О влиянии неупругих столкновений частиц на процессы переноса в частично ионизованной многокомпонентной плазме в магнитном поле

А.А. Степаненко, В.М. Жданов

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия, Москва,
stepanenko.mephi@mail.ru

Моделирование процессов переноса в частично ионизованной многокомпонентной плазме в магнитном поле является актуальной задачей при разработке и оптимизации широкого класса различных плазменных установок. В общем случае плазма таких устройств наряду с заряженными компонентами может также содержать атомы и молекулы, внутренние степени свободы которых активно возбуждаются в процессе взаимодействия частиц. Это приