

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Аттосекундная физика

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.02 – Физика

---

Направленность образовательной программы  
Общая и прикладная физика

---

Форма обучения  
Очная

---

Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.03 «Аттосекундная физика» является факультативом в ООП направления подготовки 03.04.02 «Физика».

## 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 самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: Демонстрация способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: Знать основные методы получения и измерения световых импульсов субфемтосекундной длительности и их применения для зондирования и управления сверхбыстрыми процессами в веществе Уметь применять полученные знания для исследования путей высокоэффективной генерации аттосекундных импульсов с управляемыми характеристиками и их использования для получения информации о динамике процессов в веществе с аттосекундным временным и субнанометровым пространственным разрешением Владеть приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению профессиональных задач;	Собеседование	Собеседование

		приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования		
ПК-2. Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Демонстрация способности самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Знать основные теоретические подходы и модели, используемые для описания генерации сверхкоротких электромагнитных импульсов и их взаимодействия с веществом Уметь использовать полученные знания для изучения сверхбыстрых процессов в веществе, анализировать результаты использования простых моделей для описания взаимодействия сверхкоротких импульсов излучения с газовыми и конденсированными средами Владеть современными теоретическими и численными методами, используемыми в аттосекундной физике	Собеседование	Собеседование

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>Очная</b>
<b>Общая трудоемкость</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	<b>24</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>0</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>47</b>

Промежуточная аттестация	0 Зачёт
--------------------------	------------

### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	Очная	очная	очная	очная
Тема 1 Ионизация атомов и молекул в световом поле	12	4	0	0	4	8
Тема 2 Генерация высоких гармоник лазерного излучения	12	4	0	0	4	8
Тема 3. Генерация аттосекундных импульсов	12	4	0	0	4	8
Тема 4. Экспериментальная техника аттосекундной физики	12	4	0	0	4	8
Тема 5. Аттосекундная метрология	12	4	0	0	4	8
Тема 6. Измерения и контроль сверхбыстрых процессов с аттосекундным временным разрешением	11	4	0	0	4	7
Аттестация	0					
КСР	1				1	
Итого	72	24	0	0	25	47

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающимся предлагается использовать основную и дополнительную литературу и/или электронные Интернет-ресурсы.

#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модюлю)

##### 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. Характерные временные и энергетические масштабы различных процессов в микромире.
2. Основные условия, необходимые для получения аттосекундных импульсов.
3. Методы генерации импульсов когерентного рентгеновского излучения и их применения.
4. Формула Келдыша для скорости ионизации в переменном лазерном поле и ее предельные случаи.
5. Надпороговая ионизация атомов в полях длинных и коротких лазерных импульсов.
6. Полуклассическая модель перерассеяния Коркума и ее использование для анализа энергетических и угловых распределений электронов в ионизационных процессах.
7. Полуклассическая модель перерассеяния Коркума и ее использование для анализа спектральных и частотно-временных характеристик процесса генерации высоких гармоник в газах.
8. Квантовомеханическое описание процесса генерации высоких гармоник в газах. Приближение сильного поля. Теория Левенштейна.
9. Неадиабатическое выстраивание и ориентация молекул ультракороткими лазерными импульсами и методы их зондирования.
10. Особенности процессов ионизации и генерации высоких гармоник в молекулярных газах.
11. «Короткие» и «длинные» траектории электронов и их роль в процессе генерации высоких гармоник в газах. «Атточирп» и синхронизация высоких гармоник.
12. Зависимость эффективности генерации высоких гармоник в газах от интенсивности и длины волны лазерного излучения.
13. Влияние поляризации и магнитного поля лазерного излучения на эффективность генерации высоких гармоник в газах.
14. Генерация и применения циркулярно-поляризованных рентгеновских импульсов.
15. Методы реализации фазового синхронизма и квазисинхронизма при генерации высоких гармоник в газах.
16. Использование предельно коротких лазерных импульсов для получения одиночного аттосекундного импульса. Роль фазы заполнения относительно огибающей лазерного импульса.
17. Принцип «поляризационного затвора» для получения одиночного аттосекундного импульса.
18. Принцип пространственной селекции одиночного аттосекундного импульса с помощью «аттосекундного маяка».
19. Режимы и физические механизмы генерации высоких гармоник при взаимодействии высокоинтенсивного лазерного излучения с поверхностью плотной плазмы.
20. Принцип метода RABBITT и его использование для измерения характеристик цуга аттосекундных импульсов.
21. Принцип действия аттосекундной стрик-камеры и ее применения.
22. Использование процессов при перерассеянии электронов на родительских ионах для исследования сверхбыстрых процессов в молекулах.
23. Методы исследования сверхбыстрых процессов в веществе с использованием аттосекундных импульсов.

