Эволюция возмущения плотности в разреженной плазме

Ю.В. Медведев

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

При образовании плазмы пространственное распределение ее плотности, как правило, является неоднородным. Дальнейшее движение плазмы может существенно зависеть от характера неоднородности. В докладе рассматривается случай, когда распределение плотности плазмы в начальный момент времени имеет вид конечного симметричного относительно центра x=0 возмущения на фоне однородной плазмы. Плотность плазмы в возмущенной области выше, чем в невозмущенной области. Рассматривается как случай, когда граница между областями имеет вид резкого разрыва, так и случай достаточно гладкого изменения плотности.

Задача решается с помощью численного моделирования по методу частиц в ячейке. Частицами моделируется движение ионов, а электроны предполагаются распределенными по закону Больцмана.

В результате проведенных численных экспериментов было установлено, что со временем начальное возмущение плотности плазмы распадается на два конечных возмущения, распространяющихся от центра в противоположных направлениях.

В случае плазмы с холодными ионами каждое возмущение эволюционирует с образованием бесстолкновительной ударной волны, платоподобной области и волны разрежения. Развитие этих структур приводит к формированию цепочки импульсов. Природа этих импульсов была установлена путем сравнения их профилей с профилями ионно-звуковых солитонов, имеющими те же амплитуды. Как оказалось, профили импульсов полученные в численном эксперименте, с высокой точностью совпадают с профилями солитонов, рассчитанными по теоретической формуле [1]. Солитоны пространственно упорядочены в соответствии с их амплитудой. Они характеризуются хорошо видимым разделением зарядов. Между соседними солитонами располагается область плазмы, параметры которой имеют невозмущенные значения. По сути дела, рассматриваемый процесс может использоваться как средство для генерации цепочки ионно-звуковых солитонов.

При малых, но не нулевых значениях ионной температуры в течении образуется поток отраженных от движущегося возмущения ионов. Генерация отдельных ионно-звуковых солитонов в этом случае замедляется по сравнению со случаем плазмы с холодными ионами. Заметим, что в этом случае отражение ионов может происходить не только от первого, но и от последующих солитонов. Основной поток отраженных ионов движется со скоростью, примерно в два раза большей скорости первого солитона .

При увеличении температуры ионов характерные для бесстолкновительной ударной волны осцилляции затухают, пространственные распределения величин становятся гладкими, поток отраженных ионов и их скоростной разброс увеличиваются.

В случае равных температур ионов и электронов каждое из возникающих возмущений эволюционирует гладко без образования каких-либо строго определенных структур.

Литература

1. Медведев Ю. В. Физика плазмы, 2009, Т. 35, С. 70.