

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением
ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Фемтосекундная оптика

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.04.03 радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Квантовая радиофизика и лазерная физика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02, <i>фемтосекундная оптика</i> относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 <i>радиофизика</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	Знать современные проблемы и новейшие достижения физики и радиофизики, необходимые для осуществления научно-исследовательской деятельности в области фемтосекундной физики Уметь использовать знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области фемтосекундной физики Владеть опытом использования знания современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики в самостоятельной научно-исследовательской деятельности, относящейся к фемтосекундной физике	<i>Собеседование, задача</i>
ПК-2. Способен выполнять теоретические и	ПК-2.1. Анализирует современное состояние	Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-	<i>Собеседование, задание</i>

экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники и оформлять их результаты	исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники	исследовательских задач в области фемтосекундной оптики Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики	
---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32

самостоятельная работа	29
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Распространение фемтосекундного лазерного импульса в среде с дисперсией, Фурье оптика	20	10				10	10
Нелинейные эффекты при распространении фемтосекундного лазерного импульса в различных средах	20	10				10	10
Фемтосекундные лазеры	14	8				8	6
Применение фемтосекундных лазеров для генерации и детектирования терагерцового излучения	7	4				4	3
Текущий контроль	2	2				2	
Аттестация по дисциплине: экзамен	45						45

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках групповых или индивидуальных консультаций

Практическая подготовка предусматривает: организацию дискуссий и круглых столов, выполнение тестовых заданий.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 4 часа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающимся ставятся дополнительные задачи, а также предлагается самостоятельно найти и изучить последние научные публикации по

соответствующим темам лекций. Производится опрос и контроль решения поставленных задач.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции
РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА В СРЕДЕ С ДИСПЕРСИЕЙ, ФУРЬЕ ОПТИКА	
1. Временная форма и спектр фемтосекундного (фс) импульса. Понятие фазовой (частотной) модуляции.	ПК-1
2. Связь ширины спектра и длительности для спектрально ограниченного и фазо-модулированного лазерных импульсов.	ПК-1
3. Вывод уравнения, описывающего динамику фс импульса в среде с дисперсией.	ПК-1
4. Распространение гауссова фемтосекундного импульса в линейной среде с квадратичной дисперсией при наличии и отсутствии начальной фазовой	ПК-1

модуляции.	
5. Распространение лазерного импульса с произвольной формой огибающей в линейной среде с квадратичной дисперсией.	ПК-1
6. Дифракция фемтосекундного импульса на дифракционной решетке. Угловая дисперсия, формирование лазерного импульса с наклоненным (скошенным) фронтом интенсивности.	ПК-1
7. Управление формой лазерного импульса.	ПК-1
8. Общий подход для расчета стретчеров и компрессоров.	ПК-1
НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ	
9. Нелинейные среды, нелинейная поляризация. Физические механизмы нелинейности. Быстрая и релаксационная нелинейности.	ПК-2
10. Фазовая самомодуляция импульса в среде с мгновенной квадратичной нелинейностью.	ПК-2
11. Влияние нестационарности на спектр импульса при распространении в среде с квадратичной нелинейностью.	ПК-2
12. Стационарная самофокусировка в среде с квадратичной нелинейностью.	ПК-2
13. Самофокусировка короткого лазерного импульса, влияние нестационарности отклика среды на самофокусировку.	ПК-2
14. Филаментация фемтосекундных лазерных пучков. Физические эффекты и явления, важные для понимания эффекта филаментации.	ПК-2
15. Основные свойства филамента.	ПК-2
ФЕМТОСЕКУНДНЫЕ ЛАЗЕРЫ	ПК-2
16. Общая схема и основные элементы фемтосекундного лазера.	ПК-2
17. Синхронизация мод фемтосекундного лазера и ее физическая реализация.	ПК-2
18. Усиление фемтосекундных импульсов. Виды усилителей.	ПК-2
19. Общая схема фемтосекундного лазерного комплекса для генерации мощных импульсов. Контраст в фемтосекундных лазерных системах.	ПК-2
20. Измерение длительности коротких лазерных импульсов.	ПК-2
ПРИМЕНЕНИЕ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ И ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	ПК-2

21. Методы генерация ультракоротких импульсов терагерцового излучения фемтосекундными лазерными импульсами.	ПК-2
22. Терагерцовая спектроскопия с временным разрешением.	ПК-2
23. Практическое совместное использование терагерцовых и оптических импульсов для исследования физических процессов.	ПК-2

5.2.2. Типовые задачи для оценки компетенции «ПК-1»

1. Найти ширину спектра лазерного импульса в нанометрах при длительность 50 фс (по уровню половины высоты интенсивности).
2. Найти длительность спектрально ограниченного импульса при ширине спектра 10 нм (по уровню половины высоты интенсивности)?

5.2.3. Типовые задания для оценки компетенции «ПК-2»

1. Как изменяется амплитудный и фазовый спектры при распространении лазерного импульса в линейной среде с произвольной дисперсией без поглощения?
2. Как зависит длительность спектрально ограниченного оптического импульса от расстояния при распространении в среде с квадратичной дисперсией.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Крюков П. Г., «Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики», Физматлит, 2008. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=639825&idb=0>
3. Электронное пособие: Яшунин Д. А., Мальков Ю. А., Бодров С.Б. «Фемтосекундная оптика» Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 40 стр. 2014. <http://www.unn.ru/pages/ranking/method/fem.pdf>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории. Обучающимся доступен библиотечный фонд ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 918.

Автор к.ф.-м.н. доцент Бодров С.Б.

Заведующий кафедрой общей физики д.ф.-м.н. профессор Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.