

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**Высшая школа общей и прикладной физики**

(факультет)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ВШОПФ \_\_\_\_\_ К.И. Рыбаков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

### **Основы кинетики и электродинамики плазмы**

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

Направленность образовательной программы

профиль: Фундаментальная физика

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Нижегород

2017

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы кинетики и электродинамики плазмы» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП. Дисциплина является дисциплиной по выбору, осваиваемая в восьмом семестре четвертого года обучения в бакалавриате.

**Целями освоения дисциплины являются:**

- формирование у студентов современного представления об основных методах кинетики и электродинамики плазмы;
- освоение студентами методов теоретического расчета кинетических и электродинамических свойств плазмы;
- формирование у студентов в ходе лекционных, практических и семинарских занятий понимания неразрывной связи теории плазмы с методами теоретической физики;
- формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<b>ПК-2</b> способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (этап освоения – завершающий)	<i>У1 (ПК-2) Уметь</i> применять полученные знания при проведении научных исследований в области кинетики и электродинамики плазмы. <i>В1 (ПК-2) Владеть</i> методами исследования кинетических и электродинамических свойств плазмы.
<b>ПК-3</b> готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (этап освоения – завершающий)	<i>З2 (ПК-3) Знать</i> теорию кинетики и электродинамики невырожденной плазмы в комплексе с основами курсов теоретической физики, на которых базируется физика плазмы. <i>У2 (ПК-3) Уметь</i> пользоваться основными уравнениями кинетики и электродинамики невырожденной плазмы для описания физических процессов в плазме. <i>В2 (ПК-3) Владеть</i> навыками решения задач кинетики и электродинамики невырожденной плазмы.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 74 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов подготовка и сдача экзамена, 34 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

## Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Общие сведения о плазме	9	3	3		6	3
Тема 2. Столкновения в плазме	9	3	3		6	3
Тема 3. Кинетические уравнения для плазмы	9	3	3		6	3
Тема 4. Гидродинамическое описание плазмы	9	3	3		6	3
Тема 5. Процессы переноса в плазме	9	3	3		6	3
Тема 6. Уравнения электромагнитного поля в среде с временной и пространственной дисперсией	9	3	3		6	3
Тема 7. Волны в изотропной плазме	9	3	3		6	3
Тема 8. Кинетическая теория плазменных волн	9	3	3		6	3
Тема 9. Электромагнитные волны в неоднородной изотропной плазме	9	3	3		6	3
Тема 10. Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой	9	3	3		6	3
Тема 11. Квазилинейная теория	16	6	6		12	4
в т.ч.текущий контроль			4			
Промежуточная аттестация – Экзамен					2	36

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

## 4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме лекций и практических занятий, а также в виде коллективных и индивидуальных консультаций. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде лекций с проблемным изложением материала. На занятиях практического типа разбираются решения задач различной степени сложности, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних контрольных работ и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является зачеты экзаменов, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних контрольных работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

**Типовые задачи**, предлагаемые студентам в качестве домашних контрольных работ:

### Задача 1.

Найти сечение ионизации атома в квазиклассическом пределе.

### Задача 2

Найти выражение для проводимости столкновительной плазмы в приближении БГК

### Задача 3

Найти условия применимости метода Ландау для расчета поглощения волн при конечной частоте соударений

### Задача 4

Найти асимптотику решения уравнения:

$$\frac{d^2 H}{dz^2} - \frac{1}{z} \frac{dH}{dz} - \left( \frac{\alpha \omega^2}{c^2} z + \kappa^2 \right) H = 0$$

вблизи особой точки.

## **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,** включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы в том числе сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»		«зачет»				
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Знать основные законы и модели кинетики и электродинамики классической плазмы.	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей

<u>Умения</u> Уметь пользоваться законами и моделями кинетики и электродинамики классической плазмы для описания плазменных систем.	Полное отсутствие умения использовать основные законы и модели кинетики и электродинамики классической плазмы для решения задач	Использование основных законов и моделей кинетики и электродинамики классической плазмы лишь с грубыми ошибками.	Умение использовать основные законы и модели кинетики и электродинамики классической плазмы для решения стандартных задач с негрубыми ошибками	Умение использовать основные законы и модели кинетики и электродинамики классической плазмы для решения стандартных задач с несущественными погрешностями	Умение использовать основные законы и модели кинетики и электродинамики классической плазмы для решения стандартных задач с неточностями, не влияющими на корректность результата.	Умение использовать основные законы и модели кинетики и электродинамики классической плазмы для решения задач повышенной сложности с неточностями, не влияющими на корректность результата.	Умение использовать основные законы и модели кинетики и электродинамики классической плазмы для решения задач повышенной сложности
<u>Навыки</u> Владеть навыками анализа кинетических и электродинамических процессов в классической плазме.	Полное отсутствие соответствующих навыков.	Демонстрация навыка анализа кинетических и электродинамических процессов в классической плазме лишь с грубыми ошибками.	Владение навыками анализа кинетических и электродинамических процессов в классической плазме с негрубыми ошибками	Владение навыками анализа кинетических и электродинамических процессов в классической плазме с неточностями, не влияющими на качественную картину процессов.	Владение навыками анализа кинетических и электродинамических процессов в классической плазме с незначительными погрешностями	Владение навыками анализа кинетических и электродинамических процессов в классической плазме в нестандартных ситуациях с незначительными погрешностями	Владение навыками анализа кинетических и электродинамических процессов в классической плазме в нестандартных ситуациях.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-3: – готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»		«зачет»				
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»

