

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

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ
КАФЕДРА ЛАЗЕРНЫХ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА ПРИМЕНительно К НАНОСТРУКТУРАМ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.02 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	5	180	16	32	8		88	0	Э
Итого	5	180	16	32	8	0	88	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина "Физика твердого тела применительно к наноструктурам" относится к циклу профессиональных дисциплин и имеет своей целью:

- формирование у студентов представлений об основных понятиях и идеях физики твердого тела для применения этих знаний при работе с наноструктурами
- подготовка к самостоятельной научно-исследовательской и проектной работе в составе научных коллективов.

Задачи дисциплины:

- расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения современных представлений о физике твердого тела и применения этих знаний при работе с наноструктурами

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина "Физика твердого тела применительно к наноструктурам" относится к циклу профессиональных дисциплин и имеет своей целью:

- формирование у студентов представлений об основных понятиях и идеях физики твердого тела для применения этих знаний при работе с наноструктурами
- подготовка к самостоятельной научно-исследовательской и проектной работе в составе научных коллективов.

Задачи дисциплины:

- расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения современных представлений о физике твердого тела и применения этих знаний при работе с наноструктурами

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина программы логически и содержательно-методически связана со следующими предшествующими дисциплинами: общая физика, теория поля, квантовая механика, физическая оптика, теория колебаний, атомная и молекулярная спектроскопия, физика конденсированных сред, разделы математики: дифференциальное и интегральное исчисления, теория рядов, уравнения математической физики, теория вероятностей. Освоение данной дисциплины имеет, во-первых, самостоятельное значение и является также основой для усвоения специальных курсов по физике конденсированных сред, в частности, разделов, связанных с изучением синтеза, исследования и разработки применения для различных нано- и микро- структур.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-3 [1] – Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для	3-УК-3 [1] – Знать: методики формирования команд; методы эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства У-УК-3 [1] – Уметь: разрабатывать план групповых и

достижения поставленной цели	организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта; сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; разрабатывать командную стратегию; применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели В-УК-3 [1] – Владеть: умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом
УК-6 [1] – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	З-УК-6 [1] – Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения У-УК-6 [1] – Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики самооценки и самоконтроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности В-УК-6 [1] – Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик

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
научно-исследовательский			
- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические,	ПК-4.1 [1] - Способен применять на практике знания лазерной физики, физики полупроводников, оптики, физических основ взаимодействия излучения с веществом для качественного и количественного описания исследуемых объектов и явлений	З-ПК-4.1[1] - Знать законы и принципы физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики; У-ПК-4.1[1] - Уметь формулировать, выделять,

исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований	биофизические технологии, методы, приборы, устройства	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.006, 40.037, 40.039	анализировать исходные данные об исследуемом объекте и явлении, исходя из законов и принципов физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики; В-ПК-4.1[1] - Владеть приемами и методами, используемыми в области физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики, для качественного и количественного описания исследуемых объектов и явлений
--	--	--	---

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>1 Семестр</i>						
1	Введение, основы квантовомеханического представления	1-2	4/4/0	Т-2 (10)	10	Т-2	З-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
2	Зонная теория твердого тела	2-9	6/14/4	Т-9 (15)	15	Т-9	З-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, З-УК-3,

							У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
3	Наноструктуры	9-15	4/11/4	Т-15 (15)	15	Т-15	З-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
4	Квазичастицы в твердых телах и наноструктурах	15- 16	2/3/0	Т-16 (10)	10	Т-16	З-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/32/8		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	З-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-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:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестирование
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	32	8
1-2	Введение, основы квантовомеханического представления	4	4	0

1	Введение Предмет и структура курса. Основные понятия.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
1 - 2	Основы квантовомеханического представления Основы квантовомеханического представления. Квантование. Уравнение Шредингера. Электрон в потенциальной яме. Атом водорода. Молекулы. Электронные, колебательные и вращательные состояния. Бозоны и фермионы. Волновая функция.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
2-9	Зонная теория твердого тела	6	14	4
2	Кристаллическая решетка и структура кристаллов Базис, вектор трансляции, решетка Бравэ, примитивная и элементарная ячейки, индексы Миллера. Типы межатомных связей Вандерваальсово взаимодействие. Ковалентная связь. Ионная связь. Водородная связь. Металлическая связь. Классификация твердых тел по типам связи. Обратная решетка. Зона Бриллюэна.	Всего аудиторных часов		
		2	2	1
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 8	Электрон в кристалле Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение и метод самосогласованного поля. Волновая функция электрона в кристалле. Квазиимпульс электрона в кристалле. Зонная структура твердого тела. Плотность электронных состояний. Проводимость. Металлы, полупроводники диэлектрики. Методы моделирования электронных состояний в кристаллах. Функционал электронной плотности.	Всего аудиторных часов		
		2	8	2
		Онлайн		
		0	0	0
8 - 9	Оптические свойства кристаллов Спектроскопия оптического поглощения, фотолюминесценции и комбинационного рассеивания света. Связь оптических свойств с зонной структурой	Всего аудиторных часов		
		2	4	1
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Наноструктуры	4	11	4
9	Классификация наноматериалов Определение наноматериалов. Одно-, двух- и трехмерные наноматериалы. Особенности и примеры.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 15	Особенности зонной структуры наноматериалов Отличие зонной структуры наноматериалов от структуры идеальных кристаллов. Квантование волнового вектора наноматериалов. Зона Бриллюэна. Размерные эффекты. Графит, графен. Одностенные углеродные нанотрубки. Модель складывания зоны. Плотность электронных состояний наноматериалов. Оптические свойства наноматериалов. Методы моделирования зонной структуры наноматериалов. Метод сверхячейки.	Всего аудиторных часов		
		2	10	3
		Онлайн		
		0	0	0
15-16	Квазичастицы в твердых телах и наноструктурах	2	3	0
15 - 16	Фононы Квазичастицы. Причины использования. Отличие и схожесть с частицами. Общая модель колебаний атомов в кристаллической решетке. Фонон. Колебания одномерной одноатомной решетки (закон дисперсии, зоны Бриллюэна,	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	циклические граничные условия Борна-Кармана). Колебания одномерной двухатомной решетки. Акустические и оптические колебания. Колебания атомов трехмерной решетки (продольные и поперечные фононы, форма зоны Бриллюэна, температура Дебая). Энергия фононов. Особенности фононной структуры в наноматериалах.			
16	Экситоны, плазмоны, поляритоны Квазичастицы в твердых телах и наноструктурах. Экситоны в наноструктурах. Энергия экситонных состояний в наноструктурах сравнении с кристаллами. Необходимость учета экситонных состояний.	Всего аудиторных часов		
		0	1	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 в виде лекций (с визуализацией презентаций с использованием проектора, подключенного к компьютеру), практические занятия и лабораторные работы, позволяющие закрепить знания, полученные на лекциях и выработать умения, а также получить необходимый для приобретения компетенций опыт практической деятельности. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашних заданий, повторении ранее пройденного материала и подготовке к контрольным мероприятиям.

