

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»
(ИОФ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИОФ РАН,
и.о. - корр. РАН



С.В. Гарнов

202__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах

Направление подготовки
Специальность

03.06.01 Физика и астрономия
01.04.21 (1.3.19) Лазерная физика)

г. Москва
2022 год

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки и/В интерактивном режиме, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	1	36	18	0	0	0	18	0	3
Итого	1	36	18	0	0	0	18	0	3

АННОТАЦИЯ

Курс лекций «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах» включает в себя информацию о современном состоянии исследований в области генерации ультракоротких импульсов волоконными лазерами, основных достижениях ведущих научных коллективов, работающих в данной области. Рассмотрение специфических физических процессов, приводящих к генерации ультракоротких импульсов в протяженных средах.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах» являются формирование у аспирантов широкого взгляда на современные состояния лазерной физики, передовых достижениях современной науки, в том числе, обусловленных специфическими топологиями и конструкционными решениями при построении лазеров и лазерных систем, свойствах лазерного излучения, методах анализа.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Содержание программы «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах» представляет собой развитие и углубление полученных ранее знаний в области лазерной физики. Используются основные понятия и представления, отвечающие теоретической базе, освоенной аспирантами при изучении дисциплин в рамках первого полугодия обучения.

Курс «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах» входит в число дополнительных при подготовке современных специалистов в области лазерной физики.

Изучение дисциплины позволит аспирантам получить расширенное представление о важнейших достижениях современной лазерной физики, явлений взаимодействия излучения с веществом, понимать основы построения волоконных и гибридных лазерных систем для достижения конкретных параметров выходного излучения. Изучение данной дисциплины позволит получить дополнительные знания о новых методах анализа ультракоротких импульсов, выработать навыки постановки и решения исследовательских проблем, на основании рассмотренных в курсе примеров.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные (УК) и(или) общепрофессиональные компетенции (ОПК):

Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять научные и инженерные знания, математические методы и моделирование в научной деятельности, связанной с генерацией ультракоротких импульсов в волоконных лазерах и лазерных системах.	<p>З-ОПК-1 – Знать: основные законы научных и инженерных дисциплин и математические методы анализа.</p> <p>У-ОПК-1 – Уметь: выявлять сущность научной проблемы; формулировать цели и задачи исследования, определять пути решения, давать оценку эффективности выбора.</p> <p>В-ОПК-1 – Владеть: методами, способами и приемами решения типичных задач научных, общих математических и физических дисциплин.</p>
ОПК-2 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики изучаемой волоконной лазерной системы.	<p>З-ОПК-2 – Знать: особенности методов и средств исследований и измерений в лазерных системах и устройствах.</p> <p>У-ОПК-2 – Уметь: формулировать цель и задачу исследований; подбирать оборудование и комплектующие, необходимые для проведения исследований; разрабатывать методику исследований; обрабатывать и анализировать результаты исследований</p> <p>В-ОПК-2 – Владеть: навыками исследований и измерений в лазерах и лазерных системах; основными методами и программами обработки и оформления результатов измерений.</p>
УК-1 – Способен осуществлять анализ различных ситуаций, основываясь на системном подходе, разрабатывать стратегию действий.	<p>З-УК-1 – Знать: методы системного анализа; методики разработки стратегий.</p> <p>У-УК-1 – Уметь: применять методы системного подхода; разрабатывать стратегию действий, принимать решения для реализации.</p> <p>В-УК-1 – Владеть: методологией системного анализа различных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов достижения, разработки стратегий действий.</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п. п.	Наименование раздела учебной дисциплины	Недел и	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторн ые работы, час.	Обязат. текущи й контрол ь (форма* , неделя)	Максимальны й балл за раздел**	Аттестаци я раздела (форма* , неделя)	Индикатор ы освоения компетенци и
	<i>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-6					
	Контрольн ые мероприяти я за 1 Семестр				100	3 (6)	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№	Наименование мероприятия	Начало	Завершение	Полных месяцев
1	Сбор данных, разработка курса «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах»	Январь	Март	3
2	Чтение пилотного курса «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах»	Апрель	Июнь	2
5	Проведение добровольных контрольных мероприятий по курсу «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах»	Июнь	Июнь	1
Итого				6

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видеоматериалы
Прз	Презентации
ЭСМ	Электронные справочные материалы

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций, а также самостоятельная работа аспирантов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, повторения ранее пройденного материала и подготовке личных докладов по пройденным темам.

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
ОПК-1	З-ОПК-1	3
	У-ОПК-1	3
	В-ОПК-1	3
ОПК-2	З-ОПК-2	3
	У-ОПК-2	3
	В-ОПК-2	3
УК-1	З-УК-1	3
	У-УК-1	3
	В-УК-1	3

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 аспирантом при выполнении заданий в рамках текущего контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 2-х балльной шкале	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
100-60	«зачет»	Оценка «зачет» выставляется аспиранту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
Ниже 60	«незачет»	Оценка «незачет» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Agrawal G. Applications of nonlinear fiber optics. – Elsevier, 2001.
2. Digonnet M. J. F. Rare-earth-doped fiber lasers and amplifiers, revised and expanded. – CRC press, 2001.
3. Ngo N. Q. et al. Ultra-fast fiber lasers: principles and applications with MATLAB® models. – CRC Press, 2018.
4. Принципы лазеров: О. Звелто, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008
5. ФЕМТОСЕКУНДНАЯ ОПТИКА (электронное пособие): Яшунин Д. А., Мальков Ю. А., Бодров С. Б. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 40с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов А. Б. Волоконная оптика //М.: Компания Сайрус системс. – 1999.
2. Физическая оптика: Учебник для вузов, С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин, М.: МГУ, 1998
3. С.В. Варжель, Волоконные брэгговские решетки. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 65 с.
4. Оптика, А.Н. Матвеев, М.: Высш.школа, 1985
5. Оптика: Учеб. пособие для вузов, Г. С. Ландсберг, М.: Физматлит, 2003
6. Основы оптики: М. Борн, Э. Вольф, М.: Наука, 1970

