

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

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ
КАФЕДРА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ КВАНОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И БИОФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 5/25
от 18.11.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
8	4	144	15	30	8		37	0	Э
Итого	4	144	15	30	8	8	37	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина является частью профессионального модуля образовательной программы. В курсе рассматриваются теоретические основы процессов, происходящих при воздействии лазерного излучения на вещество. В рамках дисциплины изучаются физические процессы, происходящие в твердых телах (диэлектриках, полупроводниках, металлах и биологических тканях) под воздействием лазерных импульсов различной длительности и интенсивности как основы современных лазерных технологий.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины является формирование у студентов базовых и углубленных представлений об основных физических процессах, явлениях и закономерностях, имеющих место при воздействии лазерного излучения на вещество, о применении этих процессов и закономерностей в технике и технологиях.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: фотоника, физическая оптика, оптика твердого тела, полупроводниковые лазеры.

В курсе рассматриваются теоретические основы процессов, происходящих при воздействии лазерного излучения на вещество, и аспекты практического применения таких процессов.

Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам для следующих областей профессиональной деятельности по исследованию и разработке:

- установок и систем в области физики конденсированного состояния вещества;
- установок и систем лазерной обработки материалов;
- использования нелинейно-оптических процессов при разработке новых установок, материалов и изделий;
- методов повышения безопасности лазерных установок, материалов и технологий;
- лазерных 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	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной	Код и наименование индикатора достижения

деятельности (ЗПД)		компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	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 исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства	<p>ПК-3 [1] - Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3 [1] - знать методы проведения научных исследований и выполнения опытно-конструкторских работ в области физики</p> <p>У-ПК-3 [1] - уметь самостоятельно формулировать цели, ставить задачи научных исследований в своей профессиональной сфере; решать физические задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>В-ПК-3 [1] - владеть навыками работы на современной аппаратуре, оборудовании; навыками использования информационных технологий в своей профессиональной области</p>
- 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 исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства	<p>ПК-1.2 [1] - Способен применять на практике знания лазерной физики, физики полупроводников, оптики, физических основ взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт 40.039,</p>	<p>З-ПК-1.2 [1] - Знать законы и принципы физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики</p> <p>У-ПК-1.2 [1] - Уметь формулировать, выделять, 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</p> <p>В-ПК-1.2 [1] - Владеть приемами и методами,</p>

технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований		40.037, 40.006	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. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные

		<p>исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытых и теорий.
Профессиональное воспитание	<ul style="list-style-type: none"> - формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением (В32); 	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Введение в специальность», «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования культуры работы с патогенами, обеспечивающей безопасность и не распространение, приборами дозиметрического контроля, радиационной и экологической безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий по вопросам биобезопасности. <p>Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных животных посредством обсуждения техники безопасной работы с высокотехнологичным экспериментальным оборудованием, высокопроизводительной вычислительной техникой и с живыми системами.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>8 Семестр</i>							
1	Первый раздел	1-8	8/15/0		25	КИ-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2
2	Второй раздел	9-15	7/15/8		25	КИ-15	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2
<i>Итого за 8 Семестр</i>			15/30/8		50		
Контрольные мероприятия за 8 Семестр					50	Э	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2

* – 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>8 Семестр</i>	15	30	8
1-8	Первый раздел	8	15	0
	Тема 1. Резонансное взаимодействие света с квантовой системой. Спонтанные и вынужденные переходы в атомах и	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		

