

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**

Аттосекундная физика

---

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.03 Аттосекундная физика 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 современные проблемы и новейшие достижения физики и радиофизики, необходимые для осуществления научно-исследовательской деятельности в области аттосекундной физики.</p> <p>Уметь использовать знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области аттосекундной физики.</p> <p>Владеть опытом использования знания современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики в самостоятельной научно-исследовательской деятельности, относящейся к аттосекундной физике.</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать современные проблемы и новейшие достижения физики и радиофизики, необходимые для осуществления научно-исследовательской деятельности в области аттосекундной физики.</p>	Доклад-презентация	<p>Зачёт:</p> <p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>Уметь использовать знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области аттосекундной физики.</p> <p>Владеть опытом использования знания современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики в самостоятельной научно-исследовательской деятельности, относящейся к аттосекундной 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, 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 фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области аттосекундной физики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области аттосекундной физики.</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области аттосекундной физики.</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области аттосекундной физики.</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при</p>	<p>Доклад-презентация</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>

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

		использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области аттосекундной физики.		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</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/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Ионизация атомов и молекул в световом поле	14	6		6	8
Тема 2. Генерация высоких гармоник лазерного излучения	14	6		6	8
Тема 3. Генерация аттосекундных импульсов	12	6		6	6
Тема 4. . Экспериментальная техника аттосекундной физики	8	4		4	4
Тема 5. Аттосекундная метрология	11	4		4	7
Тема 6. Измерения и контроль сверхбыстрых процессов с аттосекундным временным разрешением	12	6		6	6

Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

### 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.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- подготовка докладов-презентаций по проблемным вопросам.

#### 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 - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Фазовый квазисинхронизм при генерации высоких гармоник во встречных лазерных пучках.
2. Получение одиночного аттосекундного импульса методом двойного оптического затвора.
3. «Аттосекундный маяк».

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

1. Неадиабатическое выстраивание и ориентация молекул ультракоротким лазерным импульсом.
2. Методы зондирования выстроенности и ориентированности ансамблей молекул.
3. Использование эффектов кругового дихроизма для элемент-селективного зондирования магнитных материалов и структур.
4. Алгоритм CRAB-FROG для определения параметров аттосекундного импульса.

5. Аттосекундная туннельная спектроскопия.

6. Томография молекулярных орбиталей.

7. Модель «релятивистского осциллирующего зеркала» для описания генерации высоких гармоник на поверхности твердотельной плазмы.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	1) 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 2) 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 3) 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 4) 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 5) 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	1) Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ 2) 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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

					ошибок		
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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 обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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	<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».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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. Какова должна быть минимальная длина волны лазерного излучения с интенсивностью  $10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>, действующего на атомы ксенона (потенциал ионизации 12.13 эВ), чтобы стало возможным наблюдение «гигантского резонанса» в спектре высоких гармоник (в области энергий фотонов около 100 эВ)?
2. На газ двухатомных молекул с антисимметричной валентной орбиталью и межъядерным расстоянием 1.2 ангстрем действует интенсивное излучение с длиной волны 0.8 мкм. Оцените минимальный номер высокой гармоники, для которого будет наблюдаться двухцентровая деструктивная спектральная интерференция.
3. На молекулы водорода (потенциал ионизации 15.6 эВ, межъядерное расстояние 0.74 ангстрем) действует лазерное излучение с длиной волны 0.8 мкм и интенсивностью  $3.5 \times 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. Оцените максимальный угол между осью молекулы и вектором электрического поля лазерного импульса, для которого будет наблюдаться двухцентровая деструктивная спектральная интерференция в спектре высоких гармоник.
4. На атомы действует излучение с длиной волны 3.9 мкм и интенсивностью  $3.5 \times 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. Импульс какой длительности можно получить в результате синхронизации высоких гармоник в спектральном интервале шириной в 1/3 ширины плато в спектре гармоник?

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

1. Атом гелия (потенциал ионизации 24.6 эВ) ионизируется лазерным излучением с интенсивностью  $2 \times 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. При каких длинах волн лазерного излучения реализуется туннельный режим ионизации?
2. Атом водорода ионизируется излучением CO<sub>2</sub>-лазера (длина волны 10.6 мкм) с интенсивностью  $3.5 \times 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. В каком режиме происходит ионизация?
3. Ион He<sup>+</sup> ионизируется излучением CO<sub>2</sub>-лазера (длина волны 10.6 мкм) с интенсивностью  $2 \times 10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup>. В каком режиме происходит ионизация?
4. Атом ионизируется лазерным излучением с интенсивностью  $2 \times 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. При каких длинах волн лазерного излучения осцилляторная скорость электрона не превышает 0.1 скорости света?
5. Атомная система ионизируется излучением CO<sub>2</sub>-лазера (длина волны 10.6 мкм) с интенсивностью  $2 \times 10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup>. Оценить отношение максимальной кинетической энергии оторванного электрона, согласно электродипольному приближению, к энергии покоя электрона.
6. Атомная система ионизируется излучением CO<sub>2</sub>-лазера (длина волны 10.6 мкм) с интенсивностью  $2 \times 10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup>. Оценить отношение скорости возвращающегося к ионному остову электрона, соответствующей, согласно электродипольному приближению, краю плато в спектре высоких гармоник, к скорости света.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	1) 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 ИЛИ 2) 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 3) 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 4) 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 5) 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	1) Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ 2) Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

