

Содержание

1 Введение 2

1.1 Актуальность 2

1.2 Цели и задачи 2

1.3 Методы исследования 2

1.3.1 Моделирование диффузионно-конвективного уравнения методом прогонки . . . 2

1.3.2 Моделирование стохастического процесса 3

1 Введение

1.1 Актуальность

В течение продолжительного времени учёные пытаются определить, как образуется наблюдаемое распределение космических лучей по энергиям. Далеко не весь диапазон спектра можно описать с помощью теплового взаимодействия.

Особую роль играют механизмы нетеплового ускорения частиц в бесстолкновительной космической плазме.

Такие частицы можно непосредственно наблюдать в межпланетном пространстве, частицы низких энергий - непосредственно наблюдать с Земли, а частицы высоких энергий ($> 10^5$ ГэВ) - в виде широких атмосферных ливней.

Особый интерес составляет процесс на фронтах ударных волн, в силу их распространённости. Примерами таких волн могут служить волны от хромосферических солнечных вспышек, вспышек сверхновых звёзд...

Дополнительный интерес к данным процессам связан с возможностью выделения в них большого количества энергии, существенная часть которой может быть преобразована в направленное ускорение небольшого количества частиц, что и приводит к появлению частиц с энергиями, на много порядков превышающих тепловые.

Понимание данных процессов необходимы для построения моделей ударных волн.

Проблемой занимаются давно.

Бережко Е. Г. и Крымский Г. Ф. в 1988 году привели теоретический вывод диффузионно-конвективного уравнения. Х. Канг в 2011 году провёл численные расчёты для этого вида.

С другой стороны к задаче подошли А. Ахтенберг и В. Крулс, которые в 1992 году провели рассмотрение ускорения стохастическим подходом.

Однако ни один из этих авторов не пытался сравнивать оба подхода.

1.2 Цели и задачи

В связи со всем вышесказанным целью работы был анализ и сравнение диффузионно-конвективного и стохастического подхода в ускорении частиц на ударных волнах.

В рамках этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1 Реализовать численное моделирование диффузионно-конвективного подхода в ускорении частиц на ударных волнах.
- 2 Реализовать численное моделирование стохастического процесса в ускорении частиц на ударных волнах.
- 3 Провести сравнение данных подходов
- 4 Указать положительные и отрицательные стороны в каждом из них

1.3 Методы исследования

Для решения диффузионно-конвективного уравнения была разработана программа на языке C++, организующая численное моделирование методом прогонки.

Стохастическое уравнение решалось в виде уравнения Ито и реализацией алгоритма так же на языке C++.

Остановимся подробнее на каждом из них

1.3.1 Моделирование диффузионно-конвективного уравнения методом прогонки

Изначальное уравнение имеет вид

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \kappa \frac{\partial f}{\partial x} - u \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\Delta u}{3} \delta(x) p \frac{\partial f}{\partial p} + Q \quad (1)$$

1.3.2 Моделирование стохастического процесса

В данном случае уравнение принимает вид

$$\frac{\partial F(\vec{Z}, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \vec{Z}} \left(-\dot{\vec{Z}} F + \frac{\partial}{\partial \vec{Z}} [D F] \right) \quad (2)$$

Где $Z \equiv (x, p)$.

$$\dot{\vec{Z}} = \left\langle \frac{d\vec{Z}}{dt} \right\rangle + \frac{\partial}{\partial \vec{Z}} D \quad (3)$$

Это уравнение может быть представлено в виде уравнения Ито:

$$d\vec{Z} = d\dot{\vec{Z}}(\vec{Z}, t) + \sqrt{2D}dW \quad (4)$$