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

1. Характерные временные и энергетические масштабы различных процессов в микромире.
2. Основные условия, необходимые для получения аттосекундных импульсов.

3. Методы генерации импульсов когерентного рентгеновского излучения и их применения.
4. Формула Келдыша для скорости ионизации в переменном лазерном поле и ее предельные случаи.
5. Надпороговая ионизация атомов в полях длинных и коротких лазерных импульсов.
6. Полуклассическая модель перерассеяния Коркума и ее использование для анализа энергетических и угловых распределений электронов в ионизационных процессах.
7. Полуклассическая модель перерассеяния Коркума и ее использование для анализа спектральных и частотно-временных характеристик процесса генерации высоких гармоник в газах.
8. Квантовомеханическое описание процесса генерации высоких гармоник в газах. Приближение сильного поля. Теория Левенштейна.
9. Неадиабатическое выстраивание и ориентация молекул ультракороткими лазерными импульсами и методы их зондирования.
10. Особенности процессов ионизации и генерации высоких гармоник в молекулярных газах.
11. «Короткие» и «длинные» траектории электронов и их роль в процессе генерации высоких гармоник в газах. «Атточирп» и синхронизация высоких гармоник.
12. Зависимость эффективности генерации высоких гармоник в газах от интенсивности и длины волны лазерного излучения.
13. Влияние поляризации и магнитного поля лазерного излучения на эффективность генерации высоких гармоник в газах.
14. Генерация и применения циркулярно-поляризованных рентгеновских импульсов.
15. Методы реализации фазового синхронизма и квазисинхронизма при генерации высоких гармоник в газах.
16. Использование предельно коротких лазерных импульсов для получения одиночного аттосекундного импульса. Роль фазы заполнения относительно огибающей лазерного импульса.
17. Принцип «поляризационного затвора» для получения одиночного аттосекундного импульса.
18. Принцип пространственной селекции одиночного аттосекундного импульса с помощью «аттосекундного маяка».
19. Режимы и физические механизмы генерации высоких гармоник при взаимодействии высокоинтенсивного лазерного излучения с поверхностью плотной плазмы.
20. Принцип метода RABBITT и его использование для измерения характеристик цуга аттосекундных импульсов.
21. Принцип действия аттосекундной стрик-камеры и ее применения.
22. Использование процессов при перерассеянии электронов на родительских ионах для исследования сверхбыстрых процессов в молекулах.
23. Методы исследования сверхбыстрых процессов в веществе с использованием аттосекундных импульсов.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка		Критерии оценивания
	Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено		творческий подход к решению нестандартных задач.
	Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
	Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
	Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Не зачтено	Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
	Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 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 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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

#### 5.3.2 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

##### Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) 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. Методы генерации импульсов когерентного рентгеновского излучения и их применения.
4. Формула Келдыша для скорости ионизации в переменном лазерном поле и ее предельные случаи.
5. Надпороговая ионизация атомов в полях длинных и коротких лазерных импульсов.
6. Полуклассическая модель перерасеяния Коркума и ее использование для анализа энергетических и угловых распределений электронов в ионизационных процессах.
7. Полуклассическая модель перерасеяния Коркума и ее использование для анализа спектральных и частотно-временных характеристик процесса генерации высоких гармоник в газах.
8. Квантовомеханическое описание процесса генерации высоких гармоник в газах. Приближение сильного поля. Теория Левенштейна.
9. Неадиабатическое выстраивание и ориентация молекул ультракороткими лазерными импульсами и методы их зондирования.
10. Особенности процессов ионизации и генерации высоких гармоник в молекулярных газах.
11. «Короткие» и «длинные» траектории электронов и их роль в процессе генерации высоких гармоник в газах. «Атточирп» и синхронизация высоких гармоник.
12. Зависимость эффективности генерации высоких гармоник в газах от интенсивности и

длины волны лазерного излучения.

13. Влияние поляризации и магнитного поля лазерного излучения на эффективность генерации высоких гармоник в газах.
14. Генерация и применения циркулярно-поляризованных рентгеновских импульсов.
15. Методы реализации фазового синхронизма и квазисинхронизма при генерации высоких гармоник в газах.
16. Использование предельно коротких лазерных импульсов для получения одиночного аттосекундного импульса. Роль фазы заполнения относительно огибающей лазерного импульса.
17. Принцип «поляризационного затвора» для получения одиночного аттосекундного импульса.
18. Принцип пространственной селекции одиночного аттосекундного импульса с помощью «аттосекундного маяка».
19. Режимы и физические механизмы генерации высоких гармоник при взаимодействии высокоинтенсивного лазерного излучения с поверхностью плотной плазмы.
20. Принцип метода RABBITT и его использование для измерения характеристик цуга аттосекундных импульсов.
21. Принцип действия аттосекундной стрик-камеры и ее применения.
22. Использование процессов при перерассеянии электронов на родительских ионах для исследования сверхбыстрых процессов в молекулах.
23. Методы исследования сверхбыстрых процессов в веществе с использованием аттосекундных импульсов.

