

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

Экспериментальные методы лазерной физики

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.02.02 Экспериментальные методы лазерной физики 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	<p>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</p> <p>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</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики.</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научноисследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при</p>	Задачи	<p>Экзамен:</p> <p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>решении научно-исследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики.</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научноисследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики</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 основные возможности современного оптического и лазерного оборудования, а также новейший отечественный и зарубежный опыт.</p> <p>Уметь использовать современное оптическое и лазерное оборудование и новейший отечественный и зарубежный опыт.</p> <p>Владеть опытом самостоятельной постановки научных задач в области квантовой радиофизики и лазерной физики и их решения с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать основные возможности современного оптического и лазерного оборудования, а также новейший отечественный и зарубежный опыт.</p> <p>Уметь использовать современное оптическое и лазерное оборудование и новейший отечественный и зарубежный опыт.</p> <p>Владеть опытом самостоятельной постановки научных задач в области квантовой радиофизики и лазерной физики и их решения</p>	Задачи	<p>Экзамен:</p> <p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>ПК-2.3: Знать основные возможности современного оптического и лазерного оборудования, а также новейший отечественный и зарубежный опыт. Уметь использовать современное оптическое и лазерное оборудование и новейший отечественный и зарубежный опыт. Владеть опытом самостоятельной постановки научных задач в области квантовой радиофизики и лазерной физики и их решения с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>ПК-2.4: Знать основные возможности современного оптического и лазерного оборудования, а также новейший отечественный и зарубежный опыт. Уметь использовать современное оптическое и лазерное оборудование и новейший отечественный и зарубежный опыт. Владеть опытом самостоятельной постановки научных задач в области квантовой радиофизики и лазерной физики и их решения с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p>		
--	--	--	--	--

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. Принципы работы мощных лазерных систем. (лазерное усиление, усиление chirпированных импульсов, стретчеркомпрессор, модуляция добротности, mode-lock, параметрическое усиление, гауссовы пучки, изображающие системы, интерференция пучков, когерентное сложение лазерных импульсов, измерение фемтосекундных импульсов, контраст лазерного импульса и методы его улучшения)	17	8		8	9
Тема 2. Основы физики плазмы (Волны в плазме, плазма как оптическая среда, замагниченная плазма, МГД приближение, плазменная оптика)	11	6		6	5
Тема 3. Режимы лазерно-плазменного взаимодействия (ускорение в поле кильватерной волны, бетатронное излучение, ускорение ионов, прочие схемы ускорения и генерации вторичного излучения)	11	6		6	5
Тема 4. Диагностика лазерно-плазменного взаимодействия (теневая, интерференционная диагностики, поляриметрия, томсоновское рассеяние, спектрометрия частиц, рентгеновская спектрометрия, методы точного наведения на мишень, радиография, дефлектометрия)	11	6		6	5
Тема 5. Лазерно-плазменные технологии для различных отраслей хозяйства (Медицинские приложения, приложения безопасности, ЛТС, лабораторная астрофизика, управление вторичным излучением, использование комбинированных лазерно-плазменных схем)	11	6		6	5
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

-
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.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- 1) разбор лекционного материала,
- 2) изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,

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) Бесконечная идеальная оптическая система $f/2$ фокусирует Гауссов лазерный импульс с полной шириной 10 см и прямоугольный лазерный импульс с диаметром 10 см. В каком случае пиковая интенсивность будет выше и во сколько раз?

2) Два когерентных между собой спектрально ограниченных фемтосекундных импульса (30фс, 910нм) фокусируются в одно пятно при помощи двух независимых фокусирующих систем $f/4$. Угол между сходящимися пучками $1/4$. Спектры импульсов совпадают. Какая интенсивность ожидается при фокусировке? Какая форма пятна ожидается? При каких обстоятельствах интенсивность увеличивается в 2, 4, и 8 раз?

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

1) Одно из плеч интерферометра содержит два перископа. Один из перископов – планарный, входной пучок второго- повернут относительно выходного на 30 градусов вокруг вертикальной оси. Какой будет контраст у интерференционной картины. Какую лямбда пластину и как нужно использовать для получения контраста 100%.

2) Какое наклонное фокусное расстояние должно быть у параболического зеркала для фокусировки лазерного импульса мощностью 180 ТВт диаметром 10 см в пятно с интенсивностью $1e21$ Вт/см²

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»

5.2. 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены

	обучающегося от ответа	ошибки	ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	все задания, в полном объеме без недочетов
<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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1) Бесконечная идеальная оптическая система $f/2$ фокусирует Гауссов лазерный импульс с полной шириной 10 см и прямоугольный лазерный импульс с диаметром 10 см. В каком случае пиковая интенсивность будет выше и во сколько раз?

