

ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ПЫЛЕВАЯ ПЛАЗМА С ПЫЛЕВЫМИ ЧАСТИЦАМИ, ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

И.И. Климовский, Д.С. Лапицкий, А.Д. Яшков.

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва.

В докладе приводятся результаты теоретического анализа потенциалов взаимодействия пылевых частиц в изотермической пылевой плазме, в которой сферические пылевые частицы заряжаются электронами. Основные допущения: радиус пылевой частицы R_n много меньше радиуса Дебая R_D ; безразмерный потенциал пылевой частицы $\varphi_0 = \ll R_D/R_n$; длины свободных пробегов электронов λ_e и ионов λ_i много больше R_D . Уравнения для потенциала сферической частицы $U(r)$ и распределений концентраций электронов $n_e(r)$ и ионов $n_i(r)$ заимствованы из теории электрического зонда в плазме и учитывают сток ионов и электронов на пылевую частицу.

При анализе влияния концентрации электронов n_e на потенциал взаимодействия ее величина изменялась от 10^7 до 10^{12} см⁻³. Температура плазмы полагалась равной 950 К и 1500 К, отношение $R_D/R_n = 20$. В результате проведенных расчетов установлено, что в изотермической плазме при приведенных выше значениях T и отношениях R_D/R_n притяжение пылевых частиц реализуется во всем указанном диапазоне n_e . Причем минимум потенциальной ямы для всех n_e находится примерно на расстоянии $R_D/R_n: \cong 1,9$, а глубина потенциальной ямы уменьшается с ростом n_e .

Проведен анализ возможности реализации притяжения пылевых частиц в изотермической плазме паров щелочных металлов (Li, Na, K, Rb, Cs). При этом предполагалось, что переменным параметром является температуры T_1 и T_2 , первая из которых определяет давление насыщенных паров (концентрацию атомов n_a), а вторая – степень их ионизации (n_e и концентрацию ионов n_i). По известным значениям n_a рассчитывались длины свободных пробегов электронов λ_e и ионов λ_i . Область корректности расчетов определялась по условию $\lambda_e, \lambda_i \gg R_D$.

Расчеты проводились для диапазонов T_1 и T_2 , обеспечивающих изменение n_a примерно в пределах от 10^{17} до 10^{19} см⁻³, а n_e – в пределах от 10^8 до 10^{12} см⁻³. Отношение R_D/R_n полагались равными 0,05 и 0,03.

На рисунке представлены потенциалы взаимодействия пылевых частиц в термической плазме паров Li и Cs для одинаковых значений $R_n/R_D = 0,05$ и $n_e = 10^8$ см⁻³. Температуры T_2 для Cs и Li равны соответственно 880 и 1270 К. Видно, что для Cs глубина потенциальной ямы значительно превышает глубину потенциальной ямы для лития и составляет примерно 0,8 эВ. Отмеченное обстоятельство позволяет надеяться на реализацию притяжения пылевых частиц, по меньшей мере, в условиях микрогравитации.

