

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
президиумом
Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Электромагнитные волны в плазме

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
Направление подготовки: 03.03.03. Радиофизика

Направленность образовательной программы
Радиофизика и электроника

Квалификация (степень)
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород

2022

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электромагнитные волны в плазме» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика».

Дисциплина изучается на третьем курсе бакалавриата, в 6-ом семестре. Программа лекционного курса опирается на знания, которые студенты должны иметь в результате изучения модулей «Общая физика» (дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика») и «Математика» (дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Аналитическая геометрия», «Векторный и тензорный анализ»), модуля «Методы математической физики» из базовой части математического и естественно-научного цикла, а также дисциплины «Электродинамика» из базовой части профессионального цикла.

Целью освоения дисциплины «Электромагнитные волны в плазме» является получение основ знаний о свойствах электромагнитных волн в плазме и других диспергирующих средах, о закономерностях распространения электромагнитных волн в однородной плазме.

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

| Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|--|--|
| <i>ОПК-2:</i> способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (этап освоения - базовый) | Знать основы теории распространения электромагнитных волн в однородной плазме; возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области теории распространения электромагнитных волн в однородной плазме. Уметь использовать современные образовательные и информационные технологии для решения конкретных задач в области теории распространения электромагнитных волн в однородной плазме Владеть методами использования современных образовательных и информационных технологий для решения задач теории распространения электромагнитных волн в однородной плазме. |

| | |
|--|---|
| <p>ПК-1:</p> <p>способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>(этап освоения - базовый)</p> | <p>Знать основы основные положения теории распространения электромагнитных волн в плазме, используемые в радиоэлектронном оборудовании для получения информации об окружающей среде и осуществления телекоммуникаций.</p> <p>Уметь: анализировать физические аспекты теории и возможности ее использования в рамках простейших моделей, распространения электромагнитных волн в плазме.</p> |
|--|---|

3. Структура и содержание дисциплины «Электромагнитные волны в плазме»

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятий семинарского типа и 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 75 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

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 | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Консультации | Всего | |
| | Очная | Очная | Очная | Очная | Очная | Очная | Очная |
| 1. Введение. | 4 | | 2 | | | 2 | 2 |
| 2. Основы электродинамики диспергирующих сред. | 26 | | 6 | | | 6 | 20 |
| 3. Модели описания плазмы.. | 30 | | 8 | | | 8 | 22 |
| 4. Волны в изотропной плазме. | 18 | | 6 | | | 6 | 12 |
| 5. Волны в магнитоактивной плазме. | 30 | | 10 | | | 10 | 20 |
| Итого | 108 | | 32 | | | 32 | 76 |
| Мероприятия промежуточной аттестации - Зачет | | | | | | | |

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение.

Что такое плазма. Параметры плазмы. Основные свойства плазмы: квазинейтральность, дебаевское экранирование, коллективные процессы. Плазменный параметр.

Раздел 2. Основы электродинамики диспергирующих сред.

Уравнения электромагнитного поля в среде. Тензоры комплексной проводимости и диэлектрической проницаемости. Энергия электромагнитного поля в среде. Дисперсионное уравнение для электромагнитных волн в среде. Начальная и граничная задачи. Показатель преломления. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорости. Уравнение переноса энергии волны.

Раздел 3. Модели описания плазмы.

Модель движения отдельных частиц. Движение заряженных частиц в электрическом и постоянном однородном магнитном полях. Тензор диэлектрической проницаемости. Магнитогидродинамическое описание плазмы. Вмороженность магнитного поля в проводящую среду. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем. Квазигидродинамическое описание плазмы. Столкновения в плазме. Интеграл упругих столкновений Больцмана.

Раздел 4. Волны в изотропной плазме.

Диэлектрическая проницаемость изотропной плазмы в квазигидродинамическом приближении. Поперечные волны в изотропной плазме. Продольные плазменные (ленгмюровские) волны. Низкочастотные продольные (ионно-звуковые и ионные ленгмюровские) волны. Диэлектрическая проницаемость изотропной плазмы, вывод с помощью кинетического уравнения. Затухание Ландау.

Раздел 5. Волны в магнитоактивной плазме.

Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме. Обыкновенная и необыкновенная волны. Продольное и поперечное распространение. Случай распространения под произвольным углом к магнитному полю. Квазипродольное и

квазипоперечное распространение. Продольные волны в магнитоактивной плазме. Свистящие атмосферерики. Учет влияния ионов на свойства продольных волн в магнитоактивной плазме. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме, магнитогидродинамическое рассмотрение.

