

## Динамические характеристики свободных и связанных зарядов в неидеальной плазме.

Ланкин А.В., Морозов И.В., Норман Г.Э.

*ИТЭС ОИВТ РАН*

Работа посвящена изучению динамической частоты столкновений и проводимости равновесной двухкомпонентной невырожденной неидеальной плазме с параметром неидеальности в диапазоне  $\Gamma = (4\pi n_e/3)^{1/3} e^2/(kT) = 0.1 - 4$ . Результаты получены на основе молекулярно-динамическом (МД) моделирования в рамках псевдопотенциальной модели [1]. Разработан вычислительный метод выделения электрон-ионных пар, соответствующих квазиклассическим связанным состояниям. Этот метод позволяет определять характеристики плазмы, обусловленные динамикой свободных или связанных зарядов [2], вне зависимости от вида потенциала электрон-ионного взаимодействия на малых расстояниях.

Метод выделения связанных состояний основан на анализе МД траектории движения частиц. Для каждого электрона и его ближайшего иона определяется сумма потенциальной энергии взаимодействия и кинетической энергии их относительного движения. Пары, для которых эта энергия оказалась меньше нуля, подвергаются дальнейшей проверке. Для них, начиная с момента захвата электрона ионом, производится учет набега фазы вращения из интегрирования уравнения  $d\phi = L_{ei}/(\mu r_{ei})dt$ , где  $L_{ei}$  — момент импульса пары,  $r_{ei}$  — расстояние между электроном и ионом,  $\mu$  — приведенная масса. В результате связанными на определенном временном интервале считаются те частицы, для которых  $\phi$  успевает достичь критического значения  $\phi_0$  до того, как электрон перейдет к другому иону. В расчетах использовались различные критерии  $\phi_0 = 2\pi - 8\pi$ .

Эффективная частота столкновений  $\nu(\omega)$  и проводимость плазмы  $\sigma(\omega)$  определялись по согласно теории линейного отклика. Для этого рассчитывались автокорреляционные функции тока, создаваемого свободными электронами. Показано, что стандартных потенциалов взаимодействия (потенциал Кельбга) вклад связанных электронов в проводимость проявляется, в основном, при больших  $\omega$ .

1. Морозов И.В., Норман Г.Э. Столкновения и плазменные волны в неидеальной плазме // ЖЭТФ, 2005, т. 127, вып. 2, с. 412-4302.
2. Ланкин А.В., Морозов И.В. Исследование связанных состояний в неидеальной плазме методом молекулярной динамики // Труды научной конференции МФТИ, ноябрь 2005г.

# Dynamical properties of free and bound charges in nonideal plasmas.

Lankin A.V., Morozov I.V., Norman G.E.

*IHED of RAS*

This work is concerned with dynamic collision rate and conductivity of equilibrium two-component 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 using pseudopotential approach [1]. The new simulation technique was developed to mark out electron-ion pairs corresponding to the quasiclassical bound states. This technique allows one to determine plasma properties given by free or bound charges [2] regardless of the form of electron-ion interaction potential at short distances.

Distinguishing between bound and free states is based on the MD trajectory of particle motion. For each pair of electron and its nearest ion the sum of the interaction energy and the energy of their relative motion is determined. The pairs with negative total energy undergoes the next verification step. Starting from the moment of electron capture by the ion, the phase of rotation is monitored by solution of the equation  $d\varphi = L_{ei}/(\mu r_{ei})dt$ , where  $L_{ei}$  — the torque,  $r_{ei}$  — interparticle distance,  $\mu$  — reduced mass. Finally the particles are marked as bounded for the specified period of time if  $\varphi$  reaches the critical value  $\varphi_0$  before the electron changes its nearest ion. The value of critical phase varied in range  $\varphi_0 = 2\pi - 8\pi$ .

The effective collision rate  $\nu(\omega)$  and the conductivity  $\sigma(\omega)$  of the nonideal plasma were obtained using the linear response theory. It required calculation of the current autocorrelation functions for the free electrons. It was shown that for standard interaction potentials (such as the Kelbg potential), bound states influence mainly high frequency behavior of the conductivity.

3. *Morozov I.V., Norman G.E.* Collisions and plasma waves in nonideal plasmas // Journal of Experimental and Theoretical Physics (JETP), 2005, v. 100, No. 2, pp. 370-384.

Lankin A.V., Morozov I.V. Investigations of bound states in nonideal plasmas by the molecular dynamics simulations // Proc. of the MIPT conference, November 200