**Федеральное государственное бюджетное образовательное**

**учреждение высшего образования**

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ /

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины:

**Физика волновых явлений. Нелинейные волны**

Уровень высшего образования:

**Специалитет**

Специальность:

**03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика**

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Физическая электроника

Форма обучения:

Очная

Москва 20\_\_\_

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 21.12.2018 г. № 1780.

Год (годы) приема на обучение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Авторы–составители:**

1. К.ф.-м.н. Карташов Игорь Николаевич, кафедра физической электроники физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Доктор физико-математических наук, профессор Черныш Владимир Савельевич, заведующий кафедрой физической электроники

**Аннотация к рабочей программе дисциплины**

В рамках дисциплины излагаются основы физики нелинейных волн в различных средах, в том числе и в плазме. Структурно дисциплина состоит из трех основных разделов: 1) Нелинейные волны в средах со слабой дисперсией и слабым поглощением, 2) Нелинейные волны в диспергирующих средах, 3) Нелинейные эффекты в электродинамике плазмы. В первом разделе рассматриваются системы, в которых дисперсией и поглощением можно пренебречь совсем или они достаточно малы. Таким образом, в нелинейном взаимодействии участвует достаточно много гармоник, что характерно для акустических волн. Рассматриваются основные уравнения: уравнение простой волны, уравнение Бюргерса, уравнение Кортевега – де Вриза, уравнение sin-Гордона, нелинейное уравнение Шредингера и другие. Излагаются методы интегрирования указанных уравнений и найдены их решения. Во втором разделе рассматриваются системы с достаточно сильной дисперсией, так что условие фазового синхронизма выполняется только для нескольких гармоник. Изложены вопросы генерации второй гармоники оптического излучения, распадной неустойчивости волн, самовоздействия волн. В третьем разделе рассматриваются нелинейные эффекты в электродинамике плазмы, не вошедшие в предыдущие два раздела.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Вариативная часть, дисциплина по выбору

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия**

Не установлены

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций** |
|  |  | Знать основные разделы физики нелинейных волн  Уметь применять фундаментальные знания в области физики нелинейных волн для решения научно-исследовательских задач  Владеть методами исследования в области физики нелинейных волн для решения практических задач |

**4.** Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 34 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

**5.**Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(ак.ч.)** | **В том числе** | | | | | | **Форма текущего контроля успеваемости, наименование** |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  ***Виды контактной работы, академические часы[[1]](#footnote-1)*** | | | | | **Самостоятельная работа обучающегося,**  **академические часы** |
| **Занятия лекционного типа (лекции)** | **Занятия семинарского типа** | | | **Всего** |
| **Семинары** | **Лабораторные занятия\*** | **Практические занятия\*** |
| **Введение** | **8** | **2** |  |  |  | **2** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Нелинейные волны в средах со слабой дисперсией и слабым поглощением (уравнение Бюргерса, уравнение Кортевега – де Вриза и др.)** | **14** | **8** |  |  |  | **8** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Нелинейные волны в средах с характерными законами дисперсии и нелинейности (уравнение sin-Гордона, нелинейное уравнение Шредингера)** | **14** | **8** |  |  |  | **8** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Нелинейные волны в диспергирующих средах** | **14** | **8** |  |  |  | **8** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Нелинейные эффекты в электродинамике плазмы** | **14** | **8** |  |  |  | **8** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Промежуточная аттестация – зачет** | **8** | | | | | | **8[[2]](#footnote-2)** |  |
| **Итого** | **72** |  | | | | | **38** |  |

\*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

**6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Типовые вопросы к промежуточной аттестации и опросу:

1. Построение уравнения простой волны.

2. Решение уравнения простой волны. Опрокидывание волны.

3. Динамика гармонического возмущения в уравнении простой волны. Разложение Бесселя-Фубини.

4. Динамика разрывов в уравнении простой волны. Законы сохранения и формирование ударной волны.

5. Динамика одиночного разрыва и слияние двух разрывов в уравнении простой волны.

6. Динамика треугольного импульса в уравнении простой волны.