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-4.1	З-ПК-4.1	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16
	У-ПК-4.1	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16
	В-ПК-4.1	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16

УК-3	З-УК-3	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16
	У-УК-3	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16
	В-УК-3	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16
УК-6	З-УК-6	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16
	У-УК-6	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-16
	В-УК-6	Э, Т-2, Т-9, Т-15, Т-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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо 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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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 К 93 Курс общей физики Т. 3 Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, , : , 2022
2. 620 М29 Нанотехнологии - Ударный вводный курс : учебное пособие, Лахтакия А., Мартин-Пальма Р.Дж., Долгопрудный: Интеллект, 2014
3. 538.9 К12 Физика макроскопических квантовых систем : курс лекций; семинары, Каган М.Ю., Москва: Издательский дом МЭИ, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<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

Курс "Физика твердого тела применительно к наноструктурам" рассчитан на один семестр, преподается в 1-м семестре магистратуры и разделен на четыре раздела:

1. Введение, основы квантовомеханического представления
2. Зонная теория твердого тела
3. Наноструктуры
4. Квазичастицы в твердых телах и наноструктурах

По завершении каждого раздела студентам будет предложено пройти Обязательный Текущий Контроль (ОТК), проводимый в виде ответов на вопросы.

По результатам ответов на вопросы студентам начисляются баллы.

Максимальное количество баллов, которые возможно набрать по окончании первого, второго, третьего и четвертого разделов - 10, 15, 15 и 10 соответственно.

Тестовые задания приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Физика твердого тела применительно к наноструктурам»

На решение тестовых заданий студенту отводится 30 минут.

Если студент не набирает 50% баллов, то задание считается незасчитанным и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе.

Таким образом, к экзамену студент может максимально набрать 50 баллов.

Экзамен проводится в виде ответов 2 случайно выбранных вопроса из списка контрольных вопросов к экзамену. Максимальное время подготовки ответа - 1 час.

По результатам экзамена студент может получить максимально 50 баллов.

Баллы, полученные за экзамен суммируются с баллами, полученными по результатам текущего контроля в течение семестра.

Итого, максимальное количество баллов, которые может получить студент по данной дисциплине составляет 100.

Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании набранных баллов по следующей таблице:

Отлично (А) - 90-100 баллов

Хорошо (D, C, B) - 70-89 баллов

Удовлетворительно (E, D) - 60-69 баллов

Неудовлетворительно (F) - менее 60 баллов

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс "Физика твердого тела применительно к наноструктурам" рассчитан на один семестр, преподается в 1-м семестре магистратуры и разделен на четыре раздела:

1. Введение, основы квантовомеханического представления
2. Зонная теория твердого тела
3. Наноструктуры
4. Квазичастицы в твердых телах и наноструктурах

По завершении каждого раздела студентам будет предложено пройти Обязательный Текущий Контроль (ОТК), проводимый в виде ответов на вопросы.

По результатам ответов на вопросы студентам начисляются баллы.

Максимальное количество баллов, которые возможно набрать по окончании первого, второго, третьего и четвертого разделов - 10, 15, 15 и 10 соответственно.

Тестовые задания приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Физика твердого тела применительно к наноструктурам»

На решение тестовых заданий студенту отводится 30 минут.

Если студент не набирает 50% баллов, то задание считается незасчитанным и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе.

Таким образом, к экзамену студент может максимально набрать 50 баллов.

Экзамен проводится в виде ответов 2 случайно выбранных вопроса из списка контрольных вопросов к экзамену. Максимальное время подготовки ответа - 1 час.

По результатам экзамена студент может получить максимально 50 баллов.

Баллы, полученные за экзамен суммируются с баллами, полученными по результатам текущего контроля в течение семестра.

Итого, максимальное количество баллов, которые может получить студент по данной дисциплине составляет 100.

Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании набранных баллов по следующей таблице:

Отлично (А) - 90-100 баллов

Хорошо (D, C, B) - 70-89 баллов

Удовлетворительно (E, D) - 60-69 баллов

Неудовлетворительно (F) - менее 60 баллов

Автор(ы):

Осадчий Александр Валентинович, к.ф.-м.н.