

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЛПУ»)**

**Институт физико-математического образования, информационных и
обслуживающих технологий**

Кафедра физики и методики преподавания физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФМОИОТ

 Е.Е. Горбенко

«13» декабря 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Рентгеновские и резонансные методы исследования твердого тела

По направлению подготовки **44.04.01 Педагогическое образование**

Профиль подготовки **Физическое образование**

Квалификация выпускника **магистр**

Форма обучения **очная**

Курс **1 (1-2 семестр)**

Луганск

2023

Программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы для подготовки магистров по направлению подготовки 44.04.01 Педагогическое образование, магистерская программа «Физическое образование» очной формы обучения. Программа разработана кафедрой физики и методики преподавания физики.

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 44.04.01 Педагогическое образование, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.02.2018 г. № 126 (с изменениями и дополнениями) и Профессиональным стандартом, утвержденным Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»» от 18 октября 2013 г. № 544н (с изменениями и дополнениями); «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог дополнительного образования детей и взрослых»» от 22 сентября 2021 г. № 652н., соответствующих профессиональной деятельности выпускников.

СОСТАВИТЕЛЬ:

профессор кафедры физики и методики преподавания физики ФГБОУ ВО «ЛГПУ», доктор физико-математических наук Павленко А.В.

Утверждена на заседании кафедры физики и методики преподавания физики
Протокол от «30» ноября 2023 г. № 4.

Заведующий кафедрой физики и
методики преподавания физики



А.Г. Сильчева

ОДОБРЕНА на заседании учебно-методической комиссии Института физико-математического образования, информационных и обслуживающих технологий

Протокол «06» декабря 2023 г. № 5.

Председатель учебно-методической комиссии
Института физико-математического образования,
информационных и обслуживающих технологий



О.В. Давыскиба

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий учебно-методическим
отделом



В.В. Савенков

1. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель изучения дисциплины – углубленное изучение теоретических, методологических основ современных физических методов исследования веществ и материалов, а также конструктивных особенностей современных приборов, для проведения таких исследований.

Задачи:

- сформировать базовые знания и представления о фундаментальных законах и основных методах исследования структуры веществ и физических свойств материалов. Обобщить и систематизировать знания, включающие фундаментальные законы, лежащие в основе физического анализа.
- сформулировать основные задачи физического анализа, установить область и границы применимости различных методов;
- рассмотреть основные экспериментальные закономерности, структуру и математическую форму основных уравнений, лежащих в основе физического анализа, особенности их использования в различных методах;
- рассмотреть основные приемы и методы экспериментального и теоретического исследования физических свойств, использование этих методов в современных технологиях;
- установить область применимости моделей, применяемых физических исследованиях, рассмотреть способы вычисления физических величин, характеризующих явления; обеспечить овладение методологией физико-химических исследований.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина рентгеновские и резонансные методы исследования твердого тела входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплин подготовки студентов.

Необходимыми условиями для освоения учебной дисциплины являются **знания** общего курса физики, элементов теоретической физики, - теоретической механики, электродинамики, квантовой механики, статистической физики, а также математического анализа, линейной и векторной алгебры, тензорного анализа, теории функций комплексного переменного, уравнений математической физики., **умения** применять знание теоретического материала курса общей физики к постановке и решению задач прикладной физики, уметь пользоваться математическим аппаратом в объеме знаний, полученных при изучении дисциплин математического цикла, **навыки** использования математического аппарата для решения физических задач, самостоятельного извлечения информации как из учебной и научной литературы, так и с использованием компьютерных технологий.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин всех разделов курса общей физики, дисциплин математического цикла, теоретической механики, классической электродинамики, физика конденсированного состояния и служит основой для освоения дисциплин профессионально-ориентированного цикла и профильных таких, как «Кристаллофизика», «Физическое материаловедение», «Квантовое строение вещества» и др.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения	Результаты обучения по дисциплине
Универсальные		
УК-1	<p>УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними.</p> <p>УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению.</p> <p>УК-1.3. Критически оценивает надёжность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников.</p> <p>УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов.</p> <p>УК-1.5. Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения.</p>	<p>Знает:</p> <p>Умеет:</p> <p>Владеет навыками:</p>

