оБ эволюции ультрахолодной кулоновской плазмы

С.А. Майоров

Учреждение Российской академии наук Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия, [mayorov\_sa@mail.ru](mailto:mayorov_sa@mail.ru)

В переохлажденной (неидеальной) классической кулоновской системе рекомбинация обусловлена сложным многочастичным взаимодействием, результатом которого является ее резкое замедление. Это явление замедления скорости рекомбинации, как и многие другие процессы были исследованы методом молекулярной динамики в цикле работ в 1986 – 1996 гг (см. [1 - 4]). Было обнаружено новое состояние кулоновской системы, в которой плазма не рекомбинировала согласно известному закону 9/2 при низких температурах. Это состояние классической кулоновской системы было названо метастабильной переохлажденной плазмой. В то время в природе не существовало физического объекта, состоящего из классических кулоновских частиц, для которых выполнялось бы условие сильной неидеальности. Поэтому, несмотря на активную дискуссию, найденное состояние плазмы так и осталось на уровне вычислительного артефакта.

Но в 1999 г. при селективной ионизации лазером переохлажденных атомов ксенона было получено состояние переохлажденной метастабильной кулоновской плазмы, за 10 лет до этого обнаруженное в численном эксперименте. После этого был выполнен цикл работ, как экспериментаторами, так и теоретиками по изучению свойств нового физического объекта, который получил название ультрахолодной плазмы (ultra cold plasma - UCP). Были переоткрыты заново и подтверждены многие из результатов, полученных на 10-20 лет ранее.

В настоящей работе на основе молекулярно-динамических расчетов, исследовалась эволюция ультрахолодной плазмы на начальном этапе, когда образованный после фотоионизации сгусток неподвижных ионов и электронов занимает фиксированный объем. Рассматривается временная эволюция кулоновской системы, полная энергия которой в начальный момент времени равна нулю. Методом молекулярной динамики получено решение для системы из 2000 частиц в интервале 8000 обратных плазменных частот. Показано, что в условиях, типичных для экспериментов с ультрахолодной плазмой, показатель неидеальности плазмы не может достигать больших значений из-за рекомбинационного нагрева, а сам процесс релаксации не описывается в рамках традиционной модели трехчастичной рекомбинации.

Формирование метастабильного состояние проходит через этап медленного рекомбинационного заполнения связанных ион-электронных состояний. Скорость рекомбинации и характер не соответствуют обычным представлениям о тройной рекомбинации, а обуславливаются более сложным многочастицным взаимодействием.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 8392 от 24 августа 2012 г. «Образование структур и стохастизация в плазме».

Литература

1. С.A. Майоров, А.Н. Ткачев, С.И. Яковленко “Неожиданные свойства классической кулоновской плазмы, обнаруженные на основе моделирования из первопринципов”, *Матем. моделирование*, **4**:7,  3–30(1992)
2. С.A. Майоров, С.И. Яковленко // Известия ВУЗов, Физика, No. 11**,** 44-56 (1994)
3. С.A. Майоров, А.Н. Ткачев, С.И. Яковленко // Известия ВУЗов, Физика, No. 11**,** 3(1991); No. 2**,** 10(1992); No. 11**,** 76(1992); No. 1**,** 68(1993)
4. С.A. Майоров, А.Н. Ткачев, С.И. Яковленко // УФН, **164,** 298 (1994)