1. Характерные временные и энергетические масштабы различных процессов в микромире.
2. Основные условия, необходимые для получения аттосекундных импульсов.
3. Формула Келдыша для скорости ионизации в переменном лазерном поле и ее предельные случаи.
4. Полуклассическая модель Коркума для возвратных соударений электронов и ее использование для анализа энергетических и угловых распределений электронов в ионизационных процессах.
5. Полуклассическая модель Коркума и ее использование для анализа спектральных и частотно-временных характеристик процесса генерации высоких гармоник в газах.
6. Приближение сильного поля при квантовомеханическом описании процесса генерации высоких гармоник в газах. Теория Левенштейна.
7. Методы реализации фазового синхронизма и квазисинхронизма при генерации высоких гармоник в газах.
8. Режимы и физические механизмы генерации высоких гармоник при взаимодействии высокоинтенсивного лазерного излучения с поверхностью плотной плазмы.
9. Принцип метода RABBITT и его использование для измерения характеристик цуга аттосекундных импульсов.
10. Принцип действия аттосекундной стрик-камеры и ее применения.

11. Принцип пространственной селекции одиночного аттосекундного импульса с помощью «аттосекундного маяка».

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Характерные временные и энергетические масштабы процессов, связанных с различными типами внутренних движений в атомах и молекулах.
2. Смысл и значения атомных единиц длины, времени, заряда и напряженности электрического поля.
3. Особенности энергетических зависимостей сечений фотоионизации различных атомов (на примере инертных газов).
4. Характерные соотношения между энергиями фотонов ИК и видимого света и потенциалами ионизации различных атомов.
5. Параметр Келдыша и его роль в теории ионизации атомов в переменном лазерном поле.
6. Динамический эффект Штарка и его роль в надпороговой ионизации.
7. Процессы, описываемые полуклассической моделью перерассеяния Коркума.
8. Упругие и неупругие процессы при электрон-ионных соударениях в сильном лазерном поле.
9. Механизмы многократной ионизации атомов и их проявления в спектрах импульсов продуктов ионизации.
10. Зависимость выхода высоких гармоник от длины волны лазерного излучения.
11. Магнитный дрейф электрона и его влияние на выход высоких гармоник в зависимости от параметров частиц газа и лазерного импульса.
12. «Атточирп» и его компенсация для укорочения аттосекундных импульсов.
13. Ширина используемого спектра при различных способах получения одиночного аттосекундного импульса.
14. Формирование лазерных импульсов с переменной эллиптичностью для реализации метода поляризационного затвора.
15. Измеряемые величины при различных геометриях наблюдения в аттосекундной стрик-камере.

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

1. Методы генерации импульсов когерентного рентгеновского излучения и их применения.
2. Особенности генерации высоких гармоник в молекулярных газах.

3. Синхронизация высоких гармоник.
4. Влияние поляризации и магнитного поля лазерного излучения на эффективность генерации высоких гармоник в газах.
5. Генерация и применения циркулярно-поляризованных рентгеновских импульсов.
6. Использование предельно коротких лазерных импульсов для получения одиночного аттосекундного импульса. Роль фазы заполнения относительно огибающей лазерного импульса.
7. Принцип «поляризационного затвора» для получения одиночного аттосекундного импульса.
8. Использование процессов при перерассеянии электронов на родительских ионах для исследования сверхбыстрых процессов в молекулах.
9. Методы исследования сверхбыстрых процессов в веществе с использованием аттосекундных импульсов.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Различия в закономерностях надпороговой ионизации в полях длинных и коротких лазерных импульсов.
2. Угловые распределения электронов при надпороговой ионизации низких и высоких порядков.
3. «Короткие» и «длинные» траектории электронов и их вклады в сигнал высоких гармоник, генерируемых в газах.
4. Влияние потенциала ионизации частиц газа на ширину спектра генерируемых высоких гармоник.
5. Факторизуемость спектральной зависимости выхода высоких гармоник и ее значение для ГГВП-спектроскопии.
6. Зависимости вероятности лазерной ионизации молекул от их ориентации, межъядерных расстояний и типа валентной орбитали.
7. Многоцентровая интерференция в спектрах высоких гармоник, генерируемых в ансамбле выстроенных молекул.
8. «Возрождения» колебательных и вращательных волновых пакетов, возбуждаемых ультракороткими лазерными импульсами.
9. Использование генерации высоких гармоник для зондирования ядерных волновых пакетов.
10. Факторы, приводящие к фазовым расстройкам при генерации высоких гармоник лазерного излучения в газах

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	1) 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 ИЛИ 2) 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 3) 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 4) 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 5) 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	1) Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ 2) 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):

## **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): Миловский Николай Дмитриевич, 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.