

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Линейные и нелинейные волновые процессы в плазме

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы  
Общая и прикладная физика

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.01 Линейные и нелинейные волновые процессы в плазме 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 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 современные методы анализа, синтеза и обработки физической информации в области волновых процессов в плазме. Уметь использовать современные методы анализа, синтеза и обработки физической информации в области волновых процессов в плазме с целью проведения плазменных исследований. Владеть навыками современных методов анализа, синтеза и обработки физической информации в области волновых процессов в плазме.	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
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 теорию линейных и нелинейных волновых процессов в плазме в комплексе с основами курсов теоретической физики, на которых базируется физика плазмы. Уметь пользоваться основными уравнениями теории линейных и нелинейных волновых процессов для описания волновых эффектов в плазме. Владеть навыками решения задач описания линейных и	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

		нелинейных волновых процессов в плазме.		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>42</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 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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Волны в магнитоактивной плазме	14	4	4	8	6
Тема 2. Магнитная гидродинамика	14	4	4	8	6
Тема 3. Процессы переноса в магнитном поле	14	4	4	8	6
Тема 4. Динамика плазмы в ВЧ полях	14	4	4	8	6
Тема 5. Самовоздействие плоских волн в плазме	14	4	4	8	6
Тема 6. Нелинейное взаимодействие волн в плазме	18	6	6	12	6
Тема 7. Самофокусировка квазиоптических волновых пучков	18	6	6	12	6
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

## Содержание разделов и тем дисциплины

- Тема 1. Волны в магнитоактивной плазме
- Тема 2. Магнитная гидродинамика
- Тема 3. Процессы переноса в магнитном поле
- Тема 4. Динамика плазмы в ВЧ полях
- Тема 5. Самовоздействие плоских волн в плазме
- Тема 6. Нелинейное взаимодействие волн в плазме
- Тема 7. Самофокусировка квазиоптических волновых пучков

### 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.

а) основная литература:

- 1) Б.Б. Кадомцев. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988. -304 с. -13 экз.
- 2) В.Л. Гинзбург. Теоретическая физика и астрофизика. М.: Наука, 1987,1981,1979. -450с. - 11 экз.
- 3) А.Ф.Александров, Л.С. Богданкевич, А.А. Рухадзе. Основы электродинамики плазмы. М.: Высшая школа,1989.- 407с.— 9 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Л.А. Арцимович, Р.З. Сагдеев. Физика плазмы для физиков. Атомиздат, 1979. -317 с. -6 экз.
- 2) Н. Кролл, А. Трайвелпис. Основы физики плазмы. М.: Мир, 1975. -526 с. -3 экз.
- 3) В.Е. Голант, А.П. Жилинский, А.С. Сахаров. Основы физики плазмы. Атомиздат, 1977. - 384 с. -6 экз.

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

- 1) Physics of Plasmas <http://phys.org/journals/physics-of-plasmas/>
- 2) Поступаев В.В. Магнитное удержание плазмы. Токамак.  
[http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl-postupaev/Plasma\\_2011\\_part\\_11.pdf](http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl-postupaev/Plasma_2011_part_11.pdf)

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

Задача 2.1 При помощи метода Гамильтона – Якоби получить соотношения геометрической модели самофокусировки.

Задача 2.2 Проанализировать эффект рассеяния излучения на заряженной «шубе», обусловленной взаимной корреляцией положений заряженных частиц в плазме.

Задача 2.3 Получить соотношения Мэнли-Роу.

Задача 3.1 Рассчитать тензор диэлектрической проницаемости холодной магнитоактивной плазмы.

Задача 3.2 Найти условия реализации квазиэлектростатических мод и построить дисперсионную кривую для ВГР мод.

Задача 3.3 Исследовать самофокусировочную неустойчивость плоского волнового фронта.

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

Задача 2.1 При помощи метода Гамильтона – Якоби получить соотношения геометрооптической модели самофокусировки.

Задача 2.2 Проанализировать эффект рассеяния излучения на заряженной «шубе», обусловленной взаимной корреляцией положений заряженных частиц в плазме.

Задача 2.3 Получить соотношения Мэнли-Роу.

