

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

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Фемтосекундная оптика

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Квантовая радиофизика и лазерная физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02 Фемтосекундная оптика относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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	ПК-1.1: 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 ПК-1.2: Знать современные проблемы и новейшие достижения физики и радиофизики, необходимые для осуществления научно-исследовательской деятельности в области фемтосекундной физики.	Задачи	Экзамен: Задания Контрольные вопросы

		<p>Уметь использовать знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области фемтосекундной физики.</p> <p>Владеть опытом использования знания современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики в самостоятельной научно-исследовательской деятельности, относящейся к фемтосекундной физике</p>		
<p>ПК-2: Способен выполнять теоретические и 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</p>	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники</p>	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при</p>	Задания	<p>Экзамен:</p> <p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>решении научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области фемтосекундной оптики.</p> <p>Владеть опытом</p>		
--	--	--	--	--

		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
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	29
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Распространение фемтосекундного лазерного импульса в среде с дисперсией, Фурье оптика	20	10		10	10
Тема 2. Нелинейные эффекты при распространении фемтосекундного лазерного импульса в различных средах	20	10		10	10
Тема 3. Фемтосекундные лазеры	14	8		8	6
Тема 4. Применение фемтосекундных лазеров для генерации и детектирования терагерцового излучения	7	4		4	3
Аттестация	45				

КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

Содержание разделов и тем дисциплины

-

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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 текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности 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)?
3. Чему равна дисперсионная длина лазерного импульса длительностью 50 фс в среде с $k_2 = 100 \text{ фс}^2/\text{мм}$?
4. Найти длительность импульса при прохождении расстояния 1 см в среде с $k_2 = 100 \text{ фс}^2/\text{мм}$. На входе в среду импульс является спектрально ограниченным и длительность импульса равна 50 фс?
5. На среду падает лазерный импульс с длительностью 50 фс (по полувысоте интенсивности) и квадратичной фазовой модуляцией $\varphi = -a \cdot t^2/2$, где $a = 1 \text{ е-}4 \text{ фс-}2$? Найти длительность импульса при прохождении расстояния 3 мм в среде с $k_2 = 50 \text{ фс}^2/\text{мм}$.

6. На дифракционную решетку с периодом $1/2000$ мм падает под углом 30 градусов спектрально-ограниченный лазерный импульс длительностью 100 фс на центральной длине волны 800 нм. Найти длительность импульса на расстоянии 1 см от решетки при дифракции в первом порядке.
7. Найти угол наклона фронта интенсивности Ti:Sapphire лазерного импульса после дифракции в первом порядке на дифракционной решетке с периодом $1/2000$ мм при угле падения 50 градусов.
8. Вычислить нелинейный набег фазы Ti:Sapphire лазерного импульса интенсивностью 10 ГВт/см² при прохождении 1 см в среде с $n_2 = 1e-16$ см²/Вт.
9. Найти критическую мощность самофокусировки излучения Ti:Sapphire лазера для среды с $n_2 = 1e-16$ см²/Вт.
10. Найти длину самофокусировки для лазерного пучка Ti:Sapphire лазера с поперечным размером 5 мм (по полувысоте интенсивности) при 3 -х кратном превышения критической мощности.
11. Как изменится коэффициент дисперсии группового запаздывания в компрессоре, если расстояние между решетками увеличить в 2 раза?
12. Найти связь длительности АКФ и длительности лазерного импульса для гауссовой формы огибающей.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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 ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Как изменяются 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.
3. При каких условиях может уменьшаться длительность оптического импульса при распространении в линейной среде с квадратичной дисперсией?
4. От чего зависит дисперсионная длина?
5. Аналогия дисперсионной и дифракционной длины.
6. Описать принцип работы стретчера и компрессора лазерных импульсов.
7. Перечислить основные элементы фемтосекундного лазера.
8. Для чего нужна синхронизация мод в фемтосекундном лазере?
9. Как усилить энергию лазерных импульсов, без пробоя элементов схемы?
10. Оптический метод измерения длительности ультракоротких лазерных импульсов?
11. Какие существуют характерные физические механизмы возникновения нелинейной поляризации и какие соответствующие характерные времена отклика?
12. Как изменяется спектр лазерного импульса при прохождении через среду с мгновенной и релаксационной квадратичной нелинейностью?
13. Что такое филамента? Как она формируется?
14. Какие оптические эффекты сопутствуют образованию филаменты?
15. Описать принцип генерации ультракоротких терагерцовых импульсов с помощью фемтосекундного лазерного излучения.
16. Какие характерные длины важны для описания генерации терагерцовых импульсов с помощью фемтосекундного лазерного излучения.
17. Как измеряется электрическое поле терагерцового импульса?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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 ИЛИ 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» ИЛИ Все компетенции (части