2) Два когерентных между собой спектрально ограниченных фемтосекундных импульса (30 фс, 910 нм) фокусируются в одно пятно при помощи двух независимых фокусирующих систем $f/4$. Угол между сходящимися пучками $1/4$. Спектры импульсов совпадают. Какая интенсивность ожидается при фокусировке? Какая форма пятна ожидается? При каких обстоятельствах интенсивность увеличивается в 2, 4, и 8 раз?

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

1) Одно из плеч интерферометра содержит два перископа. Один из перископов – планарный, входной пучок второго – повернут относительно выходного на 30 градусов вокруг вертикальной оси. Какой будет контраст у интерференционной картины. Какую ламбда пластину и как нужно использовать для получения контраста 100%.

2) Какое наклонное фокусное расстояние должно быть у параболического зеркала для фокусировки лазерного импульса мощностью 180 ТВт диаметром 10 см в пятно с интенсивностью $1e21$ Вт/см²

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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

- 1) Обзор применения мощных лазерных систем (генерация рентгена, ускорение частиц, медицинские приложения, приложения безопасности, лазерный термоядерный синтез, лабораторная астрофизика)
- 2) Принципиальные основы мощных лазерных систем (СРА, стретчер-компрессор, модуляция добротности, mode-lock, параметрическое усиление)
- 3) Гауссовы пучки, фокусировка гауссова пучка, абберации излучения на языке фазы и на языке кружка рассеяния. Адаптивные системы коррекции волнового фронта. ОВФ
- 4) Изображающие системы, разрешающая способность оптической системы, масштабный коэффициент,
- 5) Интерференция пучков, влияние поляризации на интерференцию интерференция в фемтосекундных импульсов.
- 6) Параметрическое усиление, условия сверхширокополосного усиления, генерация второй гармоники
- 7) Контраст лазерного импульса и методы его улучшения.
- 8) Плазма как оптическая среда, показатель преломления плазмы, прозрачная и закритическая плазма. ларморовский радиус, плазменная частота,

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

- 1) Замагниченная плазма, кинетическое и магнитное давление
- 2) Плазменная оптика, плазменные зеркала и микропазмоника
- 3) Ускорение в поле кильватерной волны, бетатронное излучение
- 4) Ускорение ионов
- 5) Прочие схемы ускорения и генерации вторичного излучения (Обратное комптоновское рассеяние, обратное рамановское рассеяние)
- 6) Интерференционная диагностика, тайминг, непланарные интерференционные схемы
- 7) Томсоновское рассеяние
- 8) Спектрометрия частиц, электроны, протоны, нейтроны
- 9) Рентгеновская спектрометрия, характеристическое излучение.
- 10) Методы точного наведения лазерного импульса на мишень, стабильность положения пятная фокусировки, когерентное сложение лазерных импульсов

- 11) Лабораторная астрофизика. Параметры подвоя, аккреция, астрофизические джеты, присоединение магнитных линий
- 12) Медицинские приложения. Терапия рака. Малодозный фазоконтрастный биоимиджинг. Позитрон-эмиссионная томография
- 13) Приложения безопасности. Неразрушающая инспекция потенциально опасных объектов. Ядерная резонансная флуоресценция для детектирования опасных веществ за непроницаемой перегородкой
- 14) УТС: ЛТС, Токомак, Z-pinch. Основы ядерной физики. Ядерные устройства.
- 15) Управление вторичным излучением. Магнитная оптика. Управление пучками заряженных частиц при помощи динамических плазменных полей.
- 16 Комбинированные схемы взаимодействия. Генерация нейтронов. Нейтронно-рентгеновский имиджинг.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

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»

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

Основная литература:

1. Борн М. Основы оптики / пер. с англ.: С. Н. Бреуса [и др.] ; под ред. Г. П. Мотулевич. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. - 855 с. - 85.00., 18 экз.
2. Мирошниченко И. Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом : учебное пособие / Мирошниченко И. Б. - Новосибирск : НГТУ, 2021. - 68 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - Книга из коллекции НГТУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-7782-4355-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800958&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Мирошниченко И. Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом : учебное пособие / Мирошниченко И. Б. - Новосибирск : НГТУ, 2021. - 68 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - Книга из коллекции НГТУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-7782-4355-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800958&idb=0>.

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

<http://www.lib.unn.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: также для обучения дисциплине имеются специальные помещения: Центр физических демонстраций, включающий в себя Демонстрационный физический кабинет и Лабораторию технического сопровождения лекционного процесса.

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): Соловьев Александр Андреевич, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Савикин Александр Павлович, 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.