

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 № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Рентгенография

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Медицинская физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.13 Рентгенография 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-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Знание фундаментальных законов физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-5: Способен применять профессиональные знания, осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности	ИД ПК-5: Демонстрация способности применять профессиональные знания, осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности	ИД ПК-5: Умение решать задачи и осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности в области физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии. Владение навыками осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности на основе математических методов физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	2
самостоятельная работа	86
Промежуточная аттестация	36
	Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о Ф о	о Ф о	о Ф о	о Ф о	о Ф о
Тема 1 Основы физики рентгеновских лучей	16	1	1	2	14
Тема 2 Основы физики рентгеновских лучей	16	1	1	2	14
Тема 3 Образование рентгеновского изображения в пучке. Влияние физических свойств объекта на изображение в пучке. Возникновение контраста в изображении. Условия получения рентгеновского изображения. Размер рентгеновского изображения. Влияние дозы рентгеновского изображения на информативность изображения. Разрешающая способность системы. Зависимость основных параметров рентгеновского изображения (контрастность и объем деталей) от интенсивности (Ма) и жесткости (КУ) излучения.	14	4	10	14	
Тема 4 Радиационная безопасность. Клинические радиационные эффект	14	4	10	14	
Тема 5 Вопросы радиобиологии. Взаимодействие рентгеновского излучения с биологическими объектами. Понятие о чувствительности и резистентности биологических тканей. Отрицательные эффекты ионизирующей радиации. Острые, подострые, хронические. Действие малых доз ионизирующего излучения. Остаточные соматические эффекты. Тератогенные эффекты. Генетические эффекты.	8	4	4	8	
Тема 6 Кинематическая дифракция рентгеновских лучей в кристалле	5	2	2	4	1
Тема 7 Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей кристаллом	5	2	2	4	1
Тема 8 Электронная плотность	5	3	1	4	1
Тема 9 Основные схемы устройства дифрактометров	6	4	1	5	1
Тема 10 Определение симметрии и ориентации кристалла методом Лауэ	6	4	1	5	1

Тема 11 Метод вращения и его разновидности	6	4	1	5	1
Тема 12 Методы порошковой дифракции	13	6	6	12	1
Тема 13 Общая схема рентгеноструктурного анализа	9	4	1	5	4
Тема 14 Подготовка образцов для рентгеноструктурного анализа	13	4	5	9	4
Тема 15 Современные методы определения симметрии и параметров элементарных ячеек монокристаллов	9	1	4	5	4
Тема 16 Методы решения атомных структур кристаллов	8	2	2	4	4
Тема 17 Методы уточнения атомных структур кристаллов	8	2	2	4	4
Тема 18 Программное обеспечение применяемое в современном рентгеноструктурном анализе	8	2	2	4	4
Тема 19 Примеры решения атомных структур кристаллов	8	2	2	4	4
Тема 20 Учет поглощения при обработке дифракционных данных	9	3	2	5	4
Тема 21 Методы верификация полученной модели атомной структуры кристалла	10	4	2	6	4
Тема 22 Правила подготовки результатов рентгеноструктурного анализа к публикации и регистрации в электронных базах данных	7	1	2	3	4
Тема 23 Лабораторный практикум по методам порошковой дифракции	6			0	6
Тема 24 Лабораторный практикум по методам монокристалльного рентгеноструктурного анализа	5			0	5
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	252	64	64	130	86

Содержание разделов и тем дисциплины

Основы физики рентгеновских лучей

Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом

Образование рентгеновского изображения в пучке. Влияние физических свойств объекта на изображение в пучке.

Возникновение контраста в изображении. Условия получения рентгеновского изображения. Размер рентгеновского изображения. Влияние дозы рентгеновского изображения на информативность изображения.

Разрешающая способность системы. Зависимость основных параметров рентгеновского изображения (контрастность и объем деталей) от интенсивности (Ма) и жесткости (КУ) излучения.

Радиационная

безопасность. Клинические радиационные эффект

Вопросы радиобиологии. Взаимодействие рентгеновского излучения с биологическими объектами.

Понятие о чувствительности и резистентности биологических тканей. Отрицательные эффекты ионизирующей радиации.

Острые, подострые, хронические. Действие малых доз ионизирующего излучения.

Осталенные соматические

эффекты. Тератогенные эффекты. Генетические эффекты.

