

## Квазиклассические связанные состояния электронов и ионов в неидеальной плазме

Ланкин А.В., Норман Г.Э.

*ИТЭС ОИВТ РАН*

Работа посвящена изучению связанных состояний электронов и ионов в равновесной невырожденной неидеальной плазме с параметром неидеальности в диапазоне  $\Gamma = (4\pi n_e/3)^{1/3} e^2/(kT) = 0.1 - 4$ . Для получения результатов использовалось молекулярно-динамическое (МД) моделирование, включающее метод выделения электрон-ионных пар, соответствующих квазиклассическим связанным состояниям [1].

Для изучения влияния формы потенциала электрон-ионного взаимодействия был выбран кулоновский потенциал, урезанный на малых расстояниях. Были изучены зависимости свойств связанных состояний в зависимости от выбора его глубины  $U_{\min} = -(3-7)kT$ .

Получены усредненные значения параметров связанных состояний: энергии, расстояния между частицами и времени жизни в зависимости от степени неидеальности. Установлен факт снижения устойчивости пар по мере роста степени неидеальности плазмы. Кроме того, построена зависимость концентрации связанных состояний в зависимости от степени неидеальности плазмы. Эта зависимость имеет возрастающий характер при  $\Gamma < 0.8$  за счет роста плотности и, соответственно, вероятности образования пары, и убывающий характер при  $\Gamma > 0.8$  из-за быстрого разрушения пары под воздействием других частиц.

Получены распределения связанных состояний по межчастичным расстояниям и энергиям связи. Для теоретического описания указанных распределений построена модель основанная на расчете квазиклассической статистической суммы. В модели рассматривается распределение Гиббса в центрально-симметричном эффективном потенциале учётом экранирования и снижения потенциалов ионизации атомов. Получено хорошее согласие с данными МД в области малых  $\Gamma$ . Показано, что в МД моделировании происходит естественное ограничение статистической суммы связанного состояния в области низких энергий связи, вследствие экранирования зарядов.

1. Ланкин А.В., Морозов И.В. Исследование связанных состояний в неидеальной плазме методом молекулярной динамики // Труды научной конференции МФТИ, ноябрь 2005г.

# Quasiclassical bound states of electrons and ions in nonideal plasmas

Lankin A.V., Norman G.E.

*IHED of RAS*

The goal of this work is to study the bound states of electrons and ions in equilibrium nondegenerate nonideal plasmas with nonideality parameter in range  $\Gamma = (4\pi n_e/3)^{1/3} e^2/(kT) = 0.1 - 4$ . The results were obtained by molecular dynamics (MD) simulations including the simulation technique to distinguish electron-ion pairs corresponding to the quasiclassical bound states described in [1].

In order to investigate influence of the form of the electron-ion interaction potential we have chosen the Coulomb potential with a cut off at short distances. Various properties of the bound states were obtained depending on the depth of this potential  $U_{\min} = -(3-7)kT$ .

The mean values including their dependence on the plasma nonideality were obtained for the following properties of the bound states: energy, interparticle distance, bound state lifetime. It was found that the pairs become less stable with the increase of the plasma nonideality. Furthermore dependence of the density of bound states on the nonideality parameter was studied. The number of bound states grows with  $\Gamma$  for  $\Gamma < 0.8$  due to the grows of plasma density (and, correspondingly, the pairing probability), while this number decays with  $\Gamma$  for  $\Gamma > 0.8$  due to rapid pair destruction caused by influence of neighbor particles.

Distributions of the bound states on the interparticle distance and on the energy were obtained. For theoretical description a model was developed based on the calculation of the quasiclassical partition function. This model uses the Gibbs distribution for the centrally symmetric effective interaction potential with screening and lowering of the ionization potential of atoms. Quite good correspondence with the MD results was achieved for a small  $\Gamma$ .

It was also shown that partition function of the bound state can be naturally constrained in the low energy limit due to the screening.

2. Lankin A.V., Morozov I.V. Investigations of bound states in nonideal plasmas by the molecular dynamics simulations // Proc. of the MIPT conference, November 2005.