

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ			
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение			
высшего образования			
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»			
МФТИ			
«УТВЕРЖДАЮ»			
Проректор по учебной и методической работе			
Зубцов Д.А.			
« » _____ 20 г.			
Рабочая программа дисциплины (модуля)			
по дисциплине:	Физика плазмы		
по направлению:	03.03.01 - Прикладные математика и физика (бакалавриат)		
профиль подготовки/ профиль подготовки/	Современные проблемы физики и энергетики		
факультет:	проблем физики и энергетики		
кафедра:	прикладной физики		
курс:	4		
квалификация:	бакалавр		
Программу составили:	Академик д.ф-м.н. Зеленый Л.М., доцент к.ф-м.н. Буринская Т.М.		
Программа обсуждена на заседании кафедры			
СОГЛАСОВАНО:			
Заведующий кафедрой		Леонов А.Г.	
Декан факультета проблем физики и энергетики		Леонов А.Г.	
Начальник учебного управления			

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель дисциплины

Целью курса «Физика плазмы» является освоение студентами фундаментальных знаний в области физики плазмы, изучение свойств плазмы и ее приложений, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

Задачами учебной дисциплины являются:

- формирование базовых знаний в области физики плазмы как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку;
- приобретение навыков получения количественных оценок основных параметров, характеризующих свойства плазмы;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в разных областях физики плазмы и анализу полученных результатов.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Общие сведения о плазме

Определение плазмы, квазинейтральность и дебаевское экранирование, формула Саха, классификация видов плазмы, критерии ее существования.

2. Столкновение частиц и процессы переноса в плазме

Рассеяние в кулоновском поле, энергия электростатического взаимодействия, потери энергии частицей в плазме, времена максвеллизации, процессы переноса в плазме, сила трения, действующая на электроны, понятие критического дрейсеровского поля

3. Плазма в высокочастотном поле.

Движение электронов в поле высокочастотной волны с пространственно неоднородной амплитудой, сила высокочастотного давления

4. Кинетическое описание плазмы

Вывод кинетического уравнения, уравнения Власова для бесстолкновительной плазмы, интеграл столкновений в тау-приближении и в диффузионном приближении.

5. Гидродинамическое описание плазмы

Вывод системы гидродинамических уравнений для «двухжидкостной» плазмы, ленгмюровские и ионно-звуковые колебания в гидродинамическом приближении

6. Гидродинамические неустойчивости

Сносная и резонансная неустойчивости, неустойчивость относительного движения ионов и электронов плазмы, параметрические распадные неустойчивости

7. Кинетическая теория волн в плазме

Вывод общего дисперсионного уравнения колебаний плазмы без магнитного поля, ленгмюровские и ионно-звуковые волны, бесстолкновительное затухание Ландау, нелинейное затухание Ландау, плазменное эхо.

8. Квазилинейная теория колебаний плазмы

Вывод уравнений в квазилинейном приближении, задача о релаксации электронного пучка в плазме, интеграл энергии квазилинейных уравнений.

9. Стационарные нелинейные волны

Профиль потенциала нелинейной ионно-звуковой волны при различных уровнях энергии осциллятора в эффективной потенциальной яме, ионно-звуковой солитон

10. Движение заряженных частиц в магнитном поле

Движение частиц в магнитном поле. Электрический и градиентный дрейфы. Дрейф в кривом поле. Поляризационный дрейф. Ток намагничивания и диамагнетизм плазмы, циклотронный резонанс.

11. Адиабатические инварианты движения частиц

1, 2, 3 адиабатические инварианты движения частиц в магнитном поле и точность их сохранения

12. Магнитная гидродинамика

Магнитная гидродинамика. Равновесие плазмы в магнитном поле. Понятия вмороженности и магнитного числа Рейнольдса. Ветви колебаний плазмы в магнитном поле в рамках одножидкостной МГД. Альфвеновская, быстрая и медленная магнитозвуковые волны.

13. Колебания и волны в холодной магнитоактивной плазме

Вывод тензора диэлектрической проницаемости и дисперсионных уравнений для волн, распространяющихся вдоль и поперек магнитного поля, циклотронные резонансы и отсечки. Фарадеево вращение плоскости поляризации для электромагнитных волн. Потенциальные колебания холодной плазмы в магнитном поле.

14. Неустойчивости Рэлея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца.

Исследование устойчивости границы плазмы в магнитном поле. Исследование устойчивости относительного движения потоков плазмы.

