

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**

Вещество в сильных электромагнитных полях

---

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 Б1.В.ДВ.04.01.02 «Вещество в сильных электромагнитных полях» относится к части ООП направления подготовки 03.04.02 Физика, 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	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 принципы генерации сверхсильных оптических полей, концепции построения фемтосекундных лазерных комплексов, физические процессы в задающих генераторах фемтосекундных импульсов, методы их усиления и компрессии, методы измерения длительности, амплитудно-частотного распределения поля внутри импульса, интенсивности и энергии сверхмощных импульсов, принципы получения аттосекундных импульсов и измерения их характеристик. Иметь представление о процессах в атомах, молекулах, плазме, ядрах и физическом вакууме в присутствии сверхсильных полей, об основных приложениях мощного оптического излучения в физике и биомедицине.  Уметь пользоваться теорией ионизации атома в сильном оптическом поле,	Собеседование	Собеседование

		<p>формулой Келдыша, ее обобщениями и предельными случаями, моделью Коркума для возвратных соударений электронов.</p> <p>Владеть навыками решения проблемных вопросов, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.</p>		
<p>ПК-2. Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики</p>	<p>ПК-2.1: Демонстрация способности самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики</p>	<p>ПК-2.1: Знать передовые теоретические концепции и достижения современной физики сильных полей</p> <p>Уметь описывать движение электрона в поле плоской электромагнитной волны произвольной амплитуды, взаимодействие мощных фемтосекундных импульсов с газами, плазмой и твердотельными мишенями.</p> <p>Владеть навыками решения проблемных вопросов, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.</p>	Собеседование	Собеседование

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	Очная
<b>Общая трудоемкость</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	<b>16</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>16</b>
- КСР	<b>2</b>
самостоятельная работа	<b>38</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</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 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
Введение	16	4	4	0	8	8
Генерация сверхсильных лазерных полей	18	4	4		8	10
Поведение вещества в сверхсильных полях	18	4	4		8	10
Приложения сверхсильных лазерных полей	18	4	4		8	10
Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	108	16	16	0	34	38

#### 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 (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.
- 2) Концепции построения фемтосекундных лазерных комплексов.
- 3) Синхронизация мод в фемтосекундных лазерах.
- 4) Генерация суперконтинуума
- 5) Методы компенсации дисперсии групповой скорости в резонаторах.
- 6) Описание генерации фемтосекундных лазеров модельным уравнением Гинзбурга-Ландау.
- 7) Усиление фемтосекундных лазерных импульсов.

- 8) Компрессия лазерных импульсов.
- 9) Методы измерения длительности, амплитудно-частотного распределения поля внутри импульса, интенсивности и энергии сверхмощных импульсов. Энергетический и амплитудный контраст.
- 10) Ионизация атома в сильном оптическом поле. Ионизация атома в адиабатическом приближении.
- 11) Генерация высоких гармоник оптического излучения и аттосекундных импульсов при ионизации атомов и молекул.
- 12) Модель Коркума для возвратных соударений электронов.
- 13) Движение электрона в поле плоской электромагнитной волны произвольной амплитуды.
- 14) Генерация кильватерной волны в плазме фемтосекундным лазерным импульсом.
- 15) Взаимодействие мощных фемтосекундных импульсов с твердотельными мишенями.
- 16) Ядерные процессы в присутствии сверхсильных полей.
- 17) Атмосферные приложения мощного фемтосекундного излучения.
- 18) Генерация когерентного рентгеновского излучения сверхкороткой длительности.
- 19) Диагностические приложения аттосекундных импульсов.
- 20) Биомедицинские приложения сверхсильных оптических полей.

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

- 1) Основные принципы генерации сверхсильных оптических полей.
- 2) Концепции построения фемтосекундных лазерных комплексов.
- 3) Синхронизация мод в фемтосекундных лазерах.
- 4) Генерация суперконтинуума
- 5) Методы компенсации дисперсии групповой скорости в резонаторах.
- 6) Описание генерации фемтосекундных лазеров модельным уравнением Гинзбурга-Ландау.
- 7) Усиление фемтосекундных лазерных импульсов.
- 8) Компрессия лазерных импульсов.
- 9) Методы измерения длительности, амплитудно-частотного распределения поля внутри импульса, интенсивности и энергии сверхмощных импульсов. Энергетический и амплитудный контраст.
- 10) Ионизация атома в сильном оптическом поле. Ионизация атома в адиабатическом приближении.
- 11) Генерация высоких гармоник оптического излучения и аттосекундных импульсов при ионизации атомов и молекул.
- 12) Модель Коркума для возвратных соударений электронов.
- 13) Движение электрона в поле плоской электромагнитной волны произвольной амплитуды.
- 14) Генерация кильватерной волны в плазме фемтосекундным лазерным импульсом.
- 15) Взаимодействие мощных фемтосекундных импульсов с твердотельными мишенями.
- 16) Ядерные процессы в присутствии сверхсильных полей.
- 17) Атмосферные приложения мощного фемтосекундного излучения.
- 18) Генерация когерентного рентгеновского излучения сверхкороткой длительности.
- 19) Диагностические приложения аттосекундных импульсов.
- 20) Биомедицинские приложения сверхсильных оптических полей.

