

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

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
8	3	108	17	17	0	74	0	3
Итого	3	108	17	17	0	74	0	

АННОТАЦИЯ

Курс знакомит студентов с физикой распространения электромагнитного излучения по волоконным световодам (ВС), изучаются различные типы ВС, рассматриваются достижения и проблемы волоконнооптических линий связи (ВОЛС), инфракрасные световоды, волоконнооптические датчики, компрессоры световых импульсов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дать основы современного состояния волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), источников света, и применений ВОЛС

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: фотоника, атомная физика, квантовая механика, теория поля, физика конденсированного состояния вещества, теоретическая физика твердого тела.

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
научно-исследовательский			
проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками	математические модели, методы исследования и разработок, компьютерные программы, результаты исследования	ПК-8.1 [1] - Способен пользоваться основами физики твердого тела <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-8.1[1] - знать основы физики конденсированных сред: твердых тел, биологических систем, квантовомеханическое описание твердых тел, энергетические зоны; классификацию кристаллов на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории,

<p>исследований; проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных 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; участие в обобщении полученных данных,</p>			<p>физика металлов,; понятие квазичастицы; квазиимпульса, энергетического спектра, эффективной массы и заряда квазичастиц; обменное взаимодействие и магнетики; основы физики полупроводников. ; У-ПК-8.1[1] - уметь предложить и обосновать схему эксперимента для задачи физики твердого тела, сформулировать математическую модель изучаемого процесса; В-ПК-8.1[1] - владеть квантовомеханическим описанием твердых тел на языке энергетических зон и квазичастиц, методами исследования структуры, оптических и электрофизических свойств конденсированных сред</p>
---	--	--	--

<p>формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок; создание программ и 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; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>			
<p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; проведение фундаментальных и</p>	<p>математические модели, методы исследования и разработок, компьютерные программы, результаты исследования</p>	<p>ПК-8.2 [1] - Способен проводить научные исследования в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>3-ПК-8.2[1] - знать основы физической оптики, теорию интерференции, дифракции, временной и пространственной когерентности, закономерности распространения световых пучков в вакууме, основные режимы работы квантовых генераторов (лазеров) и способы их реализации, их основные энергетические и</p>

<p>прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных 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; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и</p>			<p>спектральные характеристики; У-ПК-8.2[1] - уметь предложить и обосновать схему экспериментальной установки в области квантовой электроники и оптического приборостроения, сформулировать математическую модель изучаемого процесса; В-ПК-8.2[1] - владеть физическими основами работы квантовых приборов радиодиапазона и оптического диапазона</p>
---	--	--	--

<p>аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок; создание программ и 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; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>			
---	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. 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>8 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	9/9/0		25	КИ-8	З-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, З-ПК-8.2, У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
2	Часть 2	9-15	8/8/0		25	КИ-15	З-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, З-ПК-8.2, У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		17/17/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	З-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, З-ПК-8.2,

							У- ПК- 8.2, В- ПК- 8.2
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------

* – 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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	17	17	0
1-8	Часть 1	9	9	0
1	Тема 1. История развития оптических линий связи. История развития оптических линий связи. Возникновение открытых оптических систем передачи информации.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2. Разработка технологий изготовления оптического волокна. Разработка технологий изготовления оптического волокна. Метод газофазного осаждения.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3. Основы теории распространения излучения в оптических волокнах. Основы теории распространения излучения в оптических волокнах. Многомодовые волокна, их параметры.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4. Основы теории распространения излучения в одномодовых волокнах. Основы теории распространения излучения в одномодовых волокнах.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 5. Изменения состояния поляризации световой волны в одномодовых и многомодовых волокнах. Изменения состояния поляризации световой волны в одномодовых и многомодовых волокнах. Волокна с сохранением поляризации.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Тема 6. Основные механизмы дисперсии световых сигналов в оптических волокнах. Основные механизмы дисперсии световых сигналов в оптических волокнах.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 7. Основные механизмы потерь мощности	Всего аудиторных часов		