Кинематическая дифракция рентгеновских лучей в кристалле

Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей кристаллом

Электронная плотность

Основные схемы устройства дифрактометров

Определение симметрии и ориентации кристалла методом Лауэ

Метод вращения и его разновидности

Методы порошковой дифракции
Общая схема рентгеноструктурного анализа
Подготовка образцов для рентгеноструктурного анализа
Современные методы определения симметрии и параметров элементарных ячеек монокристаллов
Методы решения атомных структур кристаллов
Методы уточнения атомных структур кристаллов
Программное обеспечение применяемое в современном рентгеноструктурном анализе
Примеры решения атомных структур кристаллов
Учет поглощения при обработке дифракционных данных
Методы верификация полученной модели атомной структуры кристалла
Правила подготовки результатов рентгеноструктурного анализа к публикации и регистрации в электронных базах данных
Лабораторный практикум по методам порошковой дифракции
Лабораторный практикум по методам монокристалльного рентгеноструктурного анализа

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Лучевая терапия. физика излучений, дозиметрия, топометрия, радиобиологические основы, принципы и методы. [Электронный ресурс] / Бойко А.В., Дарьялова С.Л., Черниченко А.В., Бочарова И.А. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – [Режим доступа]: <http://www.studentlibrary.ru/book/970406762V0040.html>.

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 - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Какой материал используется в качестве фильтра β -линии на трубках с медным анодом?
2. Радиационная безопасность при рентгенологических исследованиях 2 Клинические радиационные эффекты.
3. Ядерные и радиационные аварии.
4. Рентгенологические аппараты и комплексы. С, СУ, АУ2,1,в. Аппараты КТ, МРТ
5. Компьютерная томография. Устройство аппарата диагностические возможности.
6. Флюорография. Устройство аппарата диагностические возможности.
7. Серийная рентгенография. Устройство аппарата диагностические возможности.
8. Рентгеновская фототехника. Основы охраны здоровья граждан в РФ.
9. История рентгенологии и других методов лучевой диагностики (КТ, СКТ, МРТ).
10. Вклад отечественных ученых в развитие рентгенологии.
11. Методы защиты от источников ионизирующего излучения.

12. Условия наблюдения дифракции от кристалла?
13. Какие факторы влияют на интенсивность и ширину дифракционного максимума?
14. Определить дифракционную симметрию кристалла с указанной преподавателем группой пространственной симметрии кристалла
15. Вывести формулы структурной амплитуды для указанной преподавателем группы пространственной симметрии кристалла.
16. Определить погасания для указанной преподавателем группы пространственной симметрии кристалла.
17. Определить симметрию лауэграммы для задорного кристалла и заданной ориентации.
18. Индицировать порошковую дифрактограмму. Определить тип решетки, межплоскостные расстояния.
19. Идентифицировать порошковую дифрактограмму.
20. Выполнить количественный фазовый анализ предложенной порошковой дифрактограммы.
21. Определить пространственную группу симметрии кристалла по рентгеноструктурному эксперименту.
22. Рассчитать заряд модельной ячейки кристалла.
23. Рассчитать баланс валентных усилий валентного кристалла.
24. Вычислить рентгеновскую плотность кристалла.
25. Вычислить коэффициент линейного поглощения для заданного кристалла и заданной длины волны.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

1. Какой материал используется в качестве фильтра β -линии на трубках с медным анодом?
2. Радиационная безопасность при рентгенологических исследованиях 2 Клинические радиационные эффекты.
3. Ядерные и радиационные аварии.
4. Рентгенологические аппараты и комплексы. С, СУ, АУ2,1,в. Аппараты КТ, МРТ
5. Компьютерная томография. Устройство аппарата диагностические возможности.
6. Флюорография. Устройство аппарата диагностические возможности.
7. Серийная рентгенография. Устройство аппарата диагностические возможности.
8. Рентгеновская фототехника. Основы охраны здоровья граждан в РФ.
9. История рентгенологии и других методов лучевой диагностики (КТ, СКТ, МРТ).
10. Вклад отечественных ученых в развитие рентгенологии.
11. Методы защиты от источников ионизирующего излучения.
12. Условия наблюдения дифракции от кристалла?
13. Какие факторы влияют на интенсивность и ширину дифракционного максимума?
14. Определить дифракционную симметрию кристалла с указанной преподавателем группой пространственной симметрии кристалла
15. Вывести формулы структурной амплитуды для указанной преподавателем группы пространственной симметрии кристалла.
16. Определить погасания для указанной преподавателем группы пространственной симметрии кристалла.
17. Определить симметрию лауэграммы для задорного кристалла и заданной ориентации.

