

Изучение вклада захваченных ионов в экранировку поглощающей заряд сферы в бесстолкновительной плазме

А. А. Киселёв В. Л. Красовский М. С. Долгонос

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Институт космических исследований РАН

58-я научная конференция МФТИ, 2015

Определение динамики бесстолкновительной плазмы вблизи поглощающего заряд тела сферической формы является известной, но не до конца изученной задачей [1-4]. Её особенностями являются существенно нелинейный характер экранировки поля поглощающей сферы и наличие захваченных ионов, движущихся по финитным траекториям вокруг сферы.

Рассматривается задача с начальными условиями, описываемая уравнениями Власова-Пуассона для электронов и ионов и моноэнергетическим начальным распределением.

$$\frac{\partial f_{e,i}}{\partial t} + v_r \frac{\partial f_{e,i}}{\partial r} + \left(\frac{M_{e,i}^2}{r^3} + c_{e,i} E \right) \frac{\partial f_{e,i}}{\partial v_r} = 0, \quad c_e = -1, \quad c_i = \mu$$

$$\frac{D_e^2}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} r^2 \frac{\partial \phi}{\partial r} = n_e - n_i, \quad E = -\frac{\partial \phi}{\partial r}.$$

$$f_{e,i}^0 = \frac{1}{4\pi V^2} \delta(V - V_{e,i}), \quad V_e = 1, \quad V_i = u.$$

Цель работы состоит в нахождении функции распределения захваченных ионов, соответствующей асимптотическому состоянию равновесия системы, а также в анализе их вклада в экранировку поля поглощающей сферы.

В этом докладе освещены результаты решения этой задачи методами численного моделирования с использованием метода “частиц-в-ячейках”, хорошо зарекомендовавший себя для решения сильно нелинейных плазменных задач [5, 6]. Сферическая симметрия исследуемой системы позволила рассмотреть динамику частиц как движение с одной степенью свободы, что значительно упростило выкладки и расчёт. В рамках этой работы был разработан оригинальный высокопроизводительный код.

Проведены расчёты [7], в ходе которых наблюдался переход физической системы в состояние равновесия. Были получены пространственная и временная развертки поля вблизи поглощающей сферы, а также анимации распределения частиц на фазовой плоскости. Для захваченных частиц был определен относительный заряд — отношение заряда захваченных к заряду сферы. Была найдена оценка диапазона параметров системы, при которых захват ионов наиболее эффективен.

Литература

1. Mott-Smith H., Langmuir I. – Phys. Rev., 1926. – V. 28. № 5. – С. 727-763.
2. Гуревич А. В. – Геомагнетизм и аэрономия. – 1963 – Т. 3, № 2 – С. 185-203; 1963 – Т. 3, №6 – С. 1021-1035; 1964 – Т. 4, №1 – С. 3-13.
3. Bernstein I. B., Rabinowitz I. N. // Phys. Fluids. 1959. V. 2. № 2. P. 112-121.
4. Complex and Dusty Plasmas: From Laboratory to Space. / ed. by V. E. Fortov and G. E. Morfill – CRC Press, 2010.
5. Красовский В. Л. – Физика плазмы. – 2013 – Т. 39, № 6 – С.572-577
6. Lapenta G. / in Advanced Methods for Space Simulation. Ed. by H. Usui and Y. Omura – Tokyo: TERRAPUB, 2003. – стр. 61.
7. Kiselyov A. A., Dolgonosov M. S., Krasovsky V. L. // Europhys. Lett. 2015. V. 111. № 15001. P. 1-6.