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «Электромагнитные волны в плазме» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций) и самостоятельная работа студента. Для реализации компетентностного 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.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

1. Виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях.
2. Порядок контроля выполнения самостоятельной работы:
 - в ходе проведения лекционных занятий в виде собеседований
 - в конце курса при проведении зачёта дисциплины.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники (монографии) и учебные пособия, а также конспекты лекций.

Список вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Основные свойства плазмы: квазинейтральность, дебаевское экранирование, коллективные процессы.
2. Дисперсионное уравнение для электромагнитных волн в среде.
3. Показатель преломления.
4. Фазовая и групповая скорости волн.
5. Уравнение переноса энергии волны.
6. Описание плазмы в модели движения отдельных частиц. Тензор диэлектрической проницаемости.
7. Магнитогидродинамическое описание плазмы. Вмороженность магнитного поля в проводящую среду.

8. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем.
9. Квазигидродинамическое описание плазмы.
10. Диэлектрическая проницаемость изотропной плазмы в квазигидродинамическом приближении.
11. Поперечные волны в изотропной плазме.
12. Продольные плазменные (ленгмюровские) волны.
13. Низкочастотные продольные (ионно-звуковые и ионные ленгмюровские) волны.
14. Затухание Ландау.
15. Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме. Обыкновенная и необыкновенная волны.
16. Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме, продольное и поперечное распространение.
17. Квазипродольное и квазипоперечное распространение.
18. Продольные волны в магнитоактивной плазме.
19. Свистящие атмосферерики.
20. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме.
21. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме, магнитогидродинамическое рассмотрение.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

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:

ОПК-2: способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (этап освоения – завершающий)

ПК-1: способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (этап освоения – завершающий)

Конкретные планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников ОПК-2 и ПК-1) приведены в п. 2.

| Индикаторы компетенции | Оценки сформированности компетенций | |
|------------------------|--|--|
| | не зачтено | зачтено |
| Полнота знаний | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности |
| Наличие умений | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. |

| | | |
|--|---|--|
| Наличие навыков (владение опытом) | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами |
| Мотивация (личностное отношение) | Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют | Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше |
| Характеристика сформированности компетенции | Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение | Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач. |
| Уровень сформированности компетенций | Низкий | Минимально допустимый и выше |

6.2. Описание шкал оценивания.

Для оценки результатов обучения студентов применяется двузначная шкала оценивания, которая имеет следующие значения: зачет, не зачет.

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

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется индивидуальное собеседование по двум теоретическим вопросам билета, в которых обучающемуся предлагается изложить части из двух разделов содержания дисциплины.

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

Пример экзаменационного билета:

Вопрос 1. Условие квазинейтральности плазмы в заданном пространственном объеме.

Вопрос 2. Бесстолкновительное затухание ленгмюровских волн (затухание Ландау).

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Болховская О.В., Горбунов А.А., Грибова Е.З., Грязнова И.Ю., Калинин А.В., Канаков О.И., Корчагин А.Б., Мануилов В.Н., Миловский Н.Д., Павлов И.С., Савикин А.П. Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. – 26 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf.

2. Петрова И.Э., Орлов А.В. Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. С.М. Грач. Волны в плазме (вводный курс). Учебное пособие. Н. Новгород. 2009. Издательство Нижегородского университета. 113 с.
2. Гинзбург В.Л., Рухадзе А.А. Волны в магнитоактивной плазме. М.: Наука, 1975. 207 с.
3. Кадомцев Б. Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988.
4. Александров А. Ф., Богданкевич Л. С., Рухадзе А. А. Основы электродинамики плазмы. М.: Высшая школа, 1978.
5. Железняков В. В. Электромагнитные волны в космической плазме. М.: Наука, 1977. 432 с.

б) дополнительная литература:

6. Шафранов В. Д. Электромагнитные волны в плазме. В сб. Вопросы теории плазмы, под ред. М. А. Леонтовича, вып. 3. М.: Госатомиздат, 1963, с. 3-139.
7. Агранович В. М., Гинзбург В. Л. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. М.: Наука, 1979.
8. Ахиезер А. И., Ахиезер И. А., Половин Р. В., Ситенко А. Г., Степанов К. Н. Электродинамика плазмы. М.: Наука, 1974. 719 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийный проектор, экран, ноутбук.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика».

Автор_____Грач С.М.

Рецензент _____Бакунов М.И.

Заведующий кафедрой распространения радиоволн и радиоастрономии
_____Гавриленко В.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.