Образование кавитонов при распаде разрыва потоковой скорости ионов

Ю.В. Медведев

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

Довольно часто процессы, происходящие в плазме, сопровождаются взаимодействием потоков частиц. Столкновение и взаимодействие потоков плазмы активно используется в экспериментальных устройствах, например, в установках по созданию и удержанию плазмы для УТС или в экспериментах с лазерной плазмой. При столкновении потоков бесстолкновительной плазмы характер течения существенно определяется разностью их скоростей. В зависимости от этой разности потоки могут проникать или не проникать друг в друга. В последнем случае в течении могут образовываться бесстолкновительные ударные волны, распространяющиеся по потокам от места столкновения [1, 2]. Между фронтами волн формируется осцилляторная область, в центре которой плотность частиц имеет платоподобный вид. Но скорости потоков здесь не устанавливаются на одной величине, и движение в области плато является двухпотоковым, хотя и с небольшой разницей скоростей. С течением времени на плато развивается двухпотоковая неустойчивость, приводящая к образованию небольших областей с пониженной плотностью, кавитонов. Описание такого процесса представлено в настоящем докладе.

Взаимодействие двух однородных потоков плазмы рассматривается как распад разрыва потоковой скорости ионов. Остальные параметры плазмы в начальный момент времени выбраны постоянными. В задаче рассматриваются ионные движения с характерным ионным масштабом времени. Поэтому мы предполагаем, что электроны всегда находятся в равновесии с медленно меняющимся электрическим полем, а их плотность определяется формулой Больцмана. В начальный момент времени *t*= 0 ионы и электроны однородно распределены в пространстве с плотностями *ni0* и *ne0* и температурами *Ti0* и *Te0*, соответственно. В левом полупространстве –∞ < *x*< 0 ионы движутся с потоковой скоростью *Vd*> 0, а в правом полупространстве 0 < *x*< ∞ потоковая скорость ионов равна нулю. В точке *x*= 0 имеется разрыв потоковой скорости. Задача состоит в исследовании движения плазмы в последующие моменты времени *t*>0. Отметим, что характер течения определяется двумя параметрами: величиной разрыва потоковой скорости *Vd* и отношением температур ионов и электронов *Ti0*/*Te0*. Задача решается в кинетическом приближении методом частиц в ячейке.

Было установлено, что за счёт развития неустойчивости на фазовой плоскости ионов возникают небольшие по размеру области «дыр». Они представляют собой потенциальные ямы, в которых существенно снижена плотность частиц. Такие области уместно назвать кавитонами. В процессе формирования кавитон может захватить ионы с малыми скоростями. В то же время, пролетные ионы ускоряются и замедляются в кавитонах, образуя кольцеобразные структуры. В отличие от обычных осцилляций, в кавитонах плотность всегда понижена по сравнению с окружающими областями. Несмотря на то, что кавитоны движутся медленно, с дозвуковыми скоростями, они оказываются достаточно устойчивыми образованиями.

Литература

1. Gurevich A. V., Medvedev Yu. V. Interaction of collisionless plasma streams // J. Sov. Laser Research. 1993. V. 14, № 3. P. 169-183.
2. Медведев Ю. В. Нелинейные явления при распадах разрывов в разреженной плазме. – М.: Физматлит, 2012. – 344 с.