15. Дрейфовые волны и неустойчивости

Исследование распространения низкочастотных дрейфовых волн в неоднородной плазме, дрейфово-диссипативная неустойчивость

16. Анизотропная гидродинамика

Вывод уравнений анизотропной гидродинамики, исследование шланговой неустойчивости

17. Аномальное сопротивление в плазме

Неустойчивости плазмы, относящиеся к проблеме аномального сопротивления, закон Ома в случае ионно-звуковой турбулентности, формирование двойных слоев

18. Бесстолкновительные ударные волны

Бесстолкновительные ударные волны в плазме с магнитным полем и без; осцилляторная структура бесстолкновительной ударной волны.

Основная литература

1. Ж.А. Биттенкорт. Основы физики плазмы. М. «Физматлит», 2009
2. Л.А.Арцимович, Р.З.Сагдеев. Физика плазмы для физиков. Атомиздат, 1979.
3. Б.Б.Кадомцев. Коллективные явления в плазме. «Наука», 1988.
4. Ф.Чен. Введение в физику плазмы. «МИР», 1987.
5. 1. Н.Кролл, А.Трайвелпис. Основы физики плазмы. «МИР», 1975.

Дополнительная литература

- 1.. Д.А.Франк-Каменецкий. Лекции по физике плазмы. Атомиздат, 1968.
2. Кенро Миямото. Основы физики плазмы и управляемого синтеза.
3. А.С.Кингсеп. Введение в нелинейную физику плазмы. Изд-во МФТИ, 1996.
4. А.И.Ахиезер, И.А.Ахиезер, Половин, Ситенко, Степанов. Электродинамика плазмы. «Наука», 1974
5. Основы физики плазмы (в 2 томах), под ред. А.А.Галеева Энерготомиздат, Т.1 – 1983; т.2 – 1984.
6. А.Ф.Александров, Л.С.Богданкевич, А.А.Рухадзе. Колебания и волны в плазменных средах. Изд-во МГУ, 1990.
7. С.Ишимару. Основные принципы физики плазмы. Атомиздат, 1975
8. С.Б.Пикельнер. Основы космической электродинамики. «Наука», 1966.
9. Ф.Клемоу, Дж.Доэрти. Электродинамика частиц и плазмы. «МИР», 1996.
10. Б.А.Трубников. Теория плазмы. Энергоатомиздат, 1996.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теоретическая физика. Механика. М. Наука, ГЛ. ред. физ-мат. лит, 1988.
2. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теоретическая физика. Электродинамика сплошных сред. М. Наука, ГЛ. ред. физ-мат. лит. 2002.
3. А. А. Веденов. Задачник по физике плазмы. Атомиздат, 1981.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Предполагается, что студенты, изучающие курс физики плазмы, знакомы с основами векторного анализа, теорией дифференциальных уравнений и функций комплексного переменного, прослушали курсы классической механики и электродинамики. Основная цель курса – дать последовательное, четкое изложение физики плазмы как раздела современной физики, базирующееся на математическом аппарате. На протяжении всего курса большое внимание уделяется четкости и простоте изложения: все выводы подробно разъясняются и везде, где это возможно, раскрывается их физический смысл. Специфика физики плазмы основана на том, что многие свойства плазмы определяются далекодействующими кулоновскими взаимодействиями и являются коллективными свойствами, связанными с одновременным взаимодействием многих частиц. Плазма представляет собой среду, в которой легко возбуждаются различные виды колебаний и волн, характерные частоты и волновые числа которых связаны дисперсионным уравнением. В плазме могут распространяться как линейные, так и нелинейные волны. К линейным относятся волны, которые описываются в приближении малой амплитуды. К нелинейным относятся ударные волны, солитоны и другие возмущения большой амплитуды, не описываемые в рамках линейного приближения. Для исследования многих плазменных процессов очень полезной оказывается гидродинамическая модель плазмы, в которой плазма представляется как смесь электронной и ионной жидкостей. Результаты гидродинамического подхода обычно применимы для изучения волн в холодной плазме. Плазменные волны в тех условиях, когда тепловое движение важно, описываются с помощью кинетической теории колебательных и волновых процессов в плазме. Такой подход позволяет не только получить с единой точки зрения все существующие в плазме ветви колебаний, но и количественно строго рассмотреть эффект резонансного взаимодействия колебаний с частицами. По этой причине кинетическая теория имеет крайне важное значение в теории коллективных взаимодействий в плазме. Значительное внимание в курсе уделяется проблеме исследования устойчивости или свойств неустойчивостей, связанных с данным равновесным состоянием плазмы. Основным методом исследования – анализ собственных частот.

