

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**

Сверхсильные оптические поля

---

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.04 Сверхсильные оптические поля 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: Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области сверхсильных оптических полей Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области сверхсильных оптических полей. Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области сверхсильных оптических полей.</p> <p>ПК-1.2: Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области сверхсильных оптических полей Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-</p>	Собеседование	<p>Экзамен: Задачи Контрольные вопросы</p>

		<p>исследовательских задач в области сверхсильных оптических полей.</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области сверхсильных оптических полей.</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, аналитикочисленные, 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 с использованием современного оборудования и</p>	Собеседование	<p>Экзамен:</p> <p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>на новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p><b>ПК-2.3:</b>  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><b>ПК-2.4:</b>  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
--	-------

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

### 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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Введение	4	2		2	2
Тема 2. Генерация сверхсильных лазерных полей	22	12		12	10
Тема 3. Поведение вещества в сверхсильных полях	20	10		10	10
Тема 4. Приложение сверхсильных лазерных полей	15	8		8	7
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.

Еженедельно текст прочитанной лекции и соответствующие вопросы для контроля текущей успеваемости из списка 3.3 рассылаются по электронной почте обучающимся для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы и создания личного портфолио по дисциплине «Сверхсильные оптические поля» а также с целью формирования компетенций ПК-1 и ПК-2.

## **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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Основные принципы генерации сверхсильных оптических полей. Концепции построения фемтосекундных лазерных комплексов. Красительно-экцимерные системы, лазеры на неодимовом стекле, титан-сапфировые лазерные комплексы, широкополосные параметрические усилители.
2. Задающие генераторы фемтосекундных импульсов. Широкополосные активные среды. Синхронизация мод в фемтосекундных лазерах. Генерация суперконтинуума и высокостабильного «комба». Методы компенсации дисперсии групповой скорости в резонаторах. Описание генерации фемтосекундных лазеров модельным уравнением Гинзбурга-Ландау.
3. Усиление фемтосекундных лазерных импульсов. Концепция ChirpedPulse Amplification – усиление растянутых частотно-модулированных импульсов. Усиление в модели двухуровневой среды. Широкополосное параметрическое усиление. Ограничения на длительность, энергию и интенсивность усиливаемых импульсов.
4. Компрессия лазерных импульсов. Расширение спектра фемтосекундных импульсов в нелинейных средах. Оптический компрессор на дифракционных решетках.
5. Взаимодействие мощных фемтосекундных импульсов с твердотельными мишенями. Экстремальные состояния вещества. Ядерные процессы в присутствии сверхсильных полей. Моделирование процессов в недрах звезд и планет.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

1. Фемтосекундная метрология. Методы измерения длительности, амплитудно-частотного распределения поля внутри импульса, интенсивности и энергии сверхмощных импульсов. Энергетический и амплитудный контраст.
2. Ионизация атома в сильном оптическом поле. Ионизация атома в адиабатическом приближении. Формула Келдыша. Надпороговая ионизация. Функция распределения фотоэлектронов. Стабилизация атома в сверхсильном оптическом поле.

3. Генерация высоких гармоник оптического излучения и аттосекундных импульсов при ионизации атомов и молекул. Модель Коркума для возвратных соударений электронов. Цуги аттосекундных импульсов и одиночные аттосекундные импульсы. Измерения аттосекундных импульсов, аттосекундная стрик-камера.
4. Электроны в релятивистски сильном оптическом поле. Движение электрона в поле плоской электромагнитной волны произвольной амплитуды. Генерация кильватерной волны в плазме фемтосекундным лазерным импульсом.
5. Атмосферные приложения мощного фемтосекундного излучения. Филаментация лазерного пучка, источник суперконтинуума для экологического мониторинга, инициация атмосферных разрядов.
6. Генерация когерентного рентгеновского излучения сверхкороткой длительности. Рентгеновские рекомбинационные лазеры с фемтосекундной оптической накачкой. Источники на основе высоких гармоник фемтосекундных излучения. Источники на основе рассеяния мощных фемтосекундных импульсов на электронных пучках. Диагностические приложения аттосекундных импульсов.
7. Ускорители заряженных частиц на основе фемтосекундных источников излучения. Плазменные ускорители электронов на кильватерной волне. Ускорение ионов из твердотельных мишеней.
8. Биомедицинские приложения сверхсильных оптических полей. Фазоконтрастный рентген. Производство изотопов для позитронно-эмиссионной томографии. Источники ионов для адронной терапии.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)**