4. Структура и содержание учебной дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов / зач. ед.	
	Очная форма	Заочная форма
1 семестр		
Общая учебная нагрузка	72/2	—
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего часов), в том числе:	28	—
Лекции	10	—
Семинарские занятия	-	—
Практические занятия	8	—
Лабораторные работы	6	—
Курсовая работа / курсовой проект	4	—
Другие формы организации учебного процесса (контрольные работы, индивидуальные занятия, консультации и др.)	-	—
Самостоятельная работа студента (всего часов)		—
Форма аттестации	44	—
Лекции	зачет	—
2 семестр		
Общая учебная нагрузка	108/3	—
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего часов), в том числе:	55	—
Лекции	10	—
Семинарские занятия	-	—
Практические занятия	8	—
Лабораторные работы	6	—
Курсовая работа / курсовой проект	31	—
Другие формы организации учебного процесса (контрольные работы, индивидуальные занятия, консультации и др.)	-	—
Самостоятельная работа студента (всего часов)	-	—
Форма аттестации	53	—
Лекции	экзамен	

4.2. Содержание разделов учебной дисциплины

Тема 1. Физика рентгеновского излучения
Тема 2. Кинематическая теория рассеяния лучей в кристаллах
Тема 3. Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей
Тема 4. Структурный анализ с оценкой интенсивности
Тема 5. Рентгенотехника
Тема 6. Метод ЯМР
Тема 7. Метод ЭПР
Тема 8. Метод ЯКР
Тема 9. Мессбауэровская спектроскопия

4.3. Лекции

№ п/п	Наименование темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
1 семестр			
1.	Физика рентгеновского излучения 1. Основные свойства рентгеновских лучей и их практическое использование для изучения вещества. 2. Сплошной спектр рентгеновских лучей. Закономерности сплошного спектра. 3. Линейчатый спектр рентгеновских лучей. Закономерности линейчатого спектра и их объяснение. 4. Области применения характеристических лучей.	2	—
2.	Кинематическая теория рассеяния лучей в кристаллах 1. Уравнение Вульфа-Брегга. Обратное пространство. Дифракционные индексы обратной решетки. Сфера Эвальда. 2. Когерентное и некогерентное рассеяние. Рассеяние свободным электроном. Поляризация рассеянного излучения. Функция атомного рассеяния. Фурье-образ распределения электронной плотности атома. Его зависимость от длины волны, угла рассеяния, атомного номера рассеивающего вещества. Понятие об атомном рассеянии. Рассеяние ячейкой кристалла. Структурная амплитуда и структурный множитель.	2	—

	Дифракция на кристаллической решетке.		
3.	<p>Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей</p> <p>1.Сфера ограничения. Метод вращения монокристалла.</p> <p>2.Метод Лауэ, определение ориентировки монокристалла.</p> <p>3.Метод порошка.</p> <p>4. Метод широкорасходящего пучка.</p>	2	—
4.	<p>Структурный анализ с оценкой интенсивности</p> <p>1. Интенсивность интерференционных максимумов и факторы её определяющие.</p> <p>2. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Поляризационный фактор.</p> <p>3. Рассеяние рентгеновских лучей атомом.</p> <p>4. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом.</p> <p>Структурная амплитуда.</p> <p>Структурный фактор.</p> <p>5. Структурный фактор для примитивной решётки, ОЦК, ГЦК. Структурный фактор для ОЦК-решётки в случае неидентичных атомов.</p> <p>Структурный множитель для ГПУ-кристаллов.</p> <p>6. Тепловой множитель. Фактор повторяемости.</p> <p>Угловой множитель интенсивности (фактор Лоренца).</p> <p>Абсорбционный фактор.</p>	2	—
5.	<p>Рентгентехника</p> <p>1. Рентгеновские трубки. Устройство и принцип действия электронной запаянной рентгеновской трубки. Оптические свойства рентгеновской трубки.</p> <p>2. Типы рентгеновских трубок и их условные обозначения.</p> <p>3. Кенотрон. Работа кенотрона при последовательном его соединении с трубкой. Рентгеновские аппараты.</p>	2	—
Итого:		10	—
6.	Метод ЯМР	2	—

	<p>1. Физические основы явления ядерного магнитного резонанса.</p> <p>2. Условие ядерного магнитного резонанса.</p> <p>3. Спин-спиновое взаимодействие ядер, его природа, число компонент мультиплетов, распределение интенсивности, правило сумм. Метод двойного резонанса.</p> <p>4. Техника и методика эксперимента. Структурный анализ.</p> <p>5. Блок-схема спектрометра ЯМР, типы спектрометров.</p>		
7.	<p>Метод ЭПР</p> <p>1. Принципы спектроскопии электронного парамагнитного (спинового) резонанса. Условие ЭПР. g-Фактор и его значение.</p> <p>2. Тонкое расщепление. Ширина линий.</p> <p>3. Определение свободных радикалов и других парамагнитных центров.</p> <p>Блок-схема спектрометра ЭПР, особенности эксперимента, достоинства и ограничения метода.</p>	2	—
8.	<p>Метод ЯКР</p> <p>1. Электрический квадрупольный момент ядер. Взаимодействие "квадрупольного" ядра с неоднородным электрическим полем.</p> <p>2. Градиент поля на ядре.</p> <p>3. Параметр асимметрии поля и уровни энергии.</p> <p>Приложения метода ЯКР и его возможности.</p>	2	—
9.	<p>Мессбауэровская спектроскопия</p> <p>1. γ-Резонансная ядерная флуоресценция, эффект Мессбауэра. Энергия испускаемых и поглощаемых γ-квантов.</p> <p>2. Допплеровское уширение и энергия отдачи. Процедура получения γ-резонансных спектров.</p> <p>Квадрупольные и магнитные взаимодействия. Возможности γ-резонансной спектроскопии в химии и ограничения ее применения.</p>	2	—
Итого:		10	2