18. Индицировать порошковую дифрактограмму. Определить тип решетки, межплоскостные расстояния.
19. Идентифицировать порошковую дифрактограмму.
20. Выполнить количественный фазовый анализ предложенной порошковой дифрактограммы.
21. Определить пространственную группу симметрии кристалла по рентгеноструктурному эксперименту.
22. Рассчитать заряд модельной ячейки кристалла.
23. Рассчитать баланс валентных усилий валентного кристалла.
24. Вычислить рентгеновскую плотность кристалла.
25. Вычислить коэффициент линейного поглощения для заданного кристалла и заданной длины волны.

Критерии оценивания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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.	При решении стандартных задач не	Продемонстрированы основные	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все основные

	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению 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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Какой материал используется в качестве фильтра β -линии на трубках с медным анодом?
2. Радиационная безопасность при рентгенологических исследованиях 2 Клинические радиационные эффекты.
3. Ядерные и радиационные аварии.
4. Рентгенологические аппараты и комплексы. С, СУ, АУ2,1,в. Аппараты КТ, МРТ
5. Компьютерная томография. Устройство аппарата диагностические возможности.
6. Флюорография. Устройство аппарата диагностические возможности.
7. Серийная рентгенография. Устройство аппарата диагностические возможности.
8. Рентгеновская фототехника. Основы охраны здоровья граждан в РФ.
9. История рентгенологии и других методов лучевой диагностики (КТ, СКТ, МРТ).
10. Вклад отечественных ученых в развитие рентгенологии.
11. Методы защиты от источников ионизирующего излучения.
12. Условия наблюдения дифракции от кристалла?
13. Какие факторы влияют на интенсивность и ширину дифракционного максимума?
14. Определить дифракционную симметрию кристалла с указанной преподавателем группой пространственной симметрии кристалла
15. Вывести формулы структурной амплитуды для указанной преподавателем группы пространственной симметрии кристалла.
16. Определить погасания для указанной преподавателем группы пространственной симметрии кристалла.
17. Определить симметрию лауэграммы для задорного кристалла и заданной ориентации.
18. Индицировать порошковую дифрактограмму. Определить тип решетки, межплоскостные расстояния.
19. Идентифицировать порошковую дифрактограмму.
20. Выполнить количественный фазовый анализ предложенной порошковой дифрактограммы.
21. Определить пространственную группу симметрии кристалла по рентгеноструктурному эксперименту.
22. Рассчитать заряд модельной ячейки кристалла.
23. Рассчитать баланс валентных усилий валентного кристалла.
24. Вычислить рентгеновскую плотность кристалла.
25. Вычислить коэффициент линейного поглощения для заданного кристалла и заданной длины волны.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5

Задача 1.

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

Задача 2.

Используя закон Мозли оцените длины волн ХРИ, соответствующие $\text{MoK}\alpha$, $\text{CuK}\alpha$ и $\text{FeK}\alpha$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	превосходное владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена
отлично	исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твёрдое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена.
очень хорошо	полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, знакомство с отдельными теориями и фактами. Практическая часть курса успешно выполнена.
хорошо	достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам. Практическая часть курса успешно выполнена.
удовлетворительно	фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов. Практическая часть курса успешно выполнена.
неудовлетворительно	отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.
плохо	отсутствие ответа на оба основных вопроса, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.

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

Основная литература:

1. Хейкер Даниэль Моисеевич. Рентгеновская дифрактометрия / под ред. Г. С. Жданова. - М. : Физматгиз, 1963. - 380 с. : ил. - (Физико-математическая библиотека инженера). - 1.10., 2 экз.
2. Порай-Кошиц Михаил Александрович. Основы структурного анализа химических соединений : [учеб. пособие для хим. специальностей ун-тов]. - М. : Высшая школа, 1982. - 151 с. : ил. - 0.25., 27 экз.
3. Порай-Кошиц Михаил Александрович. Практический курс рентгеноструктурного анализа : [для гос. ун-тов]. Т. 2. - М. : Изд-во МГУ, 1960. - 632 с. - 18.15., 4 экз.
4. 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. Миркин Лев Иосифович. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов : справ. руководство : получение и измерение рентгенограмм / под ред. Я. С. Уманского. - М. : Физматгиз, 1961. - 863 с. : ил. - 3.56., 5 экз.

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

1. <http://iucr.org>
2. <http://it.iucr.org>
3. <http://checkcif.iucr.org/>
4. <http://shelx.uni-ac.gwdg.de/>
5. <http://www-xray.fzu.cz/jana/jana.html>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Зайцева Екатерина Владимировна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Конаков Антон Алексеевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.11.2024, протокол № б/н.