## 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.
	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

Оценка		Критерии оценивания
		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 (индикатор 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 и. 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 детальным и 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

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

**Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

- 1) Основные принципы генерации сверхсильных оптических полей.
- 2) Концепции построения фемтосекундных лазерных комплексов.
- 3) Синхронизация мод в фемтосекундных лазерах.
- 4) Генерация суперконтинуума
- 5) Методы компенсации дисперсии групповой скорости в резонаторах.
- 6) Описание генерации фемтосекундных лазеров модельным уравнением Гинзбурга-Ландау.
- 7) Усиление фемтосекундных лазерных импульсов.
- 8) Компрессия лазерных импульсов.
- 9) Методы измерения длительности, амплитудно-частотного распределения поля внутри импульса, интенсивности и энергии сверхмощных импульсов. Энергетический и амплитудный контраст.
- 10) Ионизация атома в сильном оптическом поле. Ионизация атома в адиабатическом приближении.



- 11) Генерация высоких гармоник оптического излучения и аттосекундных импульсов при ионизации атомов и молекул.
- 12) Модель Коркума для возвратных соударений электронов.
- 13) Движение электрона в поле плоской электромагнитной волны произвольной амплитуды.
- 14) Генерация кильватерной волны в плазме фемтосекундным лазерным импульсом.
- 15) Взаимодействие мощных фемтосекундных импульсов с твердотельными мишенями.
- 16) Ядерные процессы в присутствии сверхсильных полей.
- 17) Атмосферные приложения мощного фемтосекундного излучения.
- 18) Генерация когерентного рентгеновского излучения сверхкороткой длительности.
- 19) Диагностические приложения аттосекундных импульсов.
- 20) Биомедицинские приложения сверхсильных оптических полей.

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

- 1) Основные принципы генерации сверхсильных оптических полей.
- 2) Концепции построения фемтосекундных лазерных комплексов.
- 3) Синхронизация мод в фемтосекундных лазерах.
- 4) Генерация суперконтинуума
- 5) Методы компенсации дисперсии групповой скорости в резонаторах.
- 6) Описание генерации фемтосекундных лазеров модельным уравнением Гинзбурга-Ландау.
- 7) Усиление фемтосекундных лазерных импульсов.
- 8) Компрессия лазерных импульсов.
- 9) Методы измерения длительности, амплитудно-частотного распределения поля внутри импульса, интенсивности и энергии сверхмощных импульсов. Энергетический и амплитудный контраст.
- 10) Ионизация атома в сильном оптическом поле. Ионизация атома в адиабатическом приближении.
- 11) Генерация высоких гармоник оптического излучения и аттосекундных импульсов при ионизации атомов и молекул.
- 12) Модель Коркума для возвратных соударений электронов.
- 13) Движение электрона в поле плоской электромагнитной волны произвольной амплитуды.
- 14) Генерация кильватерной волны в плазме фемтосекундным лазерным импульсом.
- 15) Взаимодействие мощных фемтосекундных импульсов с твердотельными мишенями.
- 16) Ядерные процессы в присутствии сверхсильных полей.
- 17) Атмосферные приложения мощного фемтосекундного излучения.
- 18) Генерация когерентного рентгеновского излучения сверхкороткой длительности.
- 19) Диагностические приложения аттосекундных импульсов.
- 20) Биомедицинские приложения сверхсильных оптических полей.

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

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
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

Оценка	Критерии оценивания
	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.
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., Энергиатомиздат, 1978, 1984. – 224 с. -5 экз.

- 2) Экстремальные состояния вещества [Электронный ресурс] / Фортов В.Е. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111041.html>
- 3) Лекции по физике экстремальных состояний вещества [Электронный ресурс] / В.Е. Фортов. - Вып. 1. - М. : Издательский дом МЭИ, 2013. - (Серия "Высшая школа физики".) - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008751.html>
- 4) Ландау Л., Лифшиц Е - Теория поля. - М. ; Л.: Гостехиздат, 1948. - 364 с. – 4 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) М.Ю. Рябикин. «Ионизационные процессы в газах в интенсивном лазерном поле», Н. Новгород, ИПФ РАН, 2011. (Деканат ВШОПФ) – 5 экз.
- 2) О. Звелто. «Принципы лазеров», М., Мир, 1984, 1990, 2008. -395 с. -4 экз.
- 3) Н.Б. Делоне. «Взаимодействие лазерного излучения с веществом», М.: Наука, 1989. -277 с. - 2 экз.
- 4) Ю.А. Ильинский, Л.В. Келдыш. «Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом», М.: МГУ, 1989. -299 с. -2 экз.

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

- 1) Проект «Международный центр исследований экстремальных световых полей (ЦИЭС)» <http://www.xcels.iapras.ru/>
- 2) М.Ю. Емелин, М.Ю. Рябикин, Основы аттосекундной физики (электронное пособие), Учебное 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.