Исследование функции распределения частиц при эффузии бесстолкновительной плазмы в вакуумное пространство

Котельников М.В., Платонов М.А.

НИУ МАИ, г. Москва, РФ, mai@mail.ru

Исследованы функции распределения частиц при эффузии бесстолкновительной плазмы в вакуумное пространство методами компьютерного моделирования. При этом была выбрана геометрия отверстия в виде удлиненного прямоугольника, что позволило существенно снизить размерность задачи, сохранив при этом все основные особенности распределения параметров плазмы в расчетной области.

Математическая модель задачи – уравнение Власова для ионов и электронов, уравнение Пуассона для самосогласованного электрического поля и формула связи напряженности и потенциала, а также формула связи между концентрациями и функциями распределения компонент плазмы [1-4]. В начальный момент времени в расчетной области предполагается вакуумное пространство. В области отверстия функция распределения имеет следующий вид:

 $f\_{∝}$ = ($n\_{0}$/π)($ m\_{∝}$/(2k$T\_{∝}$)$)^{3/2}$exp[-$m\_{∝}${$v\_{x}^{2}$+ $v\_{y}^{2}$}/(2k$T\_{∝}$)]. (1)

На других границах расчетной области ставились «мягкие» граничные условия.

Задача решалась методом последовательных итераций по времени, моделируя переходный процесс от начального к конечному стационарному состоянию. Уравнение Власова решалось с использованием алгоритма метода характеристик, а уравнение Пуассона с использованием спектральных методов[1-4]. Расчет продолжался до совпадения тока ионов, истекающего из отверстия, с током ионов, вытекающим через внешнюю границу расчетной области.

Были проведены серии расчетов, в которых предметом исследования была эволюция функции распределения ионов и электронов. Из полученных графиков следовало, что скорость истечения электронной компоненты из эффузионного отверстия значительно больше, чем скорость истечения ионной компоненты. В результате этого в расчетной области образуется отрицательный объемный заряд, который постепенно уменьшается по мере заполнения расчетной области ионной компонентой.

Компьютерное моделирование эффузии разреженной плазмы, истекающей из отверстия предложенной модельной геометрии, а также анализ полученных функций распределения ионов и электронов дают представление об особенностях распределения параметров плазмы в расчетной области, как в процессе ее эволюции, так и в конечном стационарном состоянии.

Разработанная методика исследования эффузии бесстолкновительной плазмы в вакуумное пространство представляет общефизический интерес и может успешно применяться в других задачах.

Литература.

1. М.В. Котельников, В.Ю. Гидаспов, В.А. Котельников. Математическое моделирование обтекания тел потоками бесстолкновительной и столкновительной плазмы. М.: Физматлит, 2010, 288 с.
2. М.В. Котельников, В.А. Котельников, С.Б. Ульданов. Процессы переноса в пристеночных слоях плазмы. М.: Наука, 2004, 475 с.
3. Котельников М.В. Механика и электродинамика пристеночной плазмы. Дисс. на соиск. ученой степени д.ф.-м.н., Москва, МАИ, 2008, 271 с.
4. Котельников М.В., Котельников В.А., Ульданов С.Б. Процессы переноса в пристеночных слоях плазмы. М.: Наука, 2004, 475 с.