

Взаимодействие частиц в пылевой плазме

Ю.В.Петрушевич

ГНЦ РФ Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, 142190 г.Троицк, Московской обл. Тел. 3345256; e-mail: petrushe@triniti.ru

В работе проведено численное моделирование процессов, определяющих динамику комплексной плазмы и взаимодействие пылинок. Исследуются взаимодействия двух пылевых частиц с учетом окружающей их плазмы. Задача рассматривалась в сферических координатах в двумерной геометрии. На взаимодействие частиц большое влияние оказывает приложенное внешнее электрическое поле, которое также учитывалось при моделировании. Давление газа равнялось атмосферному или ниже атмосферного. В работе используется гидродинамическая модель низкотемпературной плазмы. Эта модель представлена уравнениями непрерывности для концентраций заряженных частиц. Их скорости определяются величиной электрического поля в данной точке, для электронов учитывается также диффузионный поток.

Каждая частица-сфера рассматривалась в своей системе координат. На бесконечности (вдали от пылинки), ионов и электронов плотности предполагаются равными их равновесным значениям, определяемым плазмохимическими процессами. Моделирование было проведено с учетом внешнего электрического поля.

В большей части проведенных расчетов исследуется пылевая плазма в низкотемпературной плазме азота, при нормальном давлении $p=1$ атм и комнатной температуре $T=300^\circ\text{K}$, возникающая под действием ионизирующего газ мощного электронного пучка со скоростью ионизации $\sim 10^{15} \dots 10^{16} \text{ c}^{-1} \text{ см}^{-3}$ в результате чего в рассматриваемых условиях концентрация ионов достигает $\sim 10^{11} \text{ см}^{-3}$. Расчеты проводились для частиц - металлических шаров радиусом $R_d=12$ мкм. Моделирование проводилось для разных величин внешнего поля, чтобы определить его влияние. Естественно, были проведены расчеты и для случая отсутствия внешнего поля. Моделирование проводилось для различных давлений газа и различных равновесных концентраций плазмы.

Как следует из результатов моделирования, при сближении пылевых частиц, между ними возникают отталкивающие силы, которые при удалении частиц сменяются притяжением, при этом область притяжения достаточно велика, значительно превышает дебаевский радиус, характеризующий экранировку заряда, находящегося в плазме. Без внешнего электрического поля величина силы притяжения частиц при расстоянии между частицами $2.5 \cdot 10^{-2}$ см порядка её веса.

Под действием приложенного электрического поля происходит увеличение поляризации как пылевых частиц, так и окружающей их плазмы. Величина силы притяжения значительно возрастает. При этом положение максимума силы притяжения смещается, расстояние между частицами уменьшается на 20% ...30%.