

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Структурное подразделение Институт физико-математического образования,
информационных и обслуживающих технологий
Кафедра физики и методики преподавания физики

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора Института физико-
математического образования,
информационных и обслуживающих
технологий


 Е. А. Журавлева
« » 2025 г.

Приложение к рабочей программе учебной дисциплины

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине
«Рентгеновские и резонансные методы исследования твердого тела»

По направлению подготовки – 44.04.01 Педагогическое образование
Магистерская программа – Физическое образование
Квалификация выпускника – магистр
Форма обучения – очная
Курс – 1 (1-2 семестр)

Разработчик
доцент кафедры физики
и методики преподавания физики
Калайдо Александр Витальевич

И.о. заведующего кафедрой физики
и методики преподавания физики
 Н.В. Корчикова

Протокол
от «13» января 2025 г. № 6.

Луганск, 2025

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – неотъемлемая часть рабочей программы дисциплины (модуля) Рентгеновские и резонансные методы исследования твердого тела и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу дисциплины (модуля).

1.2. Цели и задачи фонда оценочных средств

Цель ФОС – установить соответствие уровня подготовки обучающегося требованиям 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).

1.3. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения основной образовательной программы

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

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

1.4. Этапы формирования компетенций и средства оценивания уровня их сформированности

Этапы формирования компетенций	Компетенции	Контрольно-оценочные средства / способ оценивания
Тема 1. Физика рентгеновского	УК-1	Работа на семинарских и

излучения.		практических занятиях, контрольная работа
Тема 2. Кинематическая теория рассеяния лучей в кристаллах	УК-1	Работа на семинарских и практических занятиях, контрольная работа
Тема 3. Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей	УК-1	Работа на семинарских и практических занятиях, контрольная работа
Тема 4. Структурный анализ с оценкой интенсивности	УК-1	Работа на семинарских и практических занятиях, контрольная работа
Тема 5. Рентгенотехника	УК-1	Работа на семинарских и практических занятиях, контрольная работа
Промежуточная аттестация		зачет
Тема 6. Метод ЯМР	УК-1	Работа на семинарских и практических занятиях, контрольная работа
Тема 7. Метод ЭПР	УК-1	Работа на семинарских и практических занятиях, контрольная работа
Тема 8. Метод ЯКР	УК-1	Работа на семинарских и практических занятиях, контрольная работа
Текущая аттестация	УК-1	Контрольная работа
Промежуточная аттестация	УК-1	Зачет, экзамен

1.5. Описание показателей формирования компетенций

Код компетенции	Результаты сформированности
УК-1	<p>Знает: основные положения 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</p> <p>Умеет: 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.</p> <p>Владет навыками: использования математического аппарата для решения физических задач, самостоятельного извлечения информации как из учебной и научной литературы, так и с использованием компьютерных технологий.</p>

1.6. Критерии оценивания компетенций на разных этапах их формирования

Вид учебной работы	Количество баллов		
	ОФО	О-ЗФО	ЗФО
Устные ответы на семинарских занятиях	5		
Выполнение и защита практических / лабораторных работ	25		
Самостоятельная работа	25		
Экзаменационная (зачетная) работа	45		
Всего	100		

Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

Четырехбалльная система оценивания экзамена	100-балльная шкала	Буквенная шкала, соответствующая 100-балльной шкале	Система оценивания 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	
Удовлетворительно	63-74	Д – удовлетворительно – теоретическое содержание курса 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	Е – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные учебной программой обучения учебные	

		задания не выполнены либо качество выполненных некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетворительно	21-49	FX – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом не сформированы; большинство предусмотренных учебной программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительно самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	Не зачтено
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	

2. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

2.1 Образец экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт физико-математического образования, информационных и обслуживающих
технологий

Кафедра физики и методики преподавания физики

Магистерская программа 44.04.01 Педагогическое образование
Профиль подготовки «Физическое образование»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине:

«Рентгеновские и резонансные методы исследования твердого тела»

1. Рассеяние рентгеновских лучей атомом и кристаллом.
2. Структурная амплитуда. Структурный фактор для примитивной решётки, ОЦК и ГЦК.
3. Рентгеновские трубки. Устройство и принцип действия.

И.о. заведующего кафедрой _____ Корчикова Н. В.

Экзаменатор _____ Калайдо А. В.

Утверждено на заседании кафедры физики и методики преподавания физики, протокол № 1
от 01 сентября 2024 г.

2.2 Оценочные средства текущего контроля (типовые)

Тема 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.

Тема 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.
3. Функция атомного рассеяния. Фурье-образ распределения электронной плотности атома. Его зависимость от длины волны, угла рассеяния, атомного номера рассеивающего вещества. Понятие об атомном рассеянии.
4. Рассеяние ячейкой кристалла. Структурная амплитуда и структурный множитель.
5. Дифракция на кристаллической решетке.