<u>Знания</u> Знать основные характеристики кинетических и электродинамических процессов в плазме.	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без каких-либо ошибок и погрешностей
<u>Умения</u> Уметь качественно анализировать кинетические и электродинамические процессы в плазме.	Полное отсутствие способности качественно анализировать кинетические и электродинамические процессы в плазме	Качественный анализ кинетических и электродинамических процессов в плазме лишь с грубыми ошибками.	Качественный анализ кинетических и электродинамических процессов в плазме для стандартных ситуаций с негрубыми ошибками	Качественный анализ кинетических и электродинамических процессов в плазме для стандартных ситуаций с несущественными погрешностями	Качественный анализ кинетических и электродинамических процессов в плазме для стандартных ситуаций с неточностями, не влияющими на корректность результата.	Качественный анализ кинетических и электродинамических процессов в плазме для нестандартных ситуаций с неточностями, не влияющими на корректность результата.	Качественный анализ кинетических и электродинамических процессов в плазме для нестандартных ситуаций
<u>Навыки</u> Владеть навыками оценки параметров кинетических и электродинамических процессов в классической плазме.	Полное отсутствие соответствующих навыков.	Демонстрация навыка оценки параметров кинетических и электродинамических процессов в классической плазме лишь с грубыми ошибками.	Владение навыками оценки параметров кинетических и электродинамических процессов в классической плазме в стандартных ситуациях с негрубыми ошибками	Владение навыками оценки параметров кинетических и электродинамических процессов в классической плазме в стандартных ситуациях с неточностями, не влияющими на порядок параметров.	Владение навыками оценки параметров кинетических и электродинамических процессов в классической плазме в стандартных ситуациях с незначительными погрешностями	Владение навыками оценки параметров кинетических и электродинамических процессов в классической плазме в нестандартных ситуациях с незначительными погрешностями	Владение навыками оценки параметров кинетических и электродинамических процессов в классической плазме в нестандартных ситуациях.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение двух задач по различным разделам курса.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уверенно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на допол-



	<p>нительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

**Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:**

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

**Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:**

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапно-

го решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

- 1) Общие сведения о плазме
- 2) Столкновения в плазме
- 3) Кинетические уравнения для плазмы
- 4) Гидродинамическое описание плазмы
- 5) Процессы переноса в плазме
- 6) Уравнения электромагнитного поля в среде с временной и пространственной дисперсией
- 7) Волны в изотропной плазме
- 8) Кинетическая теория плазменных волн
- 9) Электромагнитные волны в неоднородной изотропной плазме
- 10) Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой
- 11) Квазилинейная теория

**Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

Для оценки сформированности компетенции ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы в том числе сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта:

Задача 1.1 Построить ВКБ решение для наклонного падения ТЕ волны на плоский слой.

Задача 1.2 Качественно оценить эффективность возбуждения плазменных колебаний для наклонного падения ТМ волны на плоский слой.

Задача 1.3 Найти транспортную частоту для кулоновских соударений.

Для оценки сформированности компетенции ПК-3: – готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований:

Задача 2.1 В рамках реалистической модели слабоионизованной плазмы оценить коэффициент диффузии и подвижность.

Задача 2.2 Оценить теплопроводность слабоионизованной плазмы.

Задача 2.3 Определить коэффициент прохождения ТЕМ волны через слой слабоионизованной плазмы.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной атте-

станции обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы кинетики и электродинамики плазмы»**

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) *В.Е. Голант, А.П. Жилинский, А.С. Сахаров.* Основы физики плазмы. Атомиздат, 1977. -384 с. – 6экз. — Режим доступа: ЭБС «Лань»  
<https://e.lanbook.com/book/1550> (2011, 448 с.)
- 2) *Н. Кролл, А. Трайвелтис.* Основы физики плазмы. М.: Мир, 1975.-526 с. -3 экз.
- 3) *Л.А. Арцимович, Р.З. Сагдеев.* Физика плазмы для физиков. Атомиздат, 1979. - 317 с. -6 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Physics of Plasmas <http://phys.org/journals/physics-of-plasmas/>
- 2) ИЯФ им Г.И.Будкера, Поступаев В.В. Магнитное удержание плазмы. Токамак. (58 с.) [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)

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

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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Авторы

\_\_\_\_\_

М.Д. Токман

\_\_\_\_\_

В.А. Миронов

Рецензент

\_\_\_\_\_

А.Г. Шалашов

Программа одобрена на заседании методической комиссии факультета «Высшая школа общей и прикладной физики»

от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_ А.М. Фейгин