4.3. Практические / семинарские занятия

№ п/п	Наименование темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
1 семестр			
1.	Расчет параметров кристаллической структуры	2	-
2.	Расчет рентгенограмм в случае известной ячейки кубической системы	1	-
3.	Расчет рентгенограмм в случае известной ячейки гексагональной системы	1	-
4.	Расчет рентгенограмм в случае неизвестной ячейки кубической системы	2	-
5.	Контрольная работа 1	2	-
Итого:		8	-
6	Метод ЯМР 6. Физические основы явления ядерного магнитного резонанса. 7. Условие ядерного магнитного резонанса. 8. Спин-спиновое взаимодействие ядер, его природа, число компонент мультиплетов,	3	-
	распределение интенсивности, правило сумм. Метод двойного резонанса. 4. Техника и методика эксперимента. Структурный анализ. 5. Блок-схема спектрометра ЯМР, типы спектрометров.		
7	Метод ЭПР 4. Принципы спектроскопии электронного парамагнитного (спинового) резонанса. Условие ЭПР. g-Фактор и его значение. 5. Тонкое расщепление. Ширина линий. 6. Определение свободных радикалов и других парамагнитных центров. 7. Блок-схема спектрометра ЭПР, особенности эксперимента, достоинства и ограничения метода.	3	-
8	Метод ЯКР 4. Электрический квадрупольный момент ядер. Взаимодействие " квадрупольного" ядра с неоднородным электрическим полем. 5. Градиент поля на ядре. 6. Параметр асимметрии поля и уровни энергии.	2	-

	7. Приложения метода ЯКР и его возможности.		
9	Мессбауэровская спектроскопия 3. γ -Резонансная ядерная флуоресценция, эффект Мессбауэра. Энергия испускаемых и поглощаемых γ -квантов. 4. Допплеровское уширение и энергия отдачи. Процедура получения γ -резонансных спектров. 5. Квадрупольные и магнитные взаимодействия. Возможности γ -резонансной спектроскопии в химии и ограничения ее применения.	2	-
Итого:		10	-

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
1 семестр			
1	Вводное занятие	2	—
2	Рентгенотехника	2	—
3	Метод поликристаллов	2	—
Итого:		6	—
Семестр 2			
4	Качественный фазовый состав	2	—
5	Определение параметра кристаллической решетки	2	—
6	Отчет	2	—
Итого:		6	—

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
Семестр 1				

1	Тема 1	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	8	-
2	Тема 2	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	8	-
3	Тема 3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	9	-
4	Тема 4	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	9	-
5	Тема 5	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на	10	-

		самостоятельное изучение		
Итого:			44	
Семестр 2				
6	Тема 6	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	13	-
7	Тема 7	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	13	-
8	Тема 8	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	13	-
9	Тема 9	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе, изучение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	14	-
Итого:			53	-

4.7. Курсовые работы / проекты

Не предусмотрено учебным планом

5. Методическое обеспечение, образовательные технологии.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- 1) традиционные методы чтения лекций;
- 2) использование информационных технологий (предоставление учебной программы и учебных пособий в электронном виде);
- 3) использование internet-ресурсов при подготовке к лабораторным работам и изучении вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение;
- 4) проведение эксперимента в рамках лабораторных работ всех разделов курса.

6. Формы контроля освоения учебной дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими семинарские / практические занятия, лабораторные работы по дисциплине в различных формах:

- контрольные работы;
- индивидуальное задание (РГР); - работа на практических занятиях; - теоретический отчет.

