

“Численные методы в физике космической плазмы”

д.ф.-м.н. Попов В.Ю.

Курс «Численные методы в физике космической плазмы» читает кафедра «Космической физики» для студентов ФПФЭ. Этот курс занимает важное место среди математических дисциплин, определяющих теоретический уровень профессиональной подготовки бакалавров и 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 ((А) вырожденные ядра, (В) симметричные ядра, (С) модели типа “облаков в ячейках”).
3. Уравнения движения частиц. Аппроксимация сил. Схема мультиполюного разложения. Решение уравнений движения. Начальное распределение частиц. Пространственное распределение. Датчики случайных чисел. Воспроизведение начального распределения. Спокойный старт. Моделирование эмиссии и инжекции.
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.

Основная литература

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