О генерации ионно-звуковых солитонов при распаде разрыва ионной температуры в разреженной плазме

Ю.В. Медведев

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия, medve@mail.ru

В докладе рассматривается течение, возникающее при распаде начального разрыва температуры ионов. Большой градиент температуры ионов при их однородной плотности создает соответствующий градиент давления, под действием которого высокотемпературная плазма втекает в низкотемпературную. Ранее задача рассматривалась в [1]. Здесь мы обсуждаем ряд новых результатов.

Задача ставится следующим образом. В начальный момент времени в левом полупространстве находится плазма, ионы которой имеют максвелловское распределение с высокой температурой. В правом полупространстве ионы плазмы также имеют максвелловское распределение, но их температура значительно ниже. Электронная и ионная плотности имеют постоянные значения во всем пространстве. Электроны плазмы предполагаются распределенными по закону Больцмана, а их температура всегда остается постоянной. Эволюция такого разрыва изучается с помощью численного моделирования по методу частиц в ячейке.

В результате проведенных исследований было установлено, что начальный разрыв температуры ионов эволюционирует с образованием волны разрежения, которая распространяется в плазму с высокотемпературными ионами. Одновременно, образуется волна сжатия. Она распространяется со сверхзвуковой скоростью в плазму с низкотемпературными ионами. Вблизи центра области возмущения возникает минимум давления. Здесь происходит распад контактного разрыва.

При небольших перепадах ионной температуры процесс носит автомодельный характер. Распространяющаяся по плазме с низкотемпературными ионами волна плотности является своеобразной бесстолкновительной ударной волной с резким фронтом и пологим спадом плотности за фронтом волны. Перед фронтом волны формируется поток отраженных низкотемпературных ионов. Быстрые высокотемпературные ионы могут отражаться от этой волны с тыльной стороны, а самые быстрые преодолевают потенциальный барьер и проникают в область плазмы с низкотемпературными ионами.

В случае больших перепадов ионной температуры (более, чем в 100 раз) на фронте волны плотности образуется узкий импульс, уходящий вперед от основного возмущения. Далее со временем за первым импульсом появляется ряд последующих импульсов плотности. Исследование этих импульсов показало, что они представляют собой ионно-звуковые солитоны. Профили импульсов, полученные в численном эксперименте, с высокой точностью совпали с профилями ионно-звуковых солитонов, рассчитанных по теоретической формуле для тех же значений амплитуд. Интересно, что здесь солитоны возникают не как часть некоторого большого эволюционирующего образования типа бесстолкновительной ударной волны, а как отдельная структура, отрывающаяся со временем от основного возмущения и быстро удаляющаяся от него по невозмущенной области низкотемпературных ионов. Рассматриваемый процесс можно рассматривать как способ генерации ионно-звуковых солитонов.

Литература

1. Medvedev Yu. V. Plasma Phys. Control. Fusion, 1993, V. 35, P. 1103.