

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЙТРОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННОГО
ВЕЩЕСТВА (NEUTRON METHODS OF STUDY IN CONDENSED MATTER PHYSICS)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
3	3	108	16	16	0		40	0	Э
Итого	3	108	16	16	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе рассматриваются физические предпосылки использования нейтронных методов исследования в физике твердого тела. Приводится описание источников нейтронов для исследовательских целей, а также основные типы приборов, применяемые в исследованиях.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение нейтронных методов исследований в физике конденсированного состояния.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина входит в число основных по специальности, может читаться параллельно физике твердого тела либо позже.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
	инновационный;		
сбор и анализ информационных источников и исходных данных для планирования и разработки исследовательских проектов; подготовка исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; участие в разработке и	научно-технические и организационные решения	ПК-6 [1] - Способен разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов <i>Основание:</i> Профессиональный	3-ПК-6[1] - Знать основы планирования и организации научных инновационных исследований в профессиональной области; правила и принципы научной этики, методики оценки инновационных проектов. ; У-ПК-6[1] - Уметь оценивать и развивать инновационный

реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей.		стандарт: 06.022	потенциал новых научных и научно-технологических разработок, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов.; В-ПК-6[1] - Владеть навыками планирования организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива и технико-экономической оценки (экспертизы) инновационных проектов
производственно-технологический			
участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственно-технологических процессов и готовой продукции в сфере высоких и наукоемких технологий;	методы контроля качества материалов, процессов и продукции	ПК-9 [1] - Способен проводить математическое и компьютерное моделирование объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.022	З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области. ; У-ПК-9[1] - Уметь применять методы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области; В-ПК-9[1] - Владеть навыками математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений
научно-исследовательский			
проведение научных и аналитических	запланированные этапы исследования;	ПК-22.2 [1] - Способен ориентироваться в	З-ПК-22.2[1] - знать последние

<p>исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных теоретических моделей, экспериментальных данных и компьютерных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации, выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты; участие в разработке новых алгоритмов и</p>	<p>результаты наблюдений и измерений; физические, математические и компьютерные модели явления; компьютерные программы и алгоритмы для научно-исследовательских и прикладных целей.</p>	<p>последних теоретических и экспериментальных достижениях физики конденсированного состояния, в возможностях современных пучковых, плазменных и лазерных технологий в применении к конкретным методам создания, обработки и исследования различных твердотельных материалов и наноструктур</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.022</p>	<p>теоретические и экспериментальные достижения физики конденсированного состояния, возможности современных пучковых, плазменных и лазерных технологий в применении к конкретным методам создания, обработки и исследования различных твердотельных материалов и наноструктур; У-ПК-22.2[1] - уметь предложить схему эксперимента для обработки или исследования твердотельных материалов и наноструктур, и сформулировать соответствующую математическую модель; В-ПК-22.2[1] - владеть теоретическими моделями взаимодействия излучения с веществом</p>
---	---	--	---

компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей.			
--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-22.2, У-

							ПК-22.2, В-ПК-22.2
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э	3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Часть 1	8	8	0
1 - 2	Тема 1. Физические предпосылки использования нейтронов в физике твердого тела. История открытия нейтрона и применения нейтронных методов в физике твердого тела. Основные понятия физики конденсированного состояния Кристаллические структуры. Прямая и обратная решетка. Квазичастицы и элементарные возбуждения в конденсированных средах. Методы	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	исследования квазичастиц			
3 - 5	Тема 2. Методические основы нейтронной спектроскопии. Особенности взаимодействия нейтронов с веществом, по отношению к другим видам проникающего излучения. Физические задачи, решаемые с помощью рассеяния нейтронов. Общие основы нейтронной методики. Источники нейтронов для исследовательских целей: стационарные и импульсные – особенности и отличия. Формирование нейтронных пучков. Детектирование нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	Тема 3. Основные типы приборов, применяемых в нейтронных исследованиях по физике конденсированного состояния вещества. Структурная и магнитная нейтронная дифрактометрия. Экспериментальная техника. Нейтронная спектроскопия. Приборный парк современных нейтронных центров. Основы техники эксперимента на спектрометрах по времени пролета. Трехосный кристаллический спектрометр: универсальный инструмент исследования спектров элементарных возбуждений кристаллов. Нейтронная спектроскопия с высоким энергетическим разрешением.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	8	0
9 - 11	Тема 4. Использование нейтронов для изучения атомных колебаний. Определение функции плотности фононных состояний в веществе. Исследования дисперсионных кривых для фононов в кристаллах. Фононы в металлах и сверхпроводниках. Электрон-фононное взаимодействие.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Тема 5. Использование нейтронов для исследований по динамике магнитного момента в различных материалах. Спектроскопия магнитных возбуждений в магнитоупорядоченных и парамагнитных средах. Магнитный форм-фактор. Физические задачи, решаемые с помощью поляризованных нейтронов. Методы разделения ядерной и магнитной составляющей в экспериментальных нейтронных спектрах. Возможности изучения эффектов кристаллического электрического поля в металлических системах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	Тема 6. Перспективы и направления развития нейтронных методов в физике твердого тела. Использование рассеяния нейтронов для исследования систем с сильными электронными корреляциями. Тяжелые фермионы, нестабильная валентность, необычная сверхпроводимость, магнетизм пониженной размерности. Основные направления развития нейтронных методов исследования вещества. Совершенствование экспериментальной базы. Комплиментарность с другими методами.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия с применением проектора и самостоятельная работа студентов, заключающаяся в изучении пройденного материала и подготовке к письменным тестам. Для того чтобы дать современное состояние физики нейтронных исследований, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в рамках Научной сессии НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-22.2	З-ПК-22.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-22.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-22.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-

балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Т 19 Влияние нейтронного облучения на физико-механические свойства сталей и сплавов отечественных ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2020
2. 621.039 С29 Кинетика реакторов на быстрых нейтронах : , Москва: Наука, 2013
3. 539.1 Д40 Нейтронные исследования конденсированных сред : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

4. ЭИ Б 25 Основы цифровой рентгеновской и нейтронной радиографии : учеб. пособие, Москва: Эдитус, 2022
5. ЭИ Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 2 Взаимодействие нейтронов с веществом, : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2022
6. 53 А47 Нейтронные методы в физике конденсированного состояния : учебное пособие для вузов, П. А. Алексеев, А. П. Менушенков, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Б 25 Введение в компьютерную рентгеновскую и нейтронную томографию : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
2. 621.039 В 58 Влияние нейтронного облучения на физико-механические свойства сталей и сплавов отечественных ядерных реакторов : , Москва: Физматлит, 2020
3. 539.1 Ф 83 Вопросы оптики длинноволновых нейтронов : , Дубна: ОИЯИ, 2022
4. ЭИ Б 28 Нейтронные методы элементного анализа : лабораторный практикум, Москва: Буки Веди, 2020
5. 539.2 Б 25 Основы цифровой рентгеновской и нейтронной радиографии : учеб. пособие, Москва: Эдитус, 2022
6. 539.1 Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 1 Источники нейтронов, Москва: Буки Веди, 2021
7. ЭИ Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 1 Источники нейтронов, Москва: Буки Веди, 2021
8. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
9. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008
10. 539.1 Г95 Диффузия и замедление нейтронов : Учеб. пособие, Гуревич И.И.,Протасов В.П., М.: МИФИ, 1986
11. 539.1 Г95 Нейтронная физика : Учеб.пособие для вузов, Гуревич И.И.,Протасов В.П., М.: Энергоатомиздат, 1997
12. 539.2 К45 Введение в физику твердого тела : , Ч. Киттель , М.: МедиаСтар, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. сайт кафедры №70 НИЯУ МИФИ (<http://kaf70.mephi.ru/>)

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При освоении дисциплины предполагается, что студенты знакомы с содержанием таких курсов, как уравнения математической физики, квантовая механика, атомная физика, ядерная физика, спектроскопия, физика твердого тела, электротехника и электроника, взаимодействие излучения с веществом.

Программой курса предусмотрено, что студент должен освоить основные понятия и закономерности, относящиеся к физическим явлениям, лежащим в основе использования нейтронного излучения в современном физическом эксперименте. Курс должен помочь студенту научиться использовать полученные теоретические знания для описания и оценочных расчетов реальных процессов.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При освоении дисциплины предполагается, что студенты знакомы с содержанием таких курсов, как уравнения математической физики, квантовая механика, атомная физика, ядерная физика, спектроскопия, физика твердого тела, электротехника и электроника, взаимодействие излучения с веществом.

Программой курса предусмотрено, что студент должен освоить основные понятия и закономерности, относящиеся к физическим явлениям, лежащим в основе использования нейтронного излучения в современном физическом эксперименте. Курс должен помочь студенту научиться использовать полученные теоретические знания для описания и оценочных расчетов реальных процессов.

Автор(ы):

Алексеев Павел Александрович, д.ф.-м.н., доцент