	молекулах. Инверсная населенность. Вынужденное усиление света.	0	0	0
	Тема 2. Лазеры. Свойства лазеров. Временные и спектральные характеристики. Моды. Пространственное распределение. Особенности фокусировки. Длительность импульса. Типы лазеров для различных применений.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	0
	Тема 3. Поглощение лазерного излучения непрозрачными материалами. Нагрев. Плавление. Испарение. Электронная эмиссия.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0 0	0
	Тема 4. Лазерная плазма. Плазма в электромагнитном поле. Прохождение электромагнитных волн сквозь плазму. Технологии с использованием лазерной плазмы.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	0
	Тема 5. Пробой газов и диэлектриков. Механизмы нелинейного поглощения: многофотонная ионизация и тунNELНЫЙ эффект. Лазерная абляция.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	0
	Тема 6. Лазерная абляция металлов. Особенности физики взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с веществом. Технологии обработки металлов фемтосекундными лазерными импульсами.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	3 0 0	0
	Тема 7. Действие лазерного излучения на полимеры. Слабо и сильно поглощающие полимеры. Технологии лазерного письма.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	0
9-15	Второй раздел	7	15	8
	Тема 8. Действие лазерного излучения на биологические системы. Глаза, кожа, внутренние органы. Применение лазерного излучения в биологии и имплантологии.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	0
	Тема 9. Промышленные технологии: резка, сварка, наплавка, сверление. Лазерная маркировка. Лазерные технологии.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0 0	0
	Тема 10. Технологии глубокого лазерного сверления и глубокой сварки. Особенности формирования динамики парогазового канала. Оптимальные режимы.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	0
	Тема 11. Лазерное структурирование материалов. Производство наноструктур на поверхности металлов и полупроводников. Лазерное стеклование. Лазерная аморфизация. Лазерная нанокристаллизация.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	3 0 0	4
	Тема 12. Метаматериалы. Влияние размеров тел на их оптические свойства. Оптические свойства и применения полупроводниковых наноструктур.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	3 0 0	0
	Тема 13.	Всего аудиторных часов		

	Лазерное производство наночастиц благородных металлов и кремния. Лазерная фрагментация наночастиц.	1	3	4
		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

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
	Лабораторная работа 1 Полупроводниковый лазер на арсениде галлия
	Лабораторная работа 2 Твердотельный лазер на неодимовом стекле

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций, практических занятий и лабораторных работ, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении повторении ранее пройденного материала и подготовке к контрольным мероприятиям. Для того чтобы дать представление о современном состоянии взаимодействия лазерного излучения с веществом предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ, ФИАН. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в НИЯУ МИФИ и ФИАН, а также в других организациях.

7. 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-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.2	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 иочно 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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			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	3 – «удовлетворительно»	E	
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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ С 78 Основы оптики : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ З-47 Основы физики полупроводников : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2009
4. 539.2 К45 Введение в физику твердого тела : , Ч. Киттель , М.: МедиаСтар, 2006

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 620 Е51 Функциональные наноматериалы : , Москва: Физматлит, 2010
2. 621.9 В26 Физические процессы при лазерной обработке материалов : , А. А. Веденов, Г. Г. Гладуш, М.: Энергоатомиздат, 1985
3. 537 А71 Введение в теорию полупроводников : Учебное пособие для вузов, А. И. Ансельм, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008
4. 538.9 Л55 Лазерно-индуцированные оптические и термические процессы в конденсированных средах и их взаимное влияние : , М. Н. Либенсон, Санкт-Петербург: Наука, 2007
5. 530 Р96 Действие мощного лазерного излучения : , Рэди Дж.;Пер. с англ., Москва: Мир, 1974
6. 535 А95 Физическая оптика : учебник для вузов, С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин, Москва: Наука, 2004

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения – мультимедийным оборудованием. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены рабочими местами, в том числе компьютерной техникой, с возможностью выхода в сеть «Интернет». Для проведения лабораторных работ помещения оснащены соответствующим оборудованием.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение лабораторных работ,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Проводятся практические занятия, на которых в форме "круглого стола" обсуждаются предлагаемые темы, проверяется подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенными темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия:

- оценка участия в практических занятиях;
- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется в виде ответа на вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и прохождение аттестации.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение лабораторных работ,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Проводятся практические занятия, на которых в форме "круглого стола" обсуждаются предлагаемые темы, проверяется подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольных мероприятий:

- оценка участия в практических занятиях;
- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется в виде ответа на вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и прохождение аттестации.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

Автор(ы):

Завестовская Ирина Николаевна, д.ф.-м.н., с.н.с.