

## Моделирование потенциала пылевой частицы в плазме методом молекулярной динамики.

А.В. Сусун,

Петрозаводский государственный университет.

В работе численно решаются уравнение Пуассона для потенциала в окрестности пылевой частицы при бoльцмановском распределении концентрации электронов и моделирование ионного потока на нее методом молекулярной динамики. Вокруг частицы выделяется элементарная сферическая ячейка с радиусом, определяемом концентрацией пылевых частиц  $r_d = (4\pi n_d / 3)^{-1/3}$ . Ионный поток формируется за счет ионизации газа электронами внутри ячейки с частотой  $Z n_e$ , где  $Z$  – частота ионизации, производимая одним электроном, определяемая скоростью ухода ионов на пылевую частицу,  $n_e = n_0 \exp(-e\phi / kT_e)$  – концентрация электронов.

Уравнение Пуассона решалось на каждом временном интервале  $\Delta t$  на одномерной сетке с шагом по радиусу  $h$  при нулевых значениях потенциала и его градиента на границе ячейки  $r=r_d$

$$j_i = \frac{r_{i+1}}{r_i} \left[ 2j_{i+1} - j_{i+2} \frac{r_{i+2}}{r_{i+1}} + \frac{eh^2}{e_0} (n_0 \exp(-e\phi_{i+1}/kT_e) - n_i) \right] \quad (1)$$

Потенциал пылевой частицы определялся в процессе решения при достижении радиуса частицы  $r=a$ . Начальное распределение потенциала может быть произвольным. Для уменьшения количества шагов по времени оно задавалось близкое к реальному по аппроксимирующей формуле:

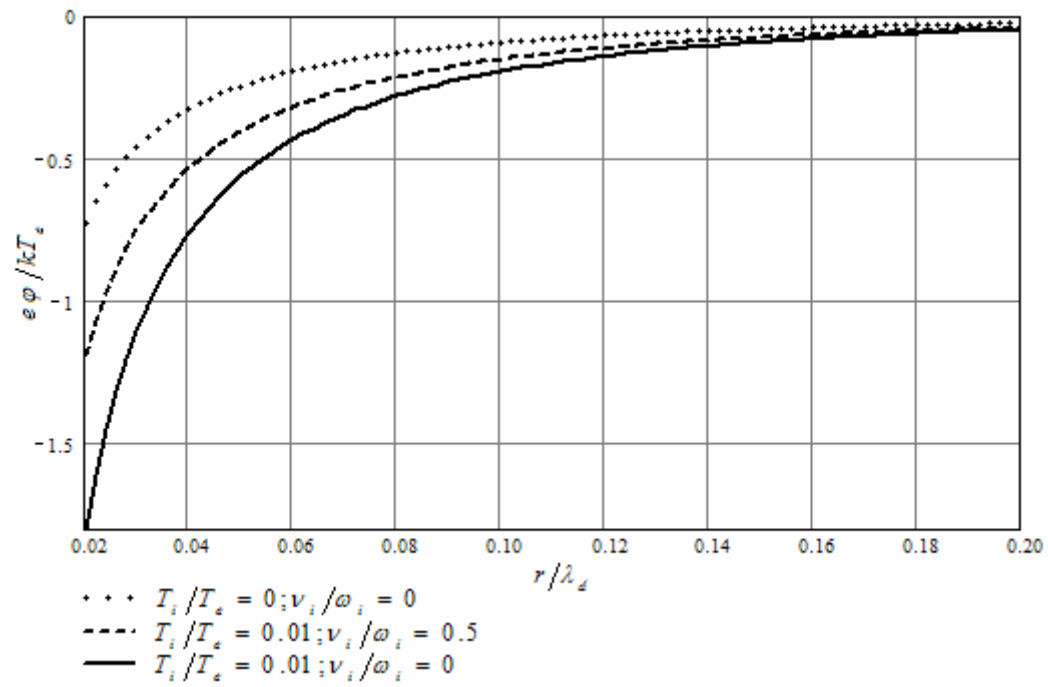
$$j_i = j_a \left( \frac{r_d - r}{r_d - a} \right)^2 \left( \frac{a}{r} \right)^{1,1} \quad (2)$$

Начальная концентрация ионов определялась по (1). Ионы объединялись в крупные частицы числом 200 на интервале  $h$  с равномерным распределением по длине интервала. Через каждый интервал времени  $t_0 = 4 \cdot 10^{-3} (w_i)^{-1}$  ( $w_i$  – ионная плазменная частота) в каждом интервале  $h$  рождалась новая крупная частица с зарядом  $4\pi r^2 h Z n_e t_0$  и равномерным случайным расположением по интервалу  $h$ . Абсолютная скорость новой частицы и ее угол с радиусом разыгрывались в соответствии с максвелловским распределением с температурой атомов « $T$ ». Через время от рождения обратное частоте ион-атомовых столкновений  $\tau = 1/v_i$  разыгрывание скорости иона производилось заново. При достижении радиуса пылевой частицы ион поглощается.

Частота ионизации  $Z$  корректировалась на каждом временном шаге для компенсации ухода ионов на пылевую частицу. Движение крупных частиц моделировалось в соответствии с уравнением

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{q}{M} \frac{\partial j}{\partial r} + \frac{u_0^2 \sin^2 J_0^2 r_0^2}{r^3} \quad (3),$$

где индекс нуль соответствует значениям при рождении частицы. Число одновременно находящихся в ячейке крупных частиц достигало  $2 \cdot 10^6$ . На рисунке приведено распределение потенциала по радиусу при  $a = 0,02 \cdot \lambda_d$ ,  $r_d = 0,6 \cdot \lambda_d$  ( $\lambda_d$  – дебаевский электронный радиус). Видно существенное влияние температуры ионов и столкновений даже при малых их значениях.



Работа выполнена в рамках проекта PZ-013-02, поддерживаемого совместно Американским фондом гражданских исследований и развития (АФГИР), Министерством образования РФ и правительством Республики Карелия.