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»

Оценка	Критерии оценивания
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. 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, 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач



	обучающегося от ответа		некоторым и недочетами	и недочетами	недочетов	ошибок и недочетов	
--	---------------------------	--	------------------------------	-----------------	-----------	-----------------------	--

### 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. Оценить максимальную достижимую энергию частотно-модулированного лазерного импульса при усилении в Nd стекле с диаметром 20 см.
2. Определить максимальное число гармоник лазерного излучения Ti:Sa лазерной системы с длительностью импульса 30 фс, энергией 100 мДж, возбуждаемых при ионизации атомов водорода.
3. Оценить максимальный темп ускорения электронов в кильватерной волне, возбуждаемой фемтосекундным лазерным импульсом с длиной волны 800 нм и интенсивностью  $10^{19}$  Вт/см<sup>2</sup> в струе Ne с давлением 0.1 Тор.
4. Определить максимальное число продольных мод, которые можно синхронизовать в задающем генераторе фемтосекундных импульсов на кристалле Ti:Sa.
5. Найти максимальную энергию усиления chirпованного лазерного импульса в кристалле Ti:Sa с диаметром 10 см.

6. Определить параметры оптического компрессора на дифракционных решетках, необходимые для сжатия линейно chirпованного лазерного импульса с шириной спектра 30 нм и центральной длиной волны излучения 800 нм.

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

1. Оценить возможное увеличение контраста лазерного импульса гауссовой формы с энергией 10 Дж, длительностью 40 фс при отражении от плазменного зеркала.
2. Сравнить значения средней энергии электронов, появляющихся при ионизации атомов в поле линейно поляризованной и циркулярно поляризованной волны в адиабатическом приближении.
3. Определить максимальное число гармоник лазерного излучения с длиной волны 4 мкм, длительностью импульса 40 фс, энергией 100 мДж, возбуждаемых при фокусировке излучения в гелии.
4. Найти максимальное электрическое поле в кильватерной волне, возбуждаемой лазерным импульсом с длиной волны 800 нм, энергией 1 Дж при фокусировке в пятно с диаметром 10 мкм в плазме с концентрацией электронов  $4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ .
5. Оценить контраст лазерного импульса с энергией 25 Дж, длительностью 50 фс, который необходим в экспериментах по взаимодействию сверхмощного излучения с твердотельными мишенями.
6. Найти энергию лазерного импульса с длительностью 30 фс, необходимую для генерации суперконтинуума в атмосферном воздухе.
7. Определить характеристики нелинейного комптоновского источника излучения на основе встречного взаимодействия лазерного импульса с энергией 10 Дж, длительностью 50 фс с пучком электронов с энергией 1 ГэВ.
8. Определить характеристики лазерного импульса, необходимые для достижения релятивистской индуцированной прозрачности мишеней из углерода и золота.
9. Найти максимальную энергию и трассу ускорения электронов в кильватерной волне, возбуждаемой лазерным импульсом с энергией 10 Дж, длительностью 100 фс в плазме с концентрацией электронов  $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ .

### 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»

Оценка	Критерии оценивания
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. Основные принципы генерации сверхсильных оптических полей. Концепции построения фемтосекундных лазерных комплексов. Красительно-эксимерные системы, лазеры на неодимовом стекле, титан-сапфировые лазерные комплексы, широкополосные параметрические усилители.
2. Задающие генераторы фемтосекундных импульсов. Широкополосные активные среды. Синхронизация мод в фемтосекундных лазерах. Генерация суперконтинуума и высокостабильного «комба». Методы компенсации дисперсии групповой скорости в резонаторах. Описание генерации фемтосекундных лазеров модельным уравнением Гинзбурга-Ландау.
3. Усиление фемтосекундных лазерных импульсов. Концепция Chirped Pulse Amplification – усиление растянутых частотно-модулированных импульсов. Усиление в модели двухуровневой среды. Широкополосное параметрическое усиление. Ограничения на длительность, энергию и интенсивность усиливаемых импульсов.
4. Компрессия лазерных импульсов. Расширение спектра фемтосекундных импульсов в нелинейных средах. Оптический компрессор на дифракционных решетках.
5. Взаимодействие мощных фемтосекундных импульсов с твердотельными мишенями. Экстремальные состояния вещества. Ядерные процессы в присутствии сверхсильных полей. Моделирование процессов в недрах звезд и планет

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

1. Фемтосекундная метрология. Методы измерения длительности, амплитудно-частотного распределения поля внутри импульса, интенсивности и энергии сверхмощных импульсов. Энергетический и амплитудный контраст.
2. Ионизация атома в сильном оптическом поле. Ионизация атома в адиабатическом приближении. Формула Келдыша. Надпороговая ионизация. Функция распределения фотоэлектронов. Стабилизация атома в сверхсильном оптическом поле.
3. Генерация высоких гармоник оптического излучения и аттосекундных импульсов при ионизации атомов и молекул. Модель Коркума для возвратных соударений электронов. Цуги аттосекундных импульсов и одиночные аттосекундные импульсы. Измерения аттосекундных импульсов, аттосекундная стрик-камера.
4. Электроны в релятивистски сильном оптическом поле. Движение электрона в поле плоской электромагнитной волны произвольной амплитуды. Генерация кильватерной волны в плазме фемтосекундным лазерным импульсом.
5. Атмосферные приложения мощного фемтосекундного излучения. Филаментация лазерного пучка, источник суперконтинуума для экологического мониторинга, инициация атмосферных разрядов.
6. Генерация когерентного рентгеновского излучения сверхкороткой длительности. Рентгеновские рекомбинационные лазеры с фемтосекундной оптической накачкой. Источники на основе высоких гармоник фемтосекундных излучения. Источники на основе рассеяния мощных фемтосекундных импульсов на электронных пучках. Диагностические приложения аттосекундных импульсов.
7. Ускорители заряженных частиц на основе фемтосекундных источников излучения. Плазменные ускорители электронов на кильватерной волне. Ускорение ионов из твердотельных мишеней.
8. Биомедицинские приложения сверхсильных оптических полей. Фазоконтрастный рентген. Производство изотопов для позитронно-эмиссионной томографии. Источники ионов для адронной терапии.

### 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

Оценка	Критерии оценивания
	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. Ахманов Сергей Александрович. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. - М. : Наука, 1988. - 309, [1] с. : ил. - (Современные проблемы физики ; вып. 74). - 4.80., 3 экз.
2. Звелто Орацио. Принципы лазеров / пер. с англ. под ред. Т. А. Шмаонова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир, 1984. - 395 с. : ил. - 2.00., 2 экз.
3. Звелто Орацио. Принципы лазеров / пер. с англ. Е. В. Сорокина [и др.] ; под ред. Т. А. Шмаонова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир, 1990. - 558 с. : ил. - ISBN 5-03-001053-X : 4.00., 1 экз.
4. Делоне Николай Борисович. Атом в сильном световом поле. - 2-е изд., перераб. - М. : Энергоатомиздат, 1984. - 224 с. : ил. - 2.90., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика. Том 2. Теория поля : Учебное пособие. - 9-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 508 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1568-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741028&idb=0>.
2. 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):

Аудиторный фонд ННГУ.

## 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): Рябикин Михаил Юрьевич, 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.