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

1. Характерные временные и энергетические масштабы различных процессов в микромире.
2. Основные условия, необходимые для получения аттосекундных импульсов.
3. Методы генерации импульсов когерентного рентгеновского излучения и их применения.
4. Формула Келдыша для скорости ионизации в переменном лазерном поле и ее предельные случаи.
5. Надпороговая ионизация атомов в полях длинных и коротких лазерных импульсов.
6. Полуклассическая модель перерассеяния Коркума и ее использование для анализа энергетических и угловых распределений электронов в ионизационных процессах.
7. Полуклассическая модель перерассеяния Коркума и ее использование для анализа спектральных и частотно-временных характеристик процесса генерации высоких гармоник в газах.
8. Квантовомеханическое описание процесса генерации высоких гармоник в газах. Приближение сильного поля. Теория Левенштейна.
9. Неадиабатическое выстраивание и ориентация молекул ультракороткими лазерными импульсами и методы их зондирования.
10. Особенности процессов ионизации и генерации высоких гармоник в молекулярных газах.
11. «Короткие» и «длинные» траектории электронов и их роль в процессе генерации высоких гармоник в газах. «Атточирп» и синхронизация высоких гармоник.
12. Зависимость эффективности генерации высоких гармоник в газах от интенсивности и длины волны лазерного излучения.
13. Влияние поляризации и магнитного поля лазерного излучения на эффективность генерации высоких гармоник в газах.
14. Генерация и применения циркулярно-поляризованных рентгеновских импульсов.
15. Методы реализации фазового синхронизма и квазисинхронизма при генерации высоких гармоник в газах.

гармоник в газах.

16. Использование предельно коротких лазерных импульсов для получения одиночного аттосекундного импульса. Роль фазы заполнения относительно огибающей лазерного импульса.
17. Принцип «поляризационного затвора» для получения одиночного аттосекундного импульса.
18. Принцип пространственной селекции одиночного аттосекундного импульса с помощью «аттосекундного маяка».
19. Режимы и физические механизмы генерации высоких гармоник при взаимодействии высокоинтенсивного лазерного излучения с поверхностью плотной плазмы.
20. Принцип метода RABBITT и его использование для измерения характеристик цуга аттосекундных импульсов.
21. Принцип действия аттосекундной стрик-камеры и ее применения.
22. Использование процессов при перерассеянии электронов на родительских ионах для исследования сверхбыстрых процессов в молекулах.
23. Методы исследования сверхбыстрых процессов в веществе с использованием аттосекундных импульсов.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
	Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
	Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
	Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.

Оценка		Критерии оценивания
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Не зачтено	Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
	Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

### а) основная литература:

1. Н.Б. Делоне, В.П. Крайнов, Атом в сильном световом поле, М., Атомиздат, 1978, 288 с.; М., Энергоатомиздат, 1984, 224 с. – 3 экз.
2. П.Г. Крюков, Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики, М., Физматлит, 2008, 208 с. – 3 экз.
3. О. Звелто, Принципы лазеров, СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 4 экз.

### б) дополнительная литература:

1. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. М., 1999 – 2 экз.
2. Ильинский Ю.А., Келдыш Л.В. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. М., 1989. – 2 экз.
3. F. Krausz, M. Ivanov, Attosecond physics, Rev. Mod. Phys., v. 81, No. 1, pp. 163-234 (2009).
4. В.В. Стрелков, В.Т. Платоненко, А.Ф. Стержантов, М.Ю. Рябикин, Аттосекундные электромагнитные импульсы: генерация, измерение и применение. Генерация высоких гармоник интенсивного лазерного излучения для получения аттосекундных импульсов, УФН, т. 186, вып. 5, с. 449-470 (2016).

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

1. М.Ю. Емелин, М.Ю. Рябикин, Основы аттосекундной физики (электронное пособие), Учебн. пособие, Н. Новгород, ННГУ, 2014, 52 с. <http://www.unn.ru/pages/ranking/method/oaf.pdf>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. 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 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): М.Ю. Рябикин

Заведующий кафедрой: Господчиков Егор Дмитриевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.06.2022 г., протокол № 3.