Итоговый контроль по результатам освоения дисциплины проходит в форме зачета в 1 семестре, в форме письменного экзамена во 2 семестре. Система накопления баллов по видам работ отражается в таблице:

Система оценивания учебных достижений студентов очной / заочной / очно-заочной формы обучения

Вид учебной работы	Количество баллов
1 семестр	
Индивидуальное задание	20
Работа на практических занятиях	20
Контрольные работы	20
Теоретический отчет	40
Итого за семестр:	100
2 семестр	
Индивидуальное задание	20
Работа на практических занятиях	20

Контрольные работы	20
Теоретический отчет	40
Итого за семестр:	100
Всего за год	200

Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

Четырехбалльная система оценивания экзамена	100балльная шкала	Буквенная шкала, соответствующая 100-балльной шкале	Система оцени- вания зачета
Отлично	90–100	А – отлично – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	Зачтено
Хорошо	83–89	В – очень хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	
Хорошо	75–82	С – хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью; некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий	

		выполнены с ошибками	
Удовлетво- рительно	63–74	D – удовлетворительно – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки	
Удовлетворительно	50–62	E – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетво- рительно	21–49	FX – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы не сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над	Не зачтено

		материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	
Неудовлетворительно	0–20	F – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса не освоено; необходимые практические навыки работы не сформированы; все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

А) основная литература:

1. Горелик С.С, Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: МИСИС, 2001. 328 с.
2. Бушуев В.А., Петраков А.П. Особенности формирования спектров трехкристальной рентгеновской дифрактометрии., Сыктывкар: Изд.СГУ, 1997. – 153 с
3. Бушуев В.А. Динамическая дифракция ограниченных пучков рентгеновского излучения. М.: МГУ, физический факультет, 1998. – 96 с.
4. П.Е.Колосов. Web-сайт-дистанционный курс "Рентгеноструктурный анализ" Омский государственный университет <http://users.omskreg.ru/~kolosov/>
5. Д.Ю.Пущаровский. Основные элементы кинематической теории рассеяния рентгеновских лучей. Электронная версия учебного пособия и курса лекций.
6. Краткий конспект лекций и демонстрационные материалы по курсу "Рентгеноструктурный анализ" (для специальности "физика") http://users.omskreg.ru/~kolosov/kolosov/kolosov/public_html/cours/cryslect.html
7. Учебно-методические указания по курсу "Рентгеноструктурный анализ" http://users.omskreg.ru/~kolosov/kolosov/kolosov/public_html/fizfak/programs/index.html

8. Р. Эрнст, Дж. Боденхаузен, А. Бокаун, ЯМР в одном и двух измерениях, М., Мир 1990. – 312 с.

9. Г.В.Смирнов, Д.Г.Смирнов. Физические методы исследования объектов окружающей среды: Учебное пособие.- Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радио- электроники, 2007.- 167 с.

10. Сергеев Н.М. Спектроскопия ЯМР: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 279с

11. Созинов, С. А. Структурные методы исследования кристаллов : учебное пособие / С. А. Созинов, Л. В. Колесников. — Кемерово : КемГУ, 2012. — 108 с. — ISBN 978-5-8353-1284-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/44389>

12. Избранные методы структурных исследований твердых веществ в лаборатории и на источниках синхротронного излучения. Задачи с решениями: задачник : учебное пособие / Н. Е. Богданов, Е. В. Болдырева, Б. А. Захаров [и др.] ; 24.5 В371.21 Я73-1 ; 544.022(075.8) + 539.26(075.8) + 537.531(075.8). — Новосибирск : НГУ, 2023. — 36 с. — ISBN 978-5-4437-1581-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/421298>

13. Фомин, Д. В. Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие / Д. В. Фомин. — Саратов : Вузовское образование, 2017. — 185 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/57258.html>

Б) дополнительная литература:

1. Васильев Е.К., Нахмансон М. С. Качественный рентгенофазовый анализ. Новосибирск.: Наука, 1986. 167 с.

2. Физика твердого тела (спецпрактикум) Под ред. Канцельсона А.А., Кринчика Г.С. М.: Изд-во МГУ, 1982. 304 с.

3. Иверонова В.И., Ревкевич Г.П. Теория рассеяния рентгеновских лучей. М.: Изд-во МГУ, 1972. 246 с.

4. Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.П. Практический курс рентгеноструктурного анализа. М.: Изд-во МГУ, 1951. 430 с.

5. Порай-Кошиц М.А. Практический курс рентгеноструктурного анализа. М.: Изд-во МГУ, 1960. 631 с.

6. Тейлор А. Рентгеновская металлография. М.:Металлургия. 1965. 354 с.

В) Интернет-ресурсы: материалы электронных библиотек и электронные

базы учебно-методических ресурсов.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия: аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и демонстрационным оборудованием.

Практические занятия: стандартная аудитория, оборудованная доской.

Лабораторные работы: лаборатории кафедры физики и методики преподавания физики, оснащенные стандартным и оригинальным оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, и компьютерной техникой.

[illegible]