

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
(факультет / институт / филиал)

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

Рабочая программа дисциплины

Электродинамика плазмы
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 радиофизика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Квантовая радиофизика и лазерная физика
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|------------|---|---|
| 2 | Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02, <i>электродинамика плазмы</i> относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 <i>радиофизика</i> , 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** | |
| ПК-1. Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники при решении задач своей профессиональной деятельности | 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 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 | Знать: современные проблемы и новейшие достижения теории электромагнитных волновых процессов в плазме Уметь: использовать полученные знания при решении научно-исследовательских задач электродинамики плазмы | <i>Собеседование, тест</i> |
| ПК-2. Способен выполнять | ПК-2.1. Анализирует современное | Знать: основные разделы нелинейной электродинамики | <i>Собеседование, тест</i> |

| | | | |
|---|---|--|--|
| теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники и оформлять их результаты | состояние исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники | плазмы, а также методы описания нелинейных волновых процессов Уметь: анализировать физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач электродинамики плазмы | |
|---|---|--|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|---------------------------|-----------------------------|
| | очная форма обучения |
| Общая трудоемкость | 3 ЗЕТ |

| | |
|--|------------|
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| самостоятельная работа | 29 |
| КСР | 2 |
| Промежуточная аттестация – экзамен/зачет | 45 |

3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе | | |
|--|--------------|--|-------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Всего | |
| | Очное | Очное | Очное | Очное |
| Введение | 9 | 4 | 4 | 5 |
| Классификация нелинейных волновых процессов. «Быстрые» и «медленные» нелинейности | 17 | 9 | 9 | 8 |
| Нелинейное взаимодействие волн и частиц | 17 | 9 | 9 | 8 |
| Нелинейности, обусловленные деформацией пространственного распределения плотности плазмы | 17 | 9 | 9 | 8 |
| В т.ч. текущий контроль | 2 | 2 | 2 | |
| Промежуточная аттестация – Экзамен - 45 | | | | |

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

Для реализации компетентного подхода и стимулирования самостоятельной работы обучающихся предусмотрено проведение интерактивных форм занятий в виде семинаров по современным проблемам радиофизики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Еженедельно текст каждой прочитанной лекции предлагается студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности 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, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. |

| | | | | | | | |
|---------------|--|---|---|--|--|--|---|
| | вследствие отказа обучающегося от ответа | Имели место грубые ошибки. | негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. | негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. 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 | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|-------------------|----------------------------|---|
| | 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 |
| зачтено | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

| Вопрос | Код компетенции (согласно РПД) |
|---|-----------------------------------|
| 1. Нелинейная ионно-звуковая волна. Приближение квазинейтральности; простая волна, образование разрыва. | ПК-2 |
| 2. Стационарная ионно-звуковая волна. Ионно-звуковой солитон. | ПК-2 |
| 3. Границы применимости линейной теории затухания Ландау. Колебания захваченных частиц в системе отсчета, связанной с волной. | ПК-1 |
| 4. Решение кинетического уравнения в окрестности точки синхронизма методом интегрирования по траекториям. | ПК-1 |
| 5. Образование плато на функции распределения; прекращение энергообмена частиц с волной. | ПК-1 |
| 6. Нелинейные режимы пучковой неустойчивости. | ПК-2 |
| 7. Уравнения квазилинейной теории затухания продольной волны. Диффузия частиц в пространстве скоростей. | ПК-2 |
| 8. Выражение для усредненной пондеромоторной силы, действующей на плазму в переменном электромагнитном поле. | ПК-2 |
| 9. Стационарные состояния и динамика плазмы в присутствии усредненной пондеромоторной силы переменного поля. | ПК-2 |
| 10. Качественное объяснение эффекта стрикционной (пондеромоторной) самофокусировки волнового пучка в плазме. | ПК-2 |
| 11. Стоячий и бегущий ленгмюровские солитоны. | ПК-1 |
| 12. Уравнения баланса тепла и частиц при наличии процессов нагрева и ионизации в сильном переменном поле. | ПК-1 |
| 13. Свободная и амбиполярная диффузия частиц. | ПК-1 |
| 14. Ионизация электронным ударом, туннельная и многофотонная ионизация атомов при оптическом пробое. | ПК-1 |

5.2.3. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции «ПК-1»

1. Зависимость концентрации электронов от потенциала в области нелинейности в плазме подчиняется:
 - а) бoльцмановскому распределению;
 - б) распределению Гаусса;
 - в) однородному распределению.

5.2.4. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции «ПК-2»

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

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

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. – 12 экз.
2. Голант, В.Е. Основы физики плазмы. [Электронный ресурс] / В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2021. — 448 с. — <https://e.lanbook.com/book/167879>
3. Гинзбург В. Л. - Распространение электромагнитных волн в плазме. - М.: Наука, 1967. - 683 с. Всего – 95 экз.
4. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.Х. Физическая кинетика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. —М. : Физматлит, 2001. — 536 с. – 3 экз.

б) дополнительная литература:

1. Электродинамика плазмы./Ахиезер А. И., Ахиезер И. А., Половин Р. В., Ситенко А. Г., Степанов К. Н. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974. - 719 с. – 9 экз.
2. Кролл Н., Трайвелипис А - Основы физики плазмы. - М.: Мир, 1975. - 526 с. – 8 экз.
1. Кадомцев Б. Б. - Коллективные явления в плазме. - М.: Наука, 1988. - 304 с. – 13 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 918.

Автор (ы) д.ф.-м.н. профессор Гильденбург В.Б.

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н. профессор Кудрин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.