

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Электродинамика плазмы

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Электромагнитные волны в средах

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 Электродинамика плазмы относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p>ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p>	<p>ПК-1.1: Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности; Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности; Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>ПК-1.2: Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных; Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема; Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</p>	Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен выполнять теоретические и	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области	ПК-2.1: Знать: современное состояние исследований,	Тест	Экзамен:

экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	<p>физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности; Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики; Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать: современные подходы к моделированию различных явлений; Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования; Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: основные принципы организации научного исследования; Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах; Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности; Уметь: анализировать полученные данные, формулировать</p>	Контрольные вопросы
--	---	--	---------------------

		выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики; Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи		
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	<p>ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации;</p> <p>Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях;</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций.</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР;</p> <p>Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты;</p> <p>Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом.</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР;</p> <p>Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР;</p> <p>Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР.</p>	Тест	Экзамен: Задания

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	29
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Введение	6	4		4	2
Классификация нелинейных волновых процессов. «Быстрые» и «медленные» нелинейности	20	10		10	10
Нелинейное взаимодействие волн и частиц	16	8		8	8
Нелинейности, обусловленные деформацией пространственного распределения плотности плазмы	19	10		10	9
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение.

Плазма в природе и в научной лаборатории. История развития исследований по физике плазмы.

Актуальность предмета.

Раздел 2. Классификация нелинейных волновых процессов. «Быстрые» и «медленные» нелинейности.

2.1. Сильно ангармонические и квазигармонические волны большой амплитуды.

2.2. Нелинейные ионно-звуковые волны в изотропной плазме. Простая волна. Стационарная волна. Ионно-звуковой солитон.

Раздел 3. Нелинейное взаимодействие волн и частиц.

3.1. Деформация функции распределения по скоростям в окрестности точки синхронизма электронов с волной. Решение кинетического уравнения методом интегрирования по траекториям.

3.2. Энергообмен между волной и захваченными ею частицами. Затухание продольной волны большой амплитуды. Нелинейные режимы пучковой неустойчивости.

3.3. Квазилинейная теория затухания набора волн со случайной фазой. Уравнение диффузии в пространстве скоростей.

Раздел 4. Нелинейности, обусловленные деформацией пространственного распределения плотности плазмы.

4.1. Усредненная пондеромоторная сила, действующая на плазму в переменном электромагнитном поле, и обусловленная ею «стрикционная» нелинейность.

4.2. Самофокусировка волнового пучка и самофокусировочная неустойчивость плоской волны в плазме.

4.3. Модуляционная неустойчивость. Ленгмюровские солитоны и ленгмюровский коллапс.

4.4. Тепловые и ионизационные нелинейности. Уравнения баланса частиц и тепла в сильном переменном поле. Свободная и амбиполярная диффузия.

4.5. Динамика микроволнового и оптического разрядов. Основные типы ионизационных неустойчивостей.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Александров А. Ф., Богданкевич Л. С., Рухадзе А. А. - Основы электродинамики плазмы: [учеб. пособие для физ. и инж.-физ. спец. вузов]. - М.: Высшая школа, 1978. - 407 с.

2. Голант, В.Е. Основы физики плазмы. [Электронный ресурс] / В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 448 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1550> — Загл. с экрана.

3. Ландау, Л.Д. Теретическая физика. Т.Х. Физическая кинетика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2002. — 536 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2692> — Загл. с экрана.

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 - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Зависимость концентрации электронов от потенциала в области нелинейности в плазме подчиняется:

- а) больцмановскому распределению;
- б) распределению Гаусса;
- в) однородному распределению.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Что НЕ верно для медленных (усредненных) нелинейностей

- а) они проявляются за большое число периодов;
- б) они связаны с деформациями функции распределения;
- в) данные нелинейности существенны за малую долю периода колебаний.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Какой механизм рождения зарядов в объеме газового разряда характеризуется ионизацией невозбужденных атомов и молекул ударами электронов?

- а) ассоциативная ионизация;
- б) ионизация электронным ударом;
- в) фотоионизация

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены негрубые ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач.
не зачтено	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.

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 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 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 с указанием критериев их оценивания:

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

1. Границы применимости линейной теории затухания Ландау. Колебания захваченных частиц в системе отсчета, связанной с волной.
2. Решение кинетического уравнения в окрестности точки синхронизма методом интегрирования по траекториям.
3. Образование плато на функции распределения; прекращение энергообмена частиц с волной.

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

1. Нелинейная ионно-звуковая волна. Приближение квазинейтральности; простая волна, образование разрыва.
2. Стационарная ионно-звуковая волна. Ионно-звуковой солитон.
3. Нелинейные режимы пучковой неустойчивости.

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

Оценка	Критерии оценивания
	задачи с отдельными несущественным 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.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по итогам выполнения экзаменационного задания.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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
	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 несущественным 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)

Основная литература:

1. Александров Андрей Фёдорович. Основы электродинамики плазмы : [учеб. пособие для физ. и инж.-физ. спец. вузов] / под ред. А. А. Рухадзе. - М. : Высшая школа, 1978. - 407 с. : ил. - 1.20., 8 экз.

2. Голант В. Е. Основы физики плазмы : учеб. пособие. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 448 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1198-6 : 802.56., 1 экз.
3. Ландау Лев Давыдович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 10 : Физическая кинетика / под ред. Л. П. Питаевского. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2001. - 536 с. - ISBN 5-9221-0125-0 (т. 10). - ISBN 5-9221-0053-X : 167.00., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Электродинамика плазмы / под ред. Ахиезера А. И. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974. - 719 с. - 3.05., 9 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. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1988. - 304 с. - 3.10., 12 экз.

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

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);
2. Acrobat Professional 11.0 (номера лицензий: 65195558, 6 шт.);
3. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):
<http://e.lanbook.com/>;
<http://www.biblioclub.ru>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Гильденбург Владимир Борисович, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензент(ы): Гавриленко Владимир Георгиевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Кудрин Александр Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 6/24.