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АСПИРАНТОВ

- По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть общим либо индивидуальным.
- При использовании индивидуальных заданий возможно по усмотрению преподавателя требовать от аспиранта письменный отчет о проделанной работе. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы применять индивидуальные контрольные вопросы.
- При проверке общих заданий ведутся коллективные обсуждения с аспирантами.
- При составлении программы учебной дисциплины «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах» предполагалось, что аспирант знаком с содержанием основных разделов курсов высшей математики и общей физики.
- В результате освоения данной дисциплины аспирант должен получить представление о современном состоянии лазерной физики, передовых достижениях современной науки и технологии, свойствах лазерного излучения, методах анализа.
- В результате освоения данной дисциплины аспирант должен понимать границы применимости различных теорий и экспериментальных методов, освещающих в рамках курса, и представлять возможности их использования в реальных условиях, при конкретных практических постановках задач.
- Знания, приобретенные аспирантом при освоении данной дисциплины, необходимы для успешного обучения и сдачи экзамена по специальности.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Методические указания преподавателю для проведения занятий по курсу «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах»

- На первой лекции необходимо сделать по возможности наиболее детальный обзор содержания курса, показать актуальность курса и дать перечень рекомендованной литературы.
- При чтении лекций необходимо использовать единую систему обозначений.
- При последовательном освещении каждой темы перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных результатах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и при необходимости обсудить их коллективно.

- Внимательно относиться к вопросам аспирантов, при необходимости давать дополнительные подробные пояснения и проводить обсуждения по задаваемым вопросам (здесь возможен выборочный контроль активности аспирантов).

- При чтении лекций наибольшее внимание следует уделять связи и взаимной последовательности основных рассматриваемых теорий. У аспирантов должны сложиться правильные представления о практических сторонах рассматриваемого материала, о существующих ограничениях применимости рассматриваемых результатов.

- При чтении лекций необходимо по возможности пользоваться демонстрационным материалом.

- Перед окончанием лекции необходимо давать рекомендации аспирантам для подготовки к очередным занятиям.

- На заключительной лекции курса уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе, отметить общность методов информационной оптики и их индивидуальные особенности, возникающие при решении различных конкретных задач.

Указания по контролю самостоятельной работы аспирантов

- По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть общим либо индивидуальным.

- При использовании индивидуальных заданий возможно по усмотрению преподавателя требовать от аспиранта письменный отчет о проделанной работе. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы применять индивидуальные контрольные вопросы.

- При проверке общих заданий следует вести коллективные обсуждения с аспирантами.

Автор(ы):

Камынин Владимир Александрович, к.ф.-м.н., доцент аспирантуры	
--	--

Программа обсуждена и одобрена на заседании аспирантской комиссией ИОФ РАН 28 октября 2022 года, протокол №2210-28.

Программа обсуждена и одобрена комиссией по образованию Ученого совета ИОФ РАН 02 ноября 2022 года, протокол №15.

Содержание курса «Проблемы генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах»

1. **Вводное слово.** План курса. Прогресс в области волоконных лазеров УКИ. Специфика волоконных лазеров. Разнообразие элементов. Типы активных волокон. Накачка. Элементы ввода-вывода излучения. Блок-схема волоконного лазера УКИ. Разнообразие конфигураций волоконных лазеров УКИ.
2. **Типы УКИ в волоконных лазерах.** Солитон. Связанные состояния. Темные солитоны. Диссипативный солитон. Симимляритон. Шумоподобные импульсы
3. **Активная синхронизация мод.** Модуляторы (АОМ, ЭОМ). Переключение накачки. Синхронная накачка. Разбор схем на примерах
4. **Пассивная синхронизация мод.** Насыщающиеся поглотители. SESAM. Графен. ОУНТ. Топологические изоляторы. Искусственные насыщающиеся поглотители. Нелинейное кольцевое зеркало. Нелинейное усиливающее зеркало. Нелинейное вращение плоскости поляризации. Осциллятор Мамышева.
5. **Многоимпульсная генерация.** Гармоническая синхронизация мод: активная и пассивная. Генерация пачек импульсов. АКФ сдвоенных импульсов. Удвоение спектра генерации.
6. **Усиление УКИ.** УКИ в волоконных усилителях. Усиление солитонов. Частотно-модулированные импульсы. Оптические компрессоры/декомпрессоры.
7. **Взаимодействие излучения с веществом.** Взаимодействие УКИ с различными средами. Генерация суперконтинуума (ГСК). Эффекты, приводящие к ГСК. Когерентность СК. Комб-генераторы на базе волоконных лазеров УКИ.
8. **Пространственно-временная синхронизация мод.** Описание схем лазеров. Модовая самоочистка в оптических волокнах. Временная линза. DFT.\
9. **Новые горизонты.** Новые топологии. Новые спектральные диапазоны. Перспективные волокна.