

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
НЕЙТРОННЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

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, экз./зач./КР/КП
1	2	72	16	16	0		40	0	3
Итого	2	72	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			
Участие в создании новых объектов техники и технологий (в сфере наукоемких технологий)	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в медицине структурной биологии, материаловедении, физики	ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий <i>Основание:</i> Профессиональный	3-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ; У-ПК-5[1] - Уметь

		стандарт: 40.008	применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий; В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий
--	--	------------------	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	3	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

* – 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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 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 исследования квазичастиц	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
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	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	фононов в кристаллах. Фононы в металлах и сверхпроводниках. Электрон-фононное взаимодействие.			
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 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-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	З, 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, Наumenко И. А. [и др.], Москва: Физматлит, 2020
2. 621.039 С29 Кинетика реакторов на быстрых нейтронах : , Селезнев Е.Ф., Москва: Наука, 2013
3. 539.1 Д40 Нейтронные исследования конденсированных сред : учебное пособие, Львов Д.В., Джепаров Ф.С., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 53 А47 Нейтронные методы в физике конденсированного состояния : учебное пособие для вузов, Менушенков А.П., Алексеев П.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. ЭИ Б 25 Основы цифровой рентгеновской и нейтронной радиографии : учеб. пособие, Микеров В.И., Юрков Д.И., Бармаков Ю.Н., Москва: Эдитус, 2022
6. ЭИ Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 2 Взаимодействие нейтронов с веществом, Рябева Е.В., : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Б 25 Введение в компьютерную рентгеновскую и нейтронную томографию : учеб. пособие, Микеров В.И., Юрков Д.И., Бармаков Ю.Н., Москва: Буки Веди, 2018
2. 539.2 К45 Введение в физику твердого тела : , Киттель Ч., М.: МедиаСтар, 2006
3. 621.039 В 58 Влияние нейтронного облучения на физико-механические свойства сталей и сплавов отечественных ядерных реакторов : , Можанов Е.М. [и др.], Москва: Физматлит, 2020
4. 539.1 Ф 83 Вопросы оптики длинноволновых нейтронов : , Франк А.И., Дубна: ОИЯИ, 2022
5. 539.1 Г95 Диффузия и замедление нейтронов : Учеб. пособие, Протасов В.П., Гуревич И.И., М.: МИФИ, 1986
6. 539.1 Г95 Нейтронная физика : Учеб.пособие для вузов, Протасов В.П., Гуревич И.И., М.: Энергоатомиздат, 1997
7. ЭИ Б 28 Нейтронные методы элементного анализа : лабораторный практикум, Каретников М.Д., Зверев В.И., Батяев В.Ф., Москва: Буки Веди, 2020
8. 539.2 Б 25 Основы цифровой рентгеновской и нейтронной радиографии : учеб. пособие, Микеров В.И., Юрков Д.И., Бармаков Ю.Н., Москва: Эдитус, 2022
9. ЭИ Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 1 Источники нейтронов, Рябева Е.В., Москва: Буки Веди, 2021

10. 539.1 Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 1 Источники нейтронов, Рябева Е.В., Москва: Буки Веди, 2021

11. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Троян В.И. [и др.], Москва: МИФИ, 2008

12. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Троян В.И. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

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