

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ И НЕЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ В ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ НЕИДЕАЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ

Морозов И.В.

ИТЭС ОИВТ РАН, Москва

bogous@orc.ru

Методом молекулярной динамики изучаются релаксационные процессы в неравновесной двухкомпонентной неидеальной плазме. Рассматриваются три различных типа неравновесности, которые качественно соответствуют состояниям плазмы за фронтом ударной волны (холодные электроны), взаимодействию мишеней с ультракороткими лазерными импульсами (холодные ионы), а также предельному случаю холодной плазмы. Для данных начальных условий рассчитывается релаксация средней кинетической и потенциальной энергии электронов и ионов к равновесию, эволюция функции распределения частиц по скоростям.

В большинстве экспериментов по ударным волнам, электровзрыву проводников, капиллярному и искровому разрядам, фемтосекундному лазерному нагреву и др. неидеальная плазма создается в условиях больших пространственных градиентов и коротких промежутков времени. Такие условия приводят к возникновению неравновесности и возможной раскачке плазменных колебаний, существенно влияющих на измеряемые параметры плазмы, такие, например, как коэффициент отражения.

С помощью молекулярно-динамического моделирования для указанных типов неравновесности обнаружены две характерные стадии релаксации. Первая стадия имеет продолжительность порядка нескольких периодов электронной плазменной частоты. Она характеризуется быстрым изменением кинетической энергии электронов и формированием максвелловского распределения по скоростям для электронов и ионов. По мере увеличения неидеальности плазмы длительность этой стадии увеличивается, а на зависимости кинетической энергии электронов от времени возникают осцилляции. Наиболее ярко выраженные осцилляции наблюдаются, когда температура электронов в начальном неравновесном состоянии близка к нулю (лазерный нагрев или холодная плазма).

Вторая стадия релаксации представляет собой обмен энергией в двухтемпературной системе с экспоненциальным уменьшением разности температур электронной и ионной подсистем. Релаксация на данной стадии имеет практически один и тот же вид для различного типа начальных условий. В работе изучается зависимость экспоненциального множителя электрон-ионной релаксации от параметра неидеальности плазмы и от соотношения масс электронов и ионов. Для ксеноновой плазмы рассчитанная длительность данной стадии находится в наносекундном диапазоне, что соответствует имеющимся экспериментальным данным.