Оценка	Критерии оценивания
	компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ 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» ИЛИ 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	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 несущественными недочетами, выполнен	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				недочетами		ы все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Временная форма и спектр фемтосекундного (фс) импульса. Понятие фазовой (частотной) модуляции.
2. Связь ширины спектра и длительности для спектрально ограниченного и фазо-модулированного лазерных импульсов.
3. Вывод уравнения, описывающего динамику фс импульса в среде с дисперсией.

4. Распространение гауссова фемтосекундного импульса в линейной среде с квадратичной дисперсией при наличии и отсутствии начальной фазовой модуляции.
5. Распространение лазерного импульса с произвольной формой огибающей в линейной среде с квадратичной дисперсией.
6. Дифракция фемтосекундного импульса на дифракционной решетке. Угловая дисперсия, формирование лазерного импульса с наклоненным (скошенным) фронтом интенсивности.
7. Управление формой лазерного импульса.
8. Общий подход для расчета стретчеров и компрессоров.
9. Нелинейные среды, нелинейная поляризация. Физические механизмы нелинейности. Быстрая и релаксационная нелинейности.
10. Фазовая самомодуляция импульса в среде с мгновенной квадратичной нелинейностью.
11. Влияние нестационарности на спектр импульса при распространении в среде с квадратичной нелинейностью.
12. Стационарная самофокусировка в среде с квадратичной нелинейностью.
13. Самофокусировка короткого лазерного импульса, влияние нестационарности отклика среды на самофокусировку.
14. Филаментация фемтосекундных лазерных пучков. Физические эффекты и явления, важные для понимания эффекта филаментации.
15. Основные свойства филамента.
16. Общая схема и основные элементы фемтосекундного лазера.
17. Синхронизация мод фемтосекундного лазера и ее физическая реализация.
18. Усиление фемтосекундных импульсов. Виды усилителей.
19. Общая схема фемтосекундного лазерного комплекса для генерации мощных импульсов. Контраст в фемтосекундных лазерных системах.
20. Измерение длительности коротких лазерных импульсов.
21. Методы генерации ультракоротких импульсов терагерцового излучения фемтосекундными лазерными импульсами.
22. Терагерцовая спектроскопия с временным разрешением.
23. Практическое совместное использование терагерцовых и оптических импульсов для исследования физических процессов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
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
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»
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»

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Временная форма и спектр фемтосекундного (фс) импульса. Понятие фазовой (частотной) модуляции.
2. Связь ширины спектра и длительности для спектрально ограниченного и фазо-модулированного лазерных импульсов.
3. Вывод уравнения, описывающего динамику фс импульса в среде с дисперсией.
4. Распространение гауссова фемтосекундного импульса в линейной среде с квадратичной дисперсией при наличии и отсутствии начальной фазовой модуляции.
5. Распространение лазерного импульса с произвольной формой огибающей в линейной среде с квадратичной дисперсией.
6. Дифракция фемтосекундного импульса на дифракционной решетке. Угловая дисперсия, формирование лазерного импульса с наклоненным (скошенным) фронтом интенсивности.

