

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Физика плазмы»

В.А.Рожанский
«1» сентября 2006 г.

Рабочая программа учебной дисциплины Физика плазмы

Составлена кафедрой физики плазмы
для студентов направления 553100 – Техническая физика

Магистерская программа:

553115 – Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Программа дисциплины Физика плазмы

1. Цели изучения дисциплины

Курс лекций «Основы физики плазмы» является первым в системе курсов по физике плазмы и ее приложениям. Его цель - введение в круг понятий и идей современной физики плазмы, изложение ее основных представлений, необходимых для понимания последующих курсов.

2. Место дисциплины в учебном плане

Основой для понимания курса является знание курсов общей и теоретической физики, в первую очередь, механики, электродинамики, гидродинамики и статистической физики. При изложении курса существенное внимание уделяется качественной картине основных процессов, приближенным оценкам их характеристик. Курс лекций сопровождается упражнениями и расчетными заданиями. Они важны для усвоения курса и выработки навыков обращения с основными параметрами физики плазмы. Курс является основой для изучения в дальнейшем следующих дисциплин: «Введение в теорию плазмы», «Управляемый термоядерный синтез», «Газовый разряд», «Диагностика высокотемпературной плазмы», «Диагностика низкотемпературной плазмы», «Дополнительные главы теории плазмы».

Курс читается в течении 5-го и 6-го семестров и заканчивается экзаменом.

3. Объем дисциплины по видам учебной работы и формы контроля

Виды занятий и формы контроля	Семестры	
	5 семестр	6 семестр
Лекции, ч/нед.	2	2
Практические занятия, ч/нед.	1	1
Самостоятельные занятия, ч/нед	2	1
Экзамены, кол./сем	1	1

Общая трудоемкость дисциплины составляет 153 часов.

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы программы	Объемы занятий, часов	Объемы занятий, часов
	ЛК	ПЗ
Введение	2	
1. Описаний столкновений в плазме	6	4
2. Кинетическое описание плазмы	8	4
3. Гидродинамика плазмы. Уравнения моментов	4	
4. Свойства плазмы при отсутствии магнитного поля.	8	8

5. Движение отдельных заряженных частиц в магнитном поле.	6	6
6. Процессы переноса в магнитном поле.	8	6
7. Магнитогидродинамическое описание плазмы	6	2
8. Проблема устойчивости плазмы	10	
9. Колебания и волны в плазме.	2	4
10. Заключение		
Итого:	68	34

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение.

Ионизированные газы и плазма. Квазинейтральность плазмы. Плазменное приближение. Параметры плазмы в различных условиях. Основные области применения плазмы. Управляемый термоядерный синтез.

1. Описаний столкновений в плазме

Классический и квантовый подходы к описанию столкновений. Применение законов сохранения к столкновениям частиц. Статистика столкновений. Упругие столкновения между заряженными частицами. Роль “далеких” столкновений. Кулоновский логарифм. Упругие и неупругие столкновения заряженных частиц с атомами. Явления ионизации и рекомбинации при столкновениях. Роль различных столкновений в балансе частиц импульсов и энергий в плазме.

2. Кинетическое описание плазмы

Функции распределения заряженных частиц. Кинетическое уравнение для функций распределения. Столкновительный интеграл. Равновесная плазма. Распределение Максвелла-Больцмана. Ионизационное равновесие. Формула Саха. Формирование плазмы при нагреве газа. Причины отклонения от равновесия в реальных условиях. Столкновительный интеграл в τ -приближении.

Распределение скоростей электронов в электрическом поле. Изотропная и направленная составляющие функции распределения. Функция распределения Дрювестейна. Влияние различных столкновений на функцию распределения.

3. Гидродинамика плазмы. Уравнения моментов

Гидродинамическое приближение. Уравнения моментов. Уравнения баланса заряженных частиц. Усредненные уравнения движения. Уравнения переноса энергии.

4. Свойства плазмы при отсутствии магнитного поля.

Процессы переноса в слабоионизованной плазме. Перенос заряженных частиц. Коэффициенты подвижности, диффузии, термодиффузии. Амбиполярная диффузия. Перенос энергии. Теплопроводность заряженных частиц. Уравнения диффузии и теплопроводности. Граничные условия. Баланс частиц и энергии в стационарной плазме. Основные параметры стационарной токовой плазмы. Распад плазмы. Уравнения распада. Влияние процессов диффузии и рекомбинации на распад. Направленное движение и баланс энергий в сильноионизованной и полностью ионизованной плазме. Переход электронов в режим ускорения (“убегания”) в полностью ионизованной плазме. Ограничения убегания электронов.