7. Динамика униполярного и биполярного импульсов в уравнении простой волны.

8. Построение уравнения Бюргерса.

9. Решение уравнения Бюргерса в виде стационарной ударной волны.

10. Точное решение уравнения Бюргерса. Подстановка Хопфа-Коула.

11. Асимптотическое поведение решения уравнения Бюргерса в пределе малой вязкости.

12. Трансформация ступенчатого профиля в уравнении Бюргерса.

13. Трансформация одиночного импульса в уравнении Бюргерса.

14. Трансформация гармонической волны в уравнении Бюргерса.

15. Взаимодействие ударных волн в уравнении Бюргерса.

16. Построение уравнения Кортевега – де Вриза.

17. Стационарные решения уравнения Кортевега – де Вриза. Солитоны.

18. Стационарные решения уравнения Кортевега – де Вриза. Кноидальные волны.

19. Ионно-звуковой солитон.

20. Построение уравнения Sin-Гордона.

21. Стационарные решения уравнения Sin-Гордона. Кинк и антикинк.

22. Приложения уравнения Sin-Гордона.

23. Построение нелинейного уравнения Шредингера.

24. Стационарные решения нелинейного уравнения Шредингера. Солитон огибающей.

25. Приложения нелинейного уравнения Шредингера.

26. Методы интегрирования нелинейных волновых уравнений.

27. Взаимодействие солитонов.

28. Разложение по степеням поля. Квадратичная нелинейность. Кубичная нелинейность.

29. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие фазового синхронизма.

30. Генерация второй гармоники.

31. Распадная неустойчивость волн.

32. Самовоздействие волн.

33. Квазилинейная теория колебаний плазмы.

34. Эффекты плазменного эха.

35. Нелинейное затухание Ландау.

Типовые задачи к промежуточной аттестации и контрольной работе:

1) Динамика возмущения  описывается уравнением простой волны . В начальный момент времени возмущение имело пространственную зависимость . Найти момент времени и координату, в которые происходит опрокидывание волны. Зависимость



2) В системе, описываемой уравнением Бюргерса  распространяется ударная волна. Значения  далеко перед фронтом ударной волны и далеко позади фронта равны, соответственно,  и . Чему равны скорость ударной волны и ширина ее фронта.

3) Форма профиля солитона уравнения КДВ  есть . Чему равна скорость движения солитона ?

4) В системе, описываемой уравнением  распространяется солитон со скоростью . Определить высоту и характерную ширину солитона.

5) В среде с показателем преломления  происходит самофокусировка плоской световой волны с амплитудой  и длиной волны . Определить характерный пространственный масштаб модуляционной неустойчивости волны.

6) Показать, что в случае закона дисперсии  условия фазового синхронизма для трехволнового взаимодействия не выполняются ни для какого набора волн.

6.2. Шкала и критерии оценивания

**7. Ресурсное обеспечение**

* Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

Основная литература

1. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977.

2. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1979.

3. Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны. М.: Наука, Физматлит, 2000.

4. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988.

5. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х. Солитоны и нелинейные волновые уравнения. М.: Мир, 1988.

Дополнительная литература

1. Ланда П.С. Нелинейные колебания и волны. М.: Наука, 1977.

2. Бхатнагар П. Нелинейные волны в одномерных диспергирующих системах. М.: Наука, 1988.

3. Карпман В.И. Нелинейные волны в диспергирующих средах. М.: Наука, 1973.

4. Ахманов С.А., Хохлов Р.В. Проблемы нелинейной оптики. М.: Изд. ВИНИТИ, 1964.

5. Александров А.Ф., Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Основы электродинамики плазмы. М.: Высшая школа, 1988.

6. Ахиезер А.И. и др. Электродинамика плазмы. М.: Наука 1974.

7. Кузелев М.В., Рухадзе А.А. Методы теории волн в средах с дисперсией. М.: Физматлит, 2007.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

**8. Язык преподавания:** русский

1. *Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.* [↑](#footnote-ref-1)
2. *Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося* [↑](#footnote-ref-2)