

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**

Экспериментальные методы лазерной физики

---

*(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.02.02, <i>экспериментальные методы лазерной физики</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 фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области экспериментальных методов лазерной физики	<i>Собеседование, задача</i>
ПК-2. Способен выполнять	ПК-2.1. Анализирует современное	Знать основные возможности современного оптического и	<i>Собеседование, задача</i>

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	состояние 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	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	
---	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	

- 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 и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					
		из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Принципы работы мощных лазерных систем. (лазерное усиление, усиление чирпированных импульсов, стретчер-компрессор, 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)		8				8	9
Основы физики плазмы (Волны в плазме, плазма как оптическая среда, замагниченная плазма, МГД приближение, плазменная оптика)		6				6	5
Режимы лазерно-плазменного взаимодействия (ускорение в поле кильватерной волны, бетатронное излучение, ускорение ионов, прочие схемы ускорения и генерации вторичного излучения)		6				6	5
Диагностика лазерно-плазменного		6				6	5

взаимодействия (теневая, интерференционная диагностики, поляриметрия, томсоновское рассеяние, спектрометрия частиц, рентгеновская спектрометрия, методы точного наведения на мишень, радиография, дефлектометрия)							
Лазерно-плазменные технологии для различных отраслей хозяйства (Медицинские приложения, приложения безопасности, ЛТС, лабораторная астрофизика, управление вторичным излучением, использование комбинированных лазерно-плазменных схем)		6				6	5
Текущий контроль	2	2					
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	45						45

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 следующие виды:

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

#### 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 теоретическо	Уровень знаний ниже минимальны	Минимально допустимый уровень знаний.	Уровень знаний в объеме, соответствующ	Уровень знаний в объеме, соответствующ	Уровень знаний в объеме, соответствующ	Уровень знаний в объеме, превышающе

	го материала. Невозможнос ть оценить полноту знаний вследствие отказа обучающего от ответа	требований. Имели место грубые ошибки.	Допущено много негрубых ошибки.	щем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	ем программе подготовки. Допущено несколько несущественны х ошибок	щем программе подготовки, без ошибок.	м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальны х умений . Невозможнос ть оценить наличие умений вследствие отказа обучающего от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продемонстр ированы все основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстри рованы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстр ированы все основные умения, реше ны все основные задачи с отдельными несуществен ным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстр ированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном  объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й  набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри рованы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ированы навыки  при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ирован творческий подход к решению нестандартн ых задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	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»
	<b>очень хорошо</b>	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»

	<b>хорошо</b>	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»
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	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
Обзор применения мощных лазерных систем (генерация рентгена, ускорение частиц, медицинские приложения, приложения безопасности, лазерный термоядерный синтез, лабораторная астрофизика)	ПК-1
Принципиальные основы мощных лазерных систем (СРА, стретчер-компрессор, модуляция добротности, mode-lock, параметрическое усиление)	ПК-1
Гауссовы пучки, фокусировка гауссова пучка, абберации излучения на языке фазы и на языке кружка рассеяния. Адаптивные системы коррекции волнового фронта. ОВФ	ПК-1
Изображающие системы, разрешающая способность оптической системы, масштабный коэффициент,	ПК-1
Интерференция пучков, влияние поляризации на интерференцию интерференция в фемтосекундных импульсов.	ПК-1
Параметрическое усиление, условия сверхширокополосного усиления, генерация второй гармоники	ПК-1
Контраст лазерного импульса и методы его улучшения.	ПК-1
Плазма как оптическая среда, показатель преломления плазмы, прозрачная и закритическая плазма. ларморовский радиус, плазменная частота,	ПК-1
Замагниченная плазма, кинетическое и магнитное давление	ПК-2
Плазменная оптика, плазменные зеркала и микроплазмоника	ПК-2

Ускорение в поле кильватерной волны, бетатронное излучение	ПК-2
Ускорение ионов	ПК-2
Прочие схемы ускорения и генерации вторичного излучения (Обратное комптоновское рассеяние, обратное рамановское рассеяние)	ПК-2
Интерференционная диагностика, тайминг, непланарные интерференционные схемы	ПК-2
Томсоновское рассеяние	ПК-2
Спектрометрия частиц, электроны, протоны, нейтроны	ПК-2
Рентгеновская спектрометрия, характеристическое излучение.	ПК-2
Методы точного наведения лазерного импульса на мишень, стабильность положения пятная фокусировки, когерентное сложение лазерных импульсов	ПК-2
Лабораторная астрофизика. Параметры подобия, аккреция, астрофизические джеты, присоединение магнитных линий	ПК-2
Медицинские приложения. Терапия рака. Малодозный фазоконтрастный биоимиджинг. Позитрон-эмиссионная томография	ПК-2
Приложения безопасности. Неразрушающая инспекция потенциально опасных объектов. Ядерная резонансная флуоресценция для детектирования опасных веществ за непроницаемой перегородкой	ПК-2
УТС: ЛТС, Токомак, Z-pinch. Основы ядерной физики. Ядерные устройства.	ПК-2
Управление вторичным излучением. Магнитная оптика. Управление пучками заряженных частиц при помощи динамических плазменных полей.	ПК-2
Комбинированные схемы взаимодействия. Генерация нейтронов. Нейтронно-рентгеновский имиджинг.	ПК-2

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-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?

### 5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

- Какое наклонное фокусное расстояние должно быть у параболического зеркала для фокусировки лазерного импульса мощностью 180 ТВт диаметром 10 см в пятно с интенсивностью  $1e21 \text{ Вт/см}^2$ .



## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Борн М., Вольф Э., Основы оптики, 1970. – 18 экз.
2. И.Б. Мирошниченко Взаимодействие лазерного излучения с веществом: учебное пособие, 2021. - <https://e.lanbook.com/book/216539>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

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

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

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также Центр физических демонстраций, включающий в себя Демонстрационный физический кабинет и Лабораторию технического сопровождения лекционного процесса. 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 Соловьев А.А.

Рецензент к.ф.-м.н. доцент Савикин А.П.

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

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