Тема 3. Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей

1. Сфера ограничения. Метод вращения монокристалла.
2. Метод Лауэ, определение ориентировки монокристалла.
3. Метод порошка.
4. Метод широкорасходящего пучка.

Тема 4. Структурный анализ с оценкой интенсивности

1. Интенсивность интерференционных максимумов и факторы её определяющие.
2. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Поляризационный фактор.
3. Рассеяние рентгеновских лучей атомом.
4. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Структурная амплитуда. Структурный фактор.
5. Структурный фактор для примитивной решётки, ОЦК, ГЦК.
6. Структурный фактор для ОЦК-решётки в случае неидентичных атомов. Структурный множитель для ГПУ-кристаллов.
7. Тепловой множитель. Фактор повторяемости. Угловой множитель интенсивности (фактор Лоренца). Абсорбционный фактор.

Тема 5. Рентгенотехника

1. Рентгеновские трубки. Устройство и принцип действия электронной запаянной рентгеновской трубки. Оптические свойства рентгеновской трубки.
2. Типы рентгеновских трубок и их условные обозначения.
3. Кенотрон. Работа кенотрона при последовательном его соединении с трубкой. Рентгеновские аппараты.

Тема 6. Метод ЯМР

1. Физические основы явления ядерного магнитного резонанса.

2. Условие ядерного магнитного резонанса.
3. Спин-спиновое взаимодействие ядер, его природа, число компонент мультиплетов, распределение интенсивности, правило сумм. Метод двойного резонанса.
4. Техника и методика эксперимента. Структурный анализ.
5. Блок-схема спектрометра ЯМР, типы спектрометров.

Тема 7. Метод ЭПР

1. Принципы спектроскопии электронного парамагнитного (спинового) резонанса. Условие ЭПР. g-Фактор и его значение.
2. Тонкое расщепление. Ширина линий.
3. Определение свободных радикалов и других парамагнитных центров.
4. Блок-схема спектрометра ЭПР, особенности эксперимента, достоинства и ограничения метода.

Тема 8. Метод ЯКР

1. Электрический квадрупольный момент ядер. Взаимодействие «квадрупольного» ядра с неоднородным электрическим полем.
2. Градиент поля на ядре.
3. Параметр асимметрии поля и уровни энергии.
4. Приложения метода ЯКР и его возможности.

Тема 9. Мессбауэровская спектроскопия

1. γ -Резонансная ядерная флуоресценция, эффект Мессбауэра. Энергия испускаемых и поглощаемых γ -квантов.
2. Доплеровское уширение и энергия отдачи. Процедура получения резонансных спектров.
3. Квадрупольные и магнитные взаимодействия. Возможности γ -резонансной спектроскопии в химии и ограничения ее применения.

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчет параметров кристаллической структуры
2. Расчет рентгенограмм в случае известной ячейки кубической системы
3. Расчет рентгенограмм в случае известной ячейки гексагональной системы
4. Расчет рентгенограмм в случае неизвестной ячейки кубической системы

ЗАДАЧИ

Рассчитайте характеристики кубических решеток: ОЦК и ГЦК по примеру расчета характеристик простой кубической решетки, приведенных в табл. А.

Таблица А

	Тип решетки		
	Простая кубическая	ОЦК	ГЦК
Объем элементарной ячейки	a^3		
Число точек решетки на одну ячейку	1		
Объем примитивной ячейки	a^3		
Число точек решетки на единицу объема	$\frac{1}{a^3}$		
Число ближайших соседей	6		
Расстояние между ближайшими соседями	a		
Число соседей, следующих за ближайшими	12		
Расстояние до соседей, следующих за ближайшими.	$a\sqrt{2}$		

2. Определить обратную решетку и объем примитивной элементарной ячейки обратной решетки по отношению к: а) ОЦК, б) ГЦК решетке Бравэ, сторона кубической элементарной ячейки которой равна a .

3. Элементарная ячейка кристалла имеет параметры:

$$a=8,55 \text{ \AA}, \quad b=8,80 \text{ \AA}, \quad c=16,0 \text{ \AA}, \quad \beta=97,5^\circ$$

Вычислите параметры обратной решетки в обратных ангстремах и в безразмерных единицах для $\lambda=1,54 \text{ \AA}$.

4. На порошковой рентгенограмме от кубического материала, полученной на $\text{Cu } K_\alpha$ -излучении, линии с большими брэгговскими углами имеют приведенные ниже значения θ . Найдите точную величину параметра ячейки.