7. Управление формой лазерного импульса.
8. Общий подход для расчета стретчеров и компрессоров.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Нелинейные среды, нелинейная поляризация. Физические механизмы нелинейности. Быстрая и релаксационная нелинейности.
2. Фазовая самомодуляция импульса в среде с мгновенной квадратичной нелинейностью.
3. Влияние нестационарности на спектр импульса при распространении в среде с квадратичной нелинейностью.
4. Стационарная самофокусировка в среде с квадратичной нелинейностью.
5. Самофокусировка короткого лазерного импульса, влияние нестационарности отклика среды на самофокусировку.
6. Филаментация фемтосекундных лазерных пучков. Физические эффекты и явления, важные для понимания эффекта филаментации.
7. Основные свойства филамента.
8. Общая схема и основные элементы фемтосекундного лазера.
9. Синхронизация мод фемтосекундного лазера и ее физическая реализация.
10. Усиление фемтосекундных импульсов. Виды усилителей.
11. Общая схема фемтосекундного лазерного комплекса для генерации мощных импульсов. Контраст в фемтосекундных лазерных системах.
12. Измерение длительности коротких лазерных импульсов.
13. Методы генерации ультракоротких импульсов терагерцового излучения фемтосекундными лазерными импульсами.
14. Терагерцовая спектроскопия с временным разрешением.
15. Практическое совместное использование терагерцовых и оптических импульсов для исследования физических процессов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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»
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»

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Известна длительность спектрально-ограниченного лазерного импульса 50 фс (по уровню половины высоты интенсивности). Во сколько раз надо обузить спектр импульса, чтобы его ширина стала 3 нм?
2. Через какое расстояние длительность лазерного импульса увеличится в 2 раза при распространении в среде с $k_2 = 100 \text{ фс}^2/\text{мм}$? На входе в среду импульс спектрально-ограничен и имеет длительность 50 фс.
3. При какой начальной фазовой модуляции лазерный импульс длительностью 100 фс сожмется до 50 фс при распространении в среде с $k_2 = 100 \text{ фс}^2/\text{мм}$?
4. На какой дистанции лазерный импульс длительностью 100 фс может сжаться до 50 фс при распространении в среде с $k_2 = 100 \text{ фс}^2/\text{мм}$?
5. На среду падает лазерный импульс с длительностью 100 фс (по полувысоте интенсивности) и квадратичной фазовой модуляцией $\varphi = -a \cdot t^2/2$, где $a = -1e-5 \text{ фс}^{-2}$? Найти длительность импульса при прохождении расстояния 1 мм в среде с $k_2 = 50 \text{ фс}^2/\text{мм}$.

6. На дифракционную решетку с известным периодом $1/2000$ мм падает под углом 30 градусов спектрально-ограниченный лазерный импульс длительностью 100 фс на центральной длине волны 800 нм. На каком расстоянии от решетки длительность импульса увеличится в 2 раза при дифракции первом порядке?
7. Чему равен угол наклона фронта интенсивности Ti:Sapphire лазерного импульса после дифракции в первом порядке на дифракционной решетке с периодом $1/2000$ мм при угле дифракции 30 градусов.
8. Через нелинейную среду с $n_2 = 1e-16$ см²/Вт распространяется лазерный импульс с интенсивностью 10 ГВт/см². Через какое расстояние нелинейный набег фазы будет равен 1 ?
9. Сравнить критическую мощность самофокусировки излучения Ti:Sapphire лазера (800 нм) и волоконного лазера (1560 нм) для плавленого кварца.
10. Вычислить соотношение длительности АКФ и длительности лазерного импульса для гауссовой формы огибающей.
11. Найти число синхронизированных мод в фемтосекундном лазере с длиной резонатора 1 м и генерирующем импульсы длительностью 50 фс.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
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
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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»,

Оценка	Критерии оценивания
	ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики / Крюков П.Г. - Москва : Физматлит, 2008., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=639825&idb=0>.
2. Яшунин Д. А. Фемтосекундная оптика : учебно-методическое пособие / Д. А. Яшунин, Ю. А. Мальков, С. Б. Бодров ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. - 40 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850591&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики / Крюков П.Г. - Москва : Физматлит, 2008., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=639825&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Бодров Сергей Борисович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Бакунов Михаил Иванович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023 г., протокол № 09/23.