцированное управление дифракционными спектрами. Письма в Журнал технической физики. 2006. Т. 32. № 11. С. 28-31. (https://elibrary.ru/item.asp?id=20338567 - источник)

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение по лабораторному практикуму содержится в программах XRD Commander (http://lab27.ma52.ru/docs/XRD%20Commander%20User%20Manual%20RUS.pdf), **DIFFRACplus Evaluation Package (EVA)** (http://lab27.ma52.ru/docs/Eva%20RUS.pdf), **ABSORBDX** (http://lab27.ma52.ru/docs/AbsorbDX%20RUS.pdf)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;

- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование: Shimadzu XRD-700 фирмы (Япония); D8 DISCOVER фирмы Bruker AXS (Германия).

- лицензионное программное обеспечение: XRD Commander (http://lab27.ma52.ru/docs/XRD%20Commander%20User%20Manual%20RUS.pdf); DIFFRACplus Evaluation Package (EVA) (http://lab27.ma52.ru/docs/Eva%20RUS.pdf).

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в

аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Автор Трушин В.Н.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой Чупрунов Е.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от _____2022 года, протокол № б/н