

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН)

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНА
«КОСМИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия
направленность (профиль)
01.04.02 «Теоретическая физика»

Москва
2018 г.

«КОСМИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА»

- I. Фундаментальные процессы.
 1. Усиление и генерация магнитного поля (гидромагнитное динамо).
 2. Конвекция. Магнитная плавучесть. Неустойчивость Паркера.
 3. Ударные волны.
 4. Пересоединение. Модели Паркера-Свита и Петчека.
 5. Равновесие плазмы в плоском нейтральном слое. Модель Харриса.
 6. Тиринг-неустойчивость.
 7. Излучение плазмы.
 8. Ускорение частиц. Ускорение Ферми. Ускорение на ударных волнах.

- II. Солнечно-земная физика.
 1. Распределение температуры в недрах Солнца и тепловой поток в корону. Тепловой баланс в петлевидных структурах солнечной короны. Солнечные вспышки.
 2. Солнечный ветер.
 3. Введение в физику магнитосферы Земли.
 4. Поток энергии в магнитосферу.
 5. Ускорение электронов в авроральной магнитосфере. [3,4,5]

- III. Плазменная астрофизика.
 1. Синхротронное излучение космических источников. [3]
 2. Крабовидная туманность. [3]
 3. Магнитосферы пульсаров. [8]
 4. Аккреционные диски.
 5. Космические лучи. [6]

Рекомендуемая литература:

1. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. – М.: Атомиздат, 1979.
2. Основы физики плазмы. Т.2. / Под ред. А.А. Галеева, Р. Судана. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 331.
3. Физика космоса: маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1986.
4. Нишида А. Геомагнитный диагноз магнитосферы. – М.: Мир, 1980.
5. Лайонс Л., Уильямс Д. Физика магнитосферы. – М.: Мир, 1987. – С.155-158.
6. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
7. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. – М.: Мир, 1985.
8. Бескин В.С. Осесимметричные стационарные течения в астрофизике. – М.: Физматлит, 2005. – С.91-144.
9. Гинзбург В.Л. Теоретическая физика и астрофизика (любое издание).

Составитель:

к.ф. – м.н.

А. М. Садовский

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН)

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНА
«ФИЗИКА ПЛАЗМЫ»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия
направленность (профиль)
01.04.02 «Теоретическая физика»

Москва
2018 г.

«ФИЗИКА ПЛАЗМЫ»

1. Общие сведения о плазме.
2. Плазменные колебания.
3. Потенциал точечного заряда в плазме.
4. Плазменный конденсатор.
5. Влияние гравитации на амбиполярное электрическое поле
6. Классификация видов плазмы. Степень ионизации. Формула Саха.
7. Столкновение частиц в плазме. Энергия электростатического взаимодействия. Потери энергии частицей в плазме времена максвеллизации.
8. Явления переноса в плазме.
9. Сила трения, действующая на электроны в электрическом поле. Понятия критического (дрейсеровского) поля. Явление убегания.
10. Плазма в высокочастотном поле.
11. Проникновение электромагнитной волны в плазму. Трансформация в плазменные колебания.
12. Кинетическое уравнение для плазмы.
13. Гидродинамическое описание плазмы.
14. Ионно-звуковые колебания в плазме.
15. Ионно-звуковая неустойчивость в плазме с током.
16. Кинетическая теория волн в плазме. Ленгмюровские колебания.
17. Затухания Ландау.
18. Нелинейное затухание Ландау.
19. Пучковая неустойчивость.
20. Неустойчивость Бунемана.
21. Квазилинейная теория колебания плазмы.
22. Плазменное эхо.
23. Излучение плазмы.
24. Ионно-звуковой солитон.
25. Параметрические распадные неустойчивости плазмы.
26. Движение частиц в магнитном поле. Электрический и градиентный дрейфы. Дрейф в кривом поле.
27. Поляризационный дрейф. Ток намагничивания и диамагнетизм плазмы.
28. Циклотронный резонанс и циклотронный нагрев.
29. Адиабатические инварианты движения частиц в магнитном поле. Точность их сохранения.
30. Магнитная гидродинамика. Равновесие плазмы в магнитном поле.
31. Понятие вмороженности и магнитного числа Рейнольдса.
32. Ветви колебаний плазмы в магнитном поле в рамках одножидкостной МГД. Альфеновская быстрая и медленная магнитозвуковые волны.
33. Тензор диэлектрической проницаемости и дисперсионные уравнения для холодной плазмы, помещенной в магнитное поле.

