

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЙТРОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ 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, экз./зач./КР/КП
2	3	108	15	15	0		42	0	Э
Итого	3	108	15	15	0	0	42	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

Цикл: М2 – профессиональный цикл, вариативная часть.

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

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.

Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам для следующих областей профессиональной деятельности:

- по исследованию и разработке установок и систем в области физики конденсированного состояния вещества;
- по исследованию и разработке установок и систем по изучению фононных спектров и магнитных свойств твердых тел;
- по исследованию структурных и спектроскопических свойств новых и разрабатываемых материалов;
- по разработке методов повышения безопасности ядерных установок, материалов и технологий;
- по исследованию и разработке экспериментальных установок и технологий, обладающих высокой эффективностью, безопасностью и защищенностью.

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;	Код и наименование индикатора достижения
--	---------------------------	--	--

		Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
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; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты;	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.
создание программ и	природные и	ПК-2 [1] - Способен	З-ПК-2[1] - Знать

комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.	социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	критически оценивать применяемые методики и методы исследования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001	методики оценки и выбора методов исследования.; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования; В-ПК-2[1] - Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.
Анализ научно-технической информации, постановка научной проблемы, обработка и обобщение полученных результатов.	Научно-техническая информация по тематике исследований, результаты исследований	ПК-2.6 [1] - Способен анализировать научнотехническую информацию, научные проблемы, результаты, перспективы по тематике проводимых исследований и разработок <i>Основание:</i> Профессиональный	З-ПК-2.6[1] - Знать специфику и современное состояние развития исследований и разработок; методы поиска, анализа научнотехнической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы,

		стандарт: 24.078	формулирования задачи, определения пути их решения; У-ПК-2.6[1] - Уметь: проводить поиск, анализ научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых исследований и разработок; обобщать и критически анализировать полученную информацию; проводить критический анализ своих результатов и результатов других исследователей; В-ПК-2.6[1] - Владеть: навыками поиска и анализа научнотехнической информации, выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых исследований и разработок, обобщения и критического анализа информации
производственно-технологический			
- квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных	ПК-9 [1] - Способен проводить математическое и компьютерное моделирование объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области	З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области. ;

технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров	исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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
экспертно-аналитический			
сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий;	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	ПК-10 [1] - Способен к построению аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-10[1] - Знать основные методы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе. ; У-ПК-10[1] - Уметь применять методы и принципы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе для решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера; В-ПК-10[1] - Владеть навыками построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем

			природного, экологического, технико- технологического характера
--	--	--	---

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 компетенций
	<i>2 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-2.6, У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

2	Часть 2	9-15	7/7/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-2.6, У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-1, У-

							ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 2.6, У- ПК- 2.6, В- ПК- 2.6
--	--	--	--	--	--	--	---

* – 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:

Обозна чение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	15	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.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Формирование нейтронных пучков. Детектирование нейтронов.			
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
9-15	Часть 2	7	7	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 - 15	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		
		2	2	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 технических средств, в виде лекций 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-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-10	З-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2.6	З-ПК-2.6	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.6	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.6	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15

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. 621.039 С29 Кинетика реакторов на быстрых нейтронах : , Москва: Наука, 2013
2. 539.1 Д40 Нейтронные исследования конденсированных сред : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

4. 53 А47 Нейтронные методы в физике конденсированного состояния : учебное пособие для вузов, П. А. Алексеев, А. П. Менушенков, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. 539.2 К45 Введение в физику твердого тела : , Ч. Киттель , М.: МедиаСтар, 2006

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008
2. 539.1 Г95 Диффузия и замедление нейтронов : Учеб. пособие, Гуревич И.И.,Протасов В.П., М.: МИФИ, 1986
3. 539.1 Г95 Нейтронная физика : Учеб.пособие для вузов, Гуревич И.И.,Протасов В.П., М.: Энергоатомиздат, 1997

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