**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:

**Колебания и волны в плазменных средах**

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**

Рассматриваются вопросы электродинамики плазмы на основе модели самосогласованного поля. Излагаются методы описания движения частиц плазмы: модель холодной гидродинамики, модель магнитной гидродинамики, кинетическое уравнение с самосогласованным полем с различными интегралами столкновений (Больцмана, Ландау, Батнагара-Гросса-Крука). На основе модели кинетического уравнения Власова с самосогласованным полем рассматриваются колебания и волны в однородных изотропной и магнитоактивной плазме, слабонеоднородной и ограниченной плазме. Исследуются неустойчивости, развивающиеся в неравновесной плазме: плазма во внешнем постоянном и СВЧ электрическом поле, пучково-плазменные системы.

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

Вариативная часть, обязательная дисциплина

**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 электродинамики плазмы  Уметь применять фундаментальные знания в области электродинамики плазмы для решения научно-исследовательских задач  Владеть методами исследования в области электродинамики плазмы для решения практических задач |

**4.** Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 68 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 40 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\*** |
| **Основы электродинамики плазмы** | **20** | **7** | **7** |  |  | **14** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Модели плазмы** | **20** | **7** | **7** |  |  | **14** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Колебания и волны в равновесной плазме изотропной плазме** | **20** | **7** | **7** |  |  | **14** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Колебания и волны в равновесной плазме магнитоактивной плазме** | **20** | **7** | **7** |  |  | **14** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Колебания и волны в неравновесной плазме. Неоднород-ная плазма** | **18** | **6** | **6** |  |  | **12** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Промежуточная аттестация – экзамен** | **10** | | | | | | **10[[2]](#footnote-2)** |  |
| **Итого** | **108** |  | | | | | **40** |  |

\*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. Уравнения поля для плазмоподобных сред. Материальные уравнения. Связь различных форм записи материальных уравнений.

2. Тензор комплексной диэлектрической проницаемости и проводимости. Дисперсия тензора диэлектрической проницаемости.

3. Энергия электромагнитного поля в среде.

4. Дисперсионное уравнение для электромагнитных волн. Продольные и поперечные коле-бания. Показатель преломления и декремент затухания.

5. Модели плазмы. Элементарная теория.

6. Модели плазмы. Квазигидродинамика и магнитная гидродинамика.

7. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем.

8. Интеграл столкновений заряженных частиц.

9. Модельный интеграл упругих столкновений. Частота столкновений электронов с нейтра-лами.

10. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной однородной изотропной плазмы (кинетическая теория).

11. Высокочастотные продольные колебания однородной изотропной бесстолкновительной плазмы. Плазменные волны.

12. Затухание Ландау.

13. Низкочастотные продольные колебания однородной изотропной бесстолкновительной плазмы.

14. Поперечные колебания однородной изотропной бесстолкновительной плазмы. Эффекты скинирования.

15. Влияние столкновений на спектры колебаний однородной изотропной плазмы.

16. Особенности спектров колебаний вырожденной однородной изотропной бесстолкнови-тельной плазмы.

17. Тензор диэлектрической проницаемости холодной однородной бесстолкновительной магнитоактивной плазмы.

18. Дисперсионное уравнение для холодной однородной магнитоактивной плазмы.

19. Спектры высокочастотных колебаний холодной однородной бесстолкновительной маг-нитоактивной плазмы. Волны с круговой поляризацией.

20. Спектры магнитогидродинамических волн.

21. Циклотронные волны в плазме.

22. Механизмы и условия поглощения электромагнитных волн в бесстолкновительной плаз-ме.

23. Влияние теплового движения на спектры колебаний магнитоактивной плазмы.

24. Взаимодействие прямолинейного электронного пучка с плазмой. Волны пространствен-ного заряда. Фазовая группировка частиц пучка.

25. Гидродинамическая и кинетическая пучковые неустойчивости.

26. Плазма во внешнем электрическом поле. Вид равновесной функции распределения элек-тронов в слабоионизованной токовой плазме.

27. Явление убегания электронов. Поле Драйсера. Число "убежавших" электронов.

28. Бунемановская неустойчивость.

29. Ионно-звуковая неустойчивость плазмы с током.

30. Колебания пространственно-неоднородной плазмы. Приближение геометрической опти-ки. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.

31. Резонансы Тонкса-Даттнера.

32. Коэффициенты переноса в плазме. Диффузия как процесс релаксационных колебаний. Свободная и амбиполярная диффузия.

Типовые задачи к промежуточной аттестации и контрольной работе:

1. Написать условие применимости газового приближения для газа нейтральных частиц и невырожденной плазмы.

2. Написать выражения для продольной диэлектрической проницаемости в пределе высоких частот и в пределе низких частот.

3. Написать тензор диэлектрической проницаемости холодной магнитоактивной плазмы.

4. Написать диэлектрическую проницаемость плазмы, пронизываемой электронным пуч-ком.

5. Для плазмы с параметрами Ne = 1010 см-3, Te = 1 эВ определить плазменную частоту элек-тронов и дебаевский радиус.

6. Для плазмы с параметрами Ne = Ni = 1010 см-3, Te = 1 эВ определить число электронов в дебаевской сфере и частоту электрон-ионных столкновений.

7. Для плазмы с параметрами Ne = 1010 см-3, Na = 1013 см-3, Te = 1 эВ определить частоту столкновений электронов с нейтралами. Применимо ли для такой плазмы газовое при-ближение?

6.2. Шкала и критерии оценивания

**7. Ресурсное обеспечение**

* Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

Основная литература

1. А.Ф.Александров, А.А.Рухадзе. Лекции по электродинамике плазмоподобных сред. М: Изд. МГУ, 1999.

2. А.Ф.Александров, А.А.Рухадзе. Лекции по электродинамике плазмоподобных сред. Неравновесные среды. М: Изд. МГУ, 2002.

Дополнительная литература

1. А.Ф.Александров, Л.С.Богданкевич, А.А.Рухадзе. Колебания и волны в плазменных средах. М: Изд. МГУ, 1990.

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

3. А.Ф.Александров, М.В.Кузелев. Радиофизика. Физика электронных пучков и основы высокочастотной электроники. М: Изд. «Книжный дом «Университет»», 2007.

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

5. В.Л.Гинзбург. Распространение электромагнитных волн в плазме. 1960.

6. В.Л.Гинзбург, А.А.Рухадзе. Волны в магнитоактивной плазме. М: Наука, 1975.

7. В.П.Силин, А.А.Рухадзе. Электромагнитные свойства плазмы и плазмоподобных сред. М: Атомиздат, 1961.

8. А.И.Ахиезер и др. Электродинамика плазмы. 1974.

9. Б.Б.Кадомцев. Коллективные явления в плазме. 1976.

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)