	излучения в оптических волокнах. Основные механизмы потерь мощности излучения в оптических волокнах.	1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Тема 8. Эффект связанных волн и волоконно-оптические разветвители (соединители). Эффект связанных волн и волоконно-оптические разветвители (соединители). Методы изготовления волоконно-оптических разветвителей (соединителей).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	8	8	0
9	Тема 9. Источники излучения, используемые в волоконно-оптических линиях связи. Источники излучения, используемые в волоконно-оптических линиях связи. Суперлюминисцентные диоды. Полупроводниковые лазеры.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10. Применение полупроводниковых лазеров в волоконно-оптических системах Применение полупроводниковых лазеров в волоконно-оптических системах (продолжение).	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11. Основные виды фотоприемников, используемых в волоконно-оптических линиях связи. Основные виды фотоприемников, используемых в волоконно-оптических линиях связи.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 12. Оптические солитоны и их применение в волоконно-оптических линиях связи. Оптические солитоны и их применение в волоконно-оптических линиях связи. Перспективы дальнейшего увеличения быстродействия оптических линий связи.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Тема 13. Волоконно-оптические датчики. Волоконно-оптические датчики. Основные физические принципы их работы и способы классификации. Преимущества и недостатки использования волоконно-оптических датчиков.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Тема 14. Волоконно-оптические датчики на основе амплитудной модуляции световой волны. Волоконно-оптические датчики на основе амплитудной модуляции световой волны. Волоконно-оптические датчики с внешней оптической связью.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Тема 15. Волоконно-оптические датчики на основе поляризационной модуляции световой волны. Волоконно-оптические датчики на основе поляризационной модуляции световой волны. Волоконно-оптические интерферометры Майкельсона, Маха-Цандера, Фабри-Перо.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Тема 16. Волоконно-оптические датчики на основе фазовой модуляции световой волны. Волоконно-оптические датчики на основе фазовой модуляции световой волны. Волоконно-оптический гидрофон. Волоконно-оптический гироскоп.	Всего аудиторных часов		
		1	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторские занятия в виде лекций, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, изучении пройденного материала, подготовке к письменным тестам. Для того чтобы показать современное состояние волоконно-оптических линий связи, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ. 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.

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-8.1	З-ПК-8.1	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8.1	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8.1	З, КИ-8, КИ-15
ПК-8.2	З-ПК-8.2	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8.2	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8.2	З, 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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ S96 Principles of Lasers : , Boston, MA: Springer US, 2010
2. ЭИ К 90 Адаптивные методы обработки спекл-модулированных оптических полей : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2009
3. ЭИ И 83 Волновые процессы. Основные законы : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2020
4. ЭИ К 90 Фотоника биоминеральных и биомиметических структур и материалов. : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2011

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.7 Б41 Волоконная оптика : теория и практика, Д. Бейли, Э. Райт, М.: Кудиц-образ, 2006
2. 535 Я60 Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы : , М. Янг, М.: Мир, 2005
3. 535 М54 Методы компьютерной оптики : Учеб. пособие для вузов, Под ред. Сойфера В.А., М.: Физматлит, 2000
4. 681.7 Ф88 Волоконно-оптические системы связи : , Р. Фриман, М.: Техносфера, 2003

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс посвящен изучению модового состава мод, распространяющихся в условиях полного внутреннего отражения по идеальным цилиндрическим волокнам, состоящим из сердцевины и оболочки. Существенным здесь является знание поведения нескольких функций Бесселя и Ханкеля, а также полиномов Эрмита низших порядков.

Важно также умение представлять графически пространственное распределение электрических и магнитных компонент полей мод, что позволяет понять как образуются линейно-поляризованные LP моды ненулевого порядка, возникающие в волоконных световодах при воздействии полей лазерных мод .

Особое внимание следует обратить на изучение временной дисперсии групповых скоростей импульсов излучения. Здесь надо четко знать определения фазовой и групповой скоростей, а также спектральных зависимостей соответствующих показателей преломления (замедления) различных мод световода. Наибольшее значение для высокоскоростной передачи информации имеют внутримодовые материальная и волноводная дисперсии.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс посвящен изучению модового состава мод, распространяющихся в условиях полного внутреннего отражения по идеальным цилиндрическим волокнам, состоящим из сердцевины и оболочки. Существенным здесь является знание поведения нескольких функций Бесселя и Ханкеля, а также полиномов Эрмита низших порядков.

Важно также умение представлять графически пространственное распределение электрических и магнитных компонент полей мод, что позволяет понять как образуются линейно-поляризованные LP моды ненулевого порядка, возникающие в волоконных световодах при воздействии полей лазерных мод .

Особое внимание следует обратить на изучение временной дисперсии групповых скоростей импульсов излучения. Здесь надо четко знать определения фазовой и групповой скоростей, а также спектральных зависимостей соответствующих показателей преломления (замедления) различных мод световода. Наибольшее значение для высокоскоростной передачи информации имеют внутримодовые материальная и волноводная дисперсии.

Автор(ы):

Лагода Владимир Борисович, к.ф.-м.н.

Скворчевский Константин Анатольевич, д.т.н.