34. Волны в холодной магнитоактивной плазме, распространяющейся вдоль магнитного поля. Циклотронные резонансы и отсечки.
35. Волны в холодной магнитоактивной плазме, распространяющейся поперек магнитного поля. Обыкновенная и необыкновенная моды.
36. Фарадеевское вращение плоскости поляризации для электромагнитных и альфеновских волн.
37. Потенциальные колебания холодной плазмы в магнитном поле.
38. Дрейфовые волны. Понятие о дрейфовых неустойчивостях.
39. Неустойчивость Рэлея-Тейлора. Устойчивость границы плазмы в магнитном поле.
40. Неустойчивость плазменных потоков. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.
41. Шланговая неустойчивость и уравнения анизотропной гидродинамики.
42. Аномальное сопротивление и двойные слои в плазме.
43. Аномальная диффузия в плазме.
44. Бесстолкновительные ударные волны и солитоны.
45. Нейтральные слои и разрывные неустойчивости.

Рекомендуемая литература:

1. Кролл Н., Трайвелпис А. Основы физики плазмы. М.: МИР, 1975.
2. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. М.; Атомиздат, 1968.
3. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М.; Атомиздат, 1979.
4. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1998.
5. Чен Ф. Введение в физику плазмы. МИР, 1987.
6. Кингсеп. А.С. Введение в нелинейную физику. М.: Изд-во МФТИ, 1996.
7. Ахиезер А.И., Ахиезер И.А. и др. Электродинамика плазмы. М.: Наука, 1974.
8. Основы физики плазмы (в 2 томах), под ред. А.А. Галеева М.: Энерготомиздат, т.1-1983, т.2-1984.
9. Александров А.Ф., Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Колебания и волны в плазменных средах. М.: Изд-во МГУ, 1990.
10. Ишимару С. Основные принципы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1975.
11. Е.М. Лившиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Физматлит, 2002.
12. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2002.
13. Л.Д. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2002.
14. Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики. М.: Наука, 1966.

15. Ф. Клемоу, Дж. Доэрти. Электродинамика частиц и плазмы. «МИР», 1996.
16. Трубников Б.А. Теория плазмы. М.: Энергоатомиздат, 1996.
17. Биттенкорт Ж.А. Основы физики плазмы. М.: Физматлит, 2009.

Составители:

д.ф. – м.н., профессор, академик РАН

Л. М. Зеленый

д.ф.-м.н.

Д. Р. Шкляр

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН)

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНА
«НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ И ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ХАОС»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия
направленность (профиль)
01.04.02 «Теоретическая физика»

Москва
2018 г.

«НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ И ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ХАОС»

1. Основные понятия: динамическая система, фазовое пространство, фазовая траектория. Характеристики динамического хаоса: экспоненциальное разбегание траекторий в ограниченном фазовом пространстве, непредсказуемость, эргодичность и перемешивание. Примеры: движение в двойной потенциальной яме при малом трении, двойной маятник, аттрактор Лоренца, логистическое отображение.
2. Фазовые потоки на прямой. Геометрическое представление решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Существование и единственность решений. Бифуркации: седло-узел, транскритическая, «вилка»; субкритическая и суперкритическая формы бифуркаций. Фазовые потоки на плоскости. Линейные системы. Фазовая плоскость, фазовые портреты. Стационарные точки, линеаризация и устойчивость. Нелинейный маятник.
3. Предельные циклы. Бифуркации двумерных фазовых потоков: седло-узел, транскритическая, «вилка», бифуркация Андронова-Хопфа. Фазовые потоки в пространстве размерности большей, чем 2. Возможность хаоса. Метод отображения Пуанкаре.
4. Гамильтоновы системы. Гамильтониан. Канонические переменные, канонические преобразования. Интегрируемые гамильтоновы системы. Переменные действие-угол. Теорема Лиувилля-Арнольда.
5. Теория возмущений интегрируемых систем. Метод Линдштедта-Пуанкаре. Проблема малых знаменателей. Основные идеи и результаты теории КАМ (Колмогорова-Арнольда-Мозера). Диффузия Арнольда.
6. Гамильтоновский хаос в деталях: нелинейный резонанс, перекрытие резонансов, расщепление сепаратрис. Развитый хаос. Стандартное отображение. Острова устойчивости. Аномальная диффузия.
7. Метод усреднения. Адиабатические инварианты. Адиабатическая инвариантность действия. Примеры: маятник с медленно изменяющейся длиной, плавно нерегулярный волновод, движение заряженной частицы в слабонеоднородном магнитном поле.
8. Системы с медленной зависимостью от времени. Разрушение адиабатической инвариантности при переходе через сепаратрису и резонанс. Рассеяние на резонансе и захват в резонанс. Адиабатический хаос.

9. Хаос в диссипативных системах. Бифуркации удвоения периода, универсальность Фейгенбаума. Аттрактор Ресслера. Логистическое отображение.

10. Фракталы. Фрактальная размерность. Примеры фрактальных множеств. Мультифрактальные спектры.

Рекомендуемая литература:

1. Г.М.Заславский, Р.З.Сагдеев, «Введение в нелинейную физику», М, «Наука», 1988.
2. Г.Шустер, «Детерминированный хаос. Введение», М., Мир, 1988.
3. М.Табор, «Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике», М, УРСС, 2001.
4. В.И.Арнольд, В.В.Козлов, А.И.Нейштадт, «Математические аспекты классической и небесной механики», М, УРСС, 2002.
5. Г.М.Заславский, «Физика хаоса в гамильтоновых системах», М.,Ижевск, 2004.

Составитель:

к.ф. – м.н.

А. А. Васильев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН)

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНА
«ГИДРОДИНАМИКА»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия
направленность (профиль)
01.04.02 «Теоретическая физика»

Москва
2018 г.

«ГИДРОДИНАМИКА»

1. Основные гипотезы гидродинамики.

Способы описания движения жидкости. Эйлеров и Лагранжев способы задания движения жидкости. Субстанциональные и локальные производные по времени.

2. Основные законы гидродинамики идеальной жидкости.

Система уравнений идеальной гидродинамики. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Гидростатика. Условие гидростатического равновесия.

3. Основные законы гидродинамики идеальной жидкости.

Частота Брента-Вяйсяля. Уравнение Бернулли. Поток энергии. Поток импульса.

4. Теоремы Эйлера и Томпсона.

Теорема Эйлера. Вихревые движения жидкости. Теорема о сохранении циркуляции скорости (теорема Томсона).

5. Потенциальное течение жидкости.

Система уравнений гидродинамики для потенциального движения. Потенциал скорости. Функция тока. Несжимаемая жидкость. Сила сопротивления при потенциальном обтекании.

6. Вязкая жидкость.

Уравнение гидродинамики вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой вязкой жидкости. Течение Куэтта. Движение жидкости между вращающимися цилиндрами.

7. Вязкая жидкость.

Течения Паузейля. Законы подобия. Течение при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса.

8. Гидродинамическая неустойчивость.

Устойчивость стационарного движения жидкости. Переход ламинарного течения в турбулентное. Понятие о подобных потоках (закон подобия Рейнольдса).

9. Элементы теории турбулентности.

Уравнение Рейнольдса для усредненного потока. Гипотеза турбулентной вязкости. Метод крупных вихрей, подсеточные модели.

10. Элементы теории турбулентности.

Локально-изотропная турбулентность. Статистические характеристики локально-изотропной турбулентности. Развитая турбулентность. Гипотезы подобия Колмогорова. Перемежаемость.

11. Пограничный слой.

Ламинарный пограничный слой. Устойчивость движения в ламинарном пограничном слое. Логарифмический профиль скоростей. Турбулентный пограничный слой.

12. Теплопроводность в жидкости.

Общее уравнение переноса тепла. Теплопроводность в несжимаемой жидкости. Свободная конвекция. Конвективная неустойчивость.

13. Сжимаемый газ. Волновые процессы.

Звуковые волны. Энергия и импульс звуковых волн. Гравитационные поверхностные волны. Внутренние волны в несжимаемой жидкости. Приближение Буссинеска. Волны во вращающейся жидкости (инерционные волны). Волны Россби.

