

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 № 13 от 30.11.2022 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

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Рентгенография» относится к обязательным дисциплинам вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 – Физика, бакалаврская программа «Медицинская физика».

## 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
<i>ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</i>	<i>Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</i>	<i>ОПК-1.1: Знание фундаментальных законов физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии ОПК-1.2: Умение решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии ОПК-1.3: Владение навыками применения физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии для решения задач профессиональной деятельности теоретического и прикладного характера</i>	<i>Коллоквиум Контрольная работа</i>	<i>Экзамен: Контрольные вопросы Задания</i>
<i>ПК-4 Способен применять профессиональные знания, осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной</i>	<i>Демонстрация способности применять профессиональные знания, осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности</i>	<i>ОПК-1.1: Знание фундаментальных законов и практически ориентированных результатов физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии ОПК-1.2: Умение решать задачи и</i>		

деятельности		<p>осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности в области физики рентгеновских луче, рентгенографии и рентгенологии</p> <p><b>ОПК-1.3:</b></p> <p>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</p>		
--------------	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	7
<b>Часов по учебному плану</b>	252
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	58
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	58
- КСР	2
самостоятельная работа	97
Промежуточная аттестация	зачет экзамен

#### Содержание дисциплины «Рентгенография»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	работа обучающихся

форма промежуточной аттестации по дисциплине		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	7 семестр очное					
Основы физики рентгеновских лучей	16	1	1		2	14
Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом	16	1	1		2	14
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.	24	4	10	14	10	
Радиационная безопасность. Клинические радиационные эффект	19	4	10	14	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. Осталенные соматические эффекты. Тератогенные эффекты. Генетические эффекты.	8	4	4	8	10	
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – зачет						

	8 семестр очное					
Кинематическая дифракция рентгеновских лучей в кристалле	18	2	2		4	14
Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей кристаллом	18	2	2		4	14
Электронная плотность	14	1	1		2	12
Основные схемы устройства дифрактометров	14	1	1		2	12
Определение симметрии и ориентации кристалла методом Лауэ	38	1	1	22	26	12
Метод вращения и его разновидности	38	1	1	21	26	12
Методы порошковой дифракции	37	6	6	21	33	14
Общая схема рентгеноструктурного анализа	10	1	1		2	8
Подготовка образцов для рентгеноструктурного анализа	10	1	1		2	8
Современные методы определения симметрии и параметров элементарных ячеек монокристаллов	11	1	1	1	3	8
Методы решения атомных структур кристаллов	13	2	2		4	9
Методы уточнения атомных структур кристаллов	13	2	2		4	9
Программное обеспечение применяемое в современном рентгеноструктурном анализе	13	2	2		4	9
Примеры решения атомных структур кристаллов	10	1	1		2	8
Учет поглощения при обработке дифракционных данных	10	1	1		2	8
Методы верификация полученной модели атомной структуры кристалла	10	1	1		2	8
Правила подготовки результатов рентгеноструктурного анализа к публикации и регистрации в электронных базах данных	10	1	1		2	8
Лабораторный практикум по	34			26	26	8

методам порошковой дифракции						
Лабораторный практикум по методам монокристалльного рентгеноструктурного анализа	34			26	26	8
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – экзамен						

#### 4. Образовательные технологии.

Занятия по дисциплине проходят в лекционной форме, в форме практических занятий и в форме лабораторных занятий, на которых проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних заданий и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

##### 1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предусматривает теоретическую подготовку к выполнению лабораторных работ, выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы и подготовку к экзамену. Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на лабораторных и практических занятиях и в процессе лекций, активность в обсуждении качественных вопросов. Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Рентгенография кристаллов» используются задачи и нижеприведенные вопросы.

##### Вопросы для контроля

1. Какой материал используется в качестве фильтра  $\beta$ -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 заданного 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.

#### Формулировки задач для контроля.

1. Индицировать порошковую дифрактограмму, предложенную преподавателем. Определить тип решетки Браве, межплоскостные расстояния наиболее сильных рефлексов, параметры элементарной ячейки.
2. Используя справочный материал идентифицировать порошковую дифрактограмму, предложенную преподавателем.
3. По заданию преподавателя выполнить количественный фазовый анализ, предложенной порошковой дифрактограммы. Метод анализа выбирает преподаватель.
4. Определить пространственную группу симметрии кристалла по рентгеноструктурному эксперименту предложенному преподавателем.
5. Рассчитать заряд модельной ячейки кристалла.
6. Рассчитать баланс валентных усилий модельного кристалла.
7. Вычислить рентгеновскую плотность кристалла.
8. Рассчитать молярную массу формульной единицы заданного кристалла.
9. Вычислить коэффициент линейного поглощения для заданного кристалла и заданной длины волны.
10. Определить погасания для указанной преподавателем группы пространственной симметрии кристалла.
11. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине. (в приложении)**
2. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Рентгенография» - в приложении**

Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

(ПК-1) готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно

<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 ошибки.	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, без ошибок.	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 отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения „Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме  Объем без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом .  Невозможность оценить наличие навыков вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые	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.	Продemonстрированы творческий подход к решению нестандартных



	отказа обучающегося от ответа	ошибки.					х задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

(ПК-4) способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающим программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в	Продemonстрированы все основные умения .. Решены все основные

	ответа	ошибки.	полном объеме.	объеме, но некоторые с недочетами.	недочетами.	полном объеме.	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . 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	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 оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.1 Описание шкал оценивания

### Критерии оценок экзамена:

Оценка *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.

Оценка *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.

Оценка *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.

Оценка *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.

#### **Критерии оценок зачета:**

*зачтено* – успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.

*незачтено* – невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

### **6.2 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по модулю, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- отчет

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции. (В приложении)**

### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания. (В приложении)**

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Рентгенография»**

а) основная литература:

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>.
2. Уманский Я.С. и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982, 632 с. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99255&DB=1>]
3. Хейкер Д.М. и др. Рентгеновская дифрактометрия. М.: Физматгиз, 1963, 380 с. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=321496&DB=1>]
4. Герасимов В.Н. и др. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов. Под ред. В.А. Франк-Каменецкого, Л., «Недра» 1975. 399с. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99663&DB=1>]
5. Порай-Кошиц М.А. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа. 1989, 192 с. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99595&DB=1>]
6. Гинье А. Рентгенография кристаллов. Гос. Изд. Физ.-мат. Лит. Москва 1961 г. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99609&DB=1>]
7. Рентгеноструктурный анализ. Китайгородский А.И. Гос. Изд. технико-теоретической лит. 1950 г. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=79654&DB=1>]

б) дополнительная литература:

1. Г. Нуссбаумер. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток. Москва. «Радио и связь» 1985. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=306578&DB=1>]
2. Л.И. Миркин. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. Гос. Изд. Физ.-Мат. Лит. Москва 1961г. [<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=79643&DB=1>]
3. Лучевая диагностика и терапия. Общая лучевая диагностика [Электронный ресурс] / Терновой С. К. и др. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – [Режим доступа]: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429891.html>.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

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 «Рентгенография»**

Материально-техническое обеспечение дисциплины «Рентгенография кристаллов» обусловлено наличием необходимого количества лабораторных установок для выполнения лабораторных работ, учебников в библиотеке, некоторые из них представлены на сайте физического факультета в электронном виде. Кроме того, при необходимости выполнения некоторых математических расчетов студенты могут воспользоваться техническими возможностями терминал-класса с установленным лицензионным программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению «03.03.02 – Физика», профиль «Кристаллофизика».

Автор: доцент кафедры КЭФ Зайцева Е.В.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_