5. Движение отдельных заряженных частиц в магнитном поле.

Движение частиц в однородном магнитном поле. Дрейфовое приближение. Дрейф под действием поперечной силы. Инерциальный дрейф. Дрейф в неоднородном и непостоянном магнитном поле. Адиабатический инвариант. Тороидальный дрейф. Удержание заряженных частиц в открытых магнитных ловушках. Движение заряженных частиц в замкнутых ловушках. Поляризация плазмы в электрическом поле. Движение плазмы поперек магнитного поля. Поперечное направленное движение заряженных частиц бесстолкновительной плазмы. Дрейф, связанный с градиентами концентрации и температуры. Диамагнитный эффект.

6. Процессы переноса в магнитном поле.

Поперечное направленное движение в слабоионизованной плазме. Поперечный перенос энергии. Механизмы поперечной диффузии, подвижности и теплопроводности в сильном магнитном поле. Амбиполярная диффузия. Уравнение диффузии в магнитном поле и граничные условия. Стационарная плазма и распад плазмы в магнитном поле. Эффект короткого замыкания. Поперечное направленное движение и перенос тепла в сильноионизованной плазме. Поперечный перенос в тороидальных магнитных ловушках.

7. Магнитогидродинамическое описание плазмы

Магнитогидродинамическое описание плазмы. Уравнения магнитной гидродинамики. Обобщенный закон Ома. “Вмороженность” магнитного поля в идеальной плазме. Диффузия магнитного поля и скин-эффект в плазме. Магнитогидродинамическое описание удержания плазмы в магнитном поле. Плоская граница плазмы. Равновесие и z- пинчей. Равновесие в токамаке.

8. Проблема устойчивости плазмы

Проблема устойчивости плазмы. Кофигурационные неустойчивости в магнитном поле. Энергетический принцип. Неустойчивости цилиндрической плазмы с током. Желобковая неустойчивость границы плазмы. Дрейфовые неустойчивости. Кинетические неустойчивости. Турбулентный перенос в магнитном поле.

9. Колебания и волны в плазме

Движение заряженных частиц в высокочастотном поле. Высокочастотная проводимость плазмы. Эффективная электрическая проницаемость. Распространение электромагнитных волн в плазме при отсутствии магнитного поля. Распространение поперечных волн. Продольные волны. Пространственная дисперсия. Электронные и ионные ветви. Затухание Ландау. Генерация волн при взаимодействии пучков заряженных частиц с плазмой. Влияние магнитного поля на распространение волн в плазме. Продольное распространение волн. Электронный и ионный циклотронный резонансы. Альвеновские волны. Поперечное распространение волн. Резонансы на гибридных частотах. Магнитозвуковые волны. Распространение волн в неоднородной плазме.

10. Заключение

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. В.Е.Голант, А.П.Жилинский, И.Е.Сахаров, Основы физики плазмы, М., Атомиздат, 1979.
2. Чен Ф., Введение в физику плазмы, М., Мир, 1987.
3. С.Ю.Лукьянов, Н.Г.Ковальский, Горячая плазмы и управляемый ядерный синтез, М., МИФИ, 1997.

Дополнительная

1. Л.А.Арцимович, Р.З.Сагдеев, Физика плазмы для физиков, М., Атомиздат, 1979.
2. Б.В.Кадомцев, Коллективные явления в плазме, М., Наука, 1988.
3. В.Е.Голант, А.П.Жилинский, И.Е.Сахаров, Волны в изотропной плазме, Волны в анизотропной плазме (учебные пособия), ЛПИ, 1977.

9. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Практические занятия строятся на самостоятельном решении студентами задач, представленных в Сборнике задач к курсу «Физика плазмы» (Рукописный фонд кафедры физики плазмы, СПбГТУ, 2002 г.). В течение семестра студент решает 5-6 задач. Задачи ориентированы на закрепление основных понятий, положений и методов физики плазмы и охватывают по тематике все разделы курса лекций. В большинстве задач обязательным является получение числового результата, что способствует выработке правильного представления о пространственных и временных масштабах и количественных соотношениях между коэффициентами и параметрами плазмы. В ряде задач требуется проведение предварительных количественных оценок, которые позволяют найти определяющий в конкретных условиях процесс и, тем самым, упростить решение. Такие задачи близки по характеру и своей постановке типичным практическим задачам, связанным с экспериментом или разработкой приборов и устройств.

Программу составили:

Голант В.Е., академик РАН, профессор, д.физ-мат. наук.
Буланин В.В., доцент, канд. физ-мат. наук.