Задача 3.1 Рассчитать тензор диэлектрической проницаемости холодной магнитоактивной плазмы.

Задача 3.2 Найти условия реализации квазиэлектростатических мод и построить дисперсионную кривую для ВГР мод.

Задача 3.3 Исследовать самофокусировочную неустойчивость плоского волнового фронта.

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

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 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.

Оценка	Критерии оценивания
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.

## 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 и. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие	При решении	Продемонс	Продемонс	Продемонс	Продемонс	Продемонс

	минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	трированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	трированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	трированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	трированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	трированы 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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	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

Задача 2.1 При помощи метода Гамильтона – Якоби получить соотношения геометрооптической модели самофокусировки.

Задача 2.2 Проанализировать эффект рассеяния излучения на заряженной «шубе», обусловленной взаимной корреляцией положений заряженных частиц в плазме.

Задача 2.3 Получить соотношения Мэнли-Роу.

Задача 3.1 Рассчитать тензор диэлектрической проницаемости холодной магнитоактивной плазмы.

Задача 3.2 Найти условия реализации квазиэлектростатических мод и построить дисперсионную кривую для ВГР мод.

Задача 3.3 Исследовать самофокусировочную неустойчивость плоского волнового фронта.

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

Задача 2.1 При помощи метода Гамильтона – Якоби получить соотношения геометрооптической модели самофокусировки.

Задача 2.2 Проанализировать эффект рассеяния излучения на заряженной «шубе», обусловленной взаимной корреляцией положений заряженных частиц в плазме.

Задача 2.3 Получить соотношения Мэнли-Роу.

Задача 3.1 Рассчитать тензор диэлектрической проницаемости холодной магнитоактивной плазмы.

Задача 3.2 Найти условия реализации квазиэлектростатических мод и построить дисперсионную кривую для ВГР мод.

Задача 3.3 Исследовать самофокусировочную неустойчивость плоского волнового фронта.

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

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 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



Оценка	Критерии оценивания
	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.

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

1. Волны в магнитоактивной плазме
2. Магнитная гидродинамика
3. Процессы переноса в магнитном поле
4. Динамика плазмы в ВЧ полях
5. Самовоздействие плоских волн в плазме
6. Нелинейное взаимодействие волн в плазме

7. Самофокусировка квазиоптических волновых пучков

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

1. Волны в магнитоактивной плазме
2. Магнитная гидродинамика
3. Процессы переноса в магнитном поле
4. Динамика плазмы в ВЧ полях
5. Самовоздействие плоских волн в плазме
6. Нелинейное взаимодействие волн в плазме
7. Самофокусировка квазиоптических волновых пучков

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

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 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

Оценка	Критерии оценивания
	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)

Основная литература:

1. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1988. - 304 с. - 3.10., 12 экз.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Теоретическая физика и астрофизика : доп. гл. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1987. - 486, [1] с. : ил. - 5.50., 1 экз.
3. Александров Андрей Федорович. Основы электродинамики плазмы : [учеб. для физ. специальностей ун-тов] / под ред. А. А. Рухадзе. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1988. - 423, [1] с. : граф. - ISBN 5-06-001404-5 (в пер.) : 1.20., 12 экз.

Дополнительная литература:

1. Арцимович Лев Андреевич. Физика плазмы для физиков. - М. : Атомиздат, 1979. - 317 с. : ил. - 2.00., 6 экз.
2. Кролл Н. Основы физики плазмы / пер. с англ. Л. А. Большова, Ю. А. Дрейзина ; под ред. А. М. Дыхне. - М. : Мир, 1975. - 526 с. - 52.00., 8 экз.
3. Голант Виктор Евгеньевич. Основы физики плазмы. - М. : Атомиздат, 1977. - 384 с. - 2.72., 4 экз.

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

- 1) Physics of Plasmas <http://phys.org/journals/physics-of-plasmas/>
- 2) Поступаев В.В. Магнитное удержание плазмы. Токамак.  
[http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl-postupaev/Plasma\\_2011\\_part\\_11.pdf](http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl-postupaev/Plasma_2011_part_11.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: 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.

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 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Стародубцев Михаил Викторович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 07.02.2024, протокол № 4.