Излучение	θ , град
α_1	83,825

α_2	79,318
α_1	78,582
α_2	77,309
α_1	76,685
α_2	72,550
α_1	72,098

5. Кварц – гексагональная структура с $a=4,913 \text{ \AA}$ и $c=5,405 \text{ \AA}$. На порошковой рентгенограмме (Cu K_α -излучении) зарегистрированы линии под следующими брэгговскими углами:

θ , град	θ , град	θ , град
<i>a</i> 10,44	<i>e</i> 20,18	<i>j</i> 27,54
<i>b</i> 13,34	<i>f</i> 21,28	<i>k</i> 27,76
<i>c</i> 18,32	<i>g</i> 22,90	<i>l</i> 30,06
<i>d</i> 19,78	<i>h</i> 25,15	<i>m</i> 32,12

Найдите индексы этих линий.

6. Следующие четыре серии значений $\sin^2 \theta$ получены из порошковых рентгенограмм, снятых на Co K_α -излучении. Проиндицируйте линии каждой серии и определите размеры соответствующих элементарных ячеек.

- 1) 0,1060, 0,3180, 0,4240, 0,7420, 0,9540;
- 2) 0,0393, 0,0597, 0,0786, 0,1184, 0,1572;
- 3) 0,0332, 0,1226, 0,1328, 0,1558, 0,2452, 0,2554, 0,2784, 0,4904, 0,5236;

7. На порошковой рентгенограмме (Co K_α -излучении) имеются линии со следующими брэгговскими углами:

θ , град	θ , град	θ , град	θ , град
<i>a</i> 13,92	<i>f</i> 31,65	<i>l</i> 47,40	<i>q</i> 61,59
<i>b</i> 19,24	<i>g</i> 35,71	<i>m</i> 50,77	<i>r</i> 68,61
<i>c</i> 24,09	<i>h</i> 41,20	<i>n</i> 52,52	<i>s</i> 74,05
<i>d</i> 27,78	<i>j</i> 42,05	<i>o</i> 54,65	<i>t</i> 77,59
<i>e</i> 28,80	<i>k</i> 44,53	<i>p</i> 59,20	

Найдите индексы линий и размеры элементарной ячейки.

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

1. Метод ЯМР. Физические основы явления ядерного магнитного резонанса.
2. Протонный магнитный резонанс. Метод двойного резонанса.
3. Метод ЭПР. Принципы спектроскопии электронного парамагнитного резонанса
4. γ -Резонансная ядерная флуоресценция, эффект Мессбауэра.

2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Взаимодействие электронного пучка с твердым телом.
2. Генерация рентгеновского излучения. Природа и свойства излучения.
3. Непрерывное (тормозное) излучение: механизм взаимодействия, спектральная характеристика, влияние параметров электронного пучка и свойств материала анода.
4. Характеристическое излучение: механизм возникновения, спектр и его особенности, серии линий.
5. Поглощение рентгеновского излучения веществом: основной закон ослабления лучей, коэффициента ослабления, зависимость от длины волны. Практические приложения закона.
6. Уравнение Вульфа-Брегга.
7. Обратное пространство. Дифракционные индексы обратной решетки.
8. Сфера Эвальда.
9. Когерентное и некогерентное рассеяние. Рассеяние свободным электроном.
10. Поляризация рассеянного излучения.
11. Функция атомного рассеяния.
12. Фурье-образ распределения электронной плотности атома. Его зависимость от длины волны, угла рассеяния, атомного номера рассеивающего вещества.
13. Понятие об атомном рассеянии.
14. Рассеяние ячейкой кристалла.
15. Структурная амплитуда и структурный множитель.
16. Дифракция на кристаллической решетке.
17. Интерференционная функция.
18. Уравнения Лауэ. Главные и побочные максимумы, нулевые значения.
19. Дифракционное расширение узлов обратной решетки.
20. Мозаичный кристалл. Выход интегральной отражательной способности с использованием обратного пространства.
21. Интегральное отражение от поликристалла. Пределы применимости кинематической теории.
22. Вторичная экстинкция.
23. Понятие о динамической теории Дарвина.

24. Первичная экстинкция.
25. Поправки на поглощение лучей. Влияние тепловых колебаний атомов, тепловой множитель.
26. Понятие функции профиля. Ширина линии, способы определения ширины.
27. Области когерентного рассеяния (ОКР). Размытие максимумов за счет малости ОКР. Формула Шерера.
28. Размытие максимумов за счет микронапряжений решетки.
29. Инструментальная и физическая ширина линии. Профиль линии как свертка инструментального и физического уширения.
30. Метод аппроксимации.
31. Разделение (d_1 - d_2) – дублета.
32. Метод гармонического анализа-профиля (ГАФРЛ). Метод моментов.
33. Причины ошибок в определении межплоскостных расстояний. Приемы достижения высокой точности.
34. Рентгеновская дифрактометрия.
35. Понятие и виды текстур. Обнаружение текстуры на рентгенограммах.
36. Расшифровка рентгенограмм образца с аксиальной текстурой.
37. Текстуры прокатки.
38. Построение прямых полюсных фигур.
39. Обратные полюсные фигуры.
40. Понятие о функции распределения ориентировок.