14. Сжимаемый газ. Ударные волны.

Ударные волны. Поверхности разрыва. Ударная адиабата Гюгонио. Понятие о маховском отражении ударных волн.

15. Динамика многофазных сред.

Уравнения механики многофазных сред. Пространственное осреднение. Волновые процессы в двухскоростных течениях дисперсных сред.

16. Релятивистская гидродинамика.

Понятие о тензоре энергии-импульса жидкости. Уравнения релятивистской гидродинамики. Диссипативные процессы.

Рекомендуемая литература:

1. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. — М.: Мир, 1973.
2. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. — М.: Физматлит, 2008.
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. — М.: Наука, 1973.
4. Ландау Д.Л., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика в 10 т. Т.6. Гидродинамика. — М.: Физматлит, 2006.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. — М.: Дрофа, 2003.
6. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика, том 1: механика турбулентности. — М.: Наука, 1965.
7. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика, том 2: механика турбулентности. — М.: Наука, 1967.
8. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. — М.: Наука, 1977.

Составитель:
д.ф. – м.н.

А. С. Петросян

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН)

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНА
«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия
направленность (профиль)
01.04.02 «Теоретическая физика»

Москва
2018 г.

«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ»

Курс занимает важное место среди математических дисциплин, определяющих теоретический уровень профессиональной подготовки дипломированных специалистов в области физики космической плазмы и математического моделирования. В курсе рассматриваются вопросы, связанные с постановкой и исследованием задач физики космической плазмы и методами их численного решения. Необходимость численного решения задач указанного типа возникает в большом количестве естественно-научных и инженерных приложений. При этом большинство из рассматриваемых задач являются многомерными и существенно нелинейными и их исследование аналитическими методами обычно затруднено или просто невозможно. Поэтому методы построения и исследования численных методов решения таких задач занимает важное место в профессиональной подготовке специалистов в области физики космической плазмы и математического моделирования.

1. Гидродинамика плазмы. Численные алгоритмы решения уравнений в частных производных. Конечно-разностные аппроксимации. Линейное одномерное уравнение переноса (простые разностные схемы, порядок аппроксимации, спектральный признак устойчивости). Системы одномерных квазилинейных уравнений в лагранжевых координатах (схема на сдвинутых сетках, схема Лакса).

2. Кинетика плазмы. Метод частиц в динамике разреженной плазмы. Восстановление плотности заряда и тока (ядра, сеточные ядра). Классификация моделей ((A) вырожденные ядра, (B) симметричные ядра, (C) модели типа “облаков в ячейках”).

3. Уравнения движения частиц. Аппроксимация сил. Схема мультипольного разложения. Решение уравнений движения. Начальное распределение частиц. Пространственное распределение. Датчики случайных чисел. Воспроизведение начального распределения. Спокойный старт. Моделирование эмиссии и инъекции.

4. Методы решения уравнений для полей. Решение уравнений Пуассона. I. Прямые методы. Двукратное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье (FFT). Метод циклической редукции Бунемана. Однократное преобразование Фурье. Алгоритмы FACR(r).

5. Итерационные методы. Последовательная верхняя релаксация. (SOR). Метод продольно-поперечной прогонки (ADI). Попеременно-треугольные методы (ПТМ) (явные схемы переменных направлений).

6. Решение уравнений Максвелла. Комбинированные (гибридные) модели и алгоритмы. Процессы пересоединения.

7. Плоская геометрия. МГД-Модель. Исходные уравнения. Динамика

пересоединения антипараллельных силовых линий магнитного поля. Формирование замкнутых конфигураций. Конечно-разностные алгоритмы.

8. Плоская геометрия. Гибридная модель. Исходные уравнения. Постановка задачи и алгоритмы решения.

Рекомендуемая литература:

1. Днестровский Ю.Н., Костомаров Д.П. Математическое моделирование плазмы. М.: Наука, 1993.
2. Бэдсел Ч., Ленгдон А. Физика плазмы и численное моделирование. М.: Наука, 1989.
3. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.: Наука, 1989.
4. А.А. Самарский. Введение в численные методы. М.: Наука, 1992.

Составитель:
д.ф. – м.н.

В. Ю. Попов