В результате изучения курса физики плазмы студенты должны знать характерные плазменные параметры, порядки численных величин для различных разделов физики плазмы. дрейфовое приближение, кинетические и гидродинамические подходы, дисперсионные соотношения для волн в плазме, различные виды плазменных неустойчивостей; и уметь, исходя из известной микроструктуры плазмы, объяснить физический механизм различных процессов, которые в ней могут происходить.

ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика плазмы» осуществляется в форме в устной форме.

Перечень контрольных вопросов (7 семестр):

1. Формула Саха.

2. Потенциал точечного заряда в плазме
3. Плазменные колебания.
4. Критерии существования плазмы
5. Классификация видов плазмы
6. Плазменный конденсатор
7. Влияние гравитации на амбиполярное электрическое поле
8. Столкновения частиц в плазме. Энергия электростатического взаимодействия.
9. Потери энергии частицей в плазме, времена максвеллизации.
10. Явления переноса в плазме.
11. Сила трения, действующая на электроны в электрическом поле. Понятие критического (дрейсеровского) поля. Явление убегания электронов.
12. Плазма в высокочастотном поле. Сила высокочастотного давления
13. Кинетическое уравнение для плазмы.
14. Интеграл столкновений: тау и диффузионное приближение
15. Гидродинамическое описание плазмы
16. Ионно-звуковые колебания
17. Ленгмюровские колебания
18. Кинетическая теория волн в плазме
19. Затухание Ландау
20. Нелинейное затухание Ландау
21. Плазменное эхо
22. Пучковые неустойчивости
23. неустойчивость Бунемана
24. Квазилинейная теория колебаний плазмы
25. Задача о релаксации электронного пучка в плазме
26. Ионно-звуковой солитон
27. Параметрические неустойчивости плазмы.

Перечень контрольных вопросов (8 семестр, в билетах присутствуют два вопроса из нижеперечисленных плюс один вопрос из контрольных вопросов предыдущего семестра).

1. Движение частиц в постоянном магнитном поле.
2. Электрический и градиентный дрейфы
3. Дрейф в кривом поле. Поляризационный дрейф.
4. Ток намагничивания и диамагнетизм плазмы.
5. Циклотронный резонанс
6. Адиабатические инварианты движения частиц в магнитном поле.
7. Точность сохранения адиабатических инвариантов в плазме.
8. Магнитная гидродинамика. Равновесие плазмы в магнитном поле.
9. Понятия вмороженности и магнитного числа Рейнольдса.
10. Ветви колебаний плазмы в магнитном поле в рамках одножидкостной МГД. Альфвеновская, быстрая и медленная магнитозвуковые волны.
11. Тензор диэлектрической проницаемости и дисперсионное уравнение для холодной плазмы, помещённой в магнитное поле.
12. Волны в холодной магнитоактивной плазме, распространяющейся вдоль магнитного поля. Циклотронные резонансы и отсечки.
13. Волны в холодной магнитоактивной плазме, распространяющейся поперёк магнитного поля. Обыкновенные и необыкновенные моды.
14. Фарадеево вращение плоскости поляризации для в/ч электромагнитных волн.
15. Потенциальные колебания холодной плазмы в магнитном поле.

16. Дрейфовые волны.
17. Дрейфово-диссипативная неустойчивость.
18. Устойчивость границы плазмы в магнитном поле. Неустойчивость Рэля-Тейлора.
19. Неустойчивость плазменных потоков. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца
20. Уравнения анизотропной гидродинамики.
21. Шланговая неустойчивость
22. Аномальное сопротивление
23. Двойные слои в плазме.
24. Бесстолкновительные ударные волны

Примеры билетов:

Билет 1:

- 1) Критерии существования плазмы; классификация видов плазмы
- 2) Адиабатические инварианты движения заряженных частиц в магнитном поле
- 3) Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца

Билет 2:

- 1) Шланговая неустойчивость
- 2) Интеграл столкновений: тау и диффузионное приближение
- 3) Тензор диэлектрической проницаемости и дисперсионное уравнение для холодной плазмы в магнитном поле

Билет 3:

- 1) Движение частиц в постоянном магнитном поле.
- 2) Понятия вмерзновенности и магнитного числа Рейнольдса.
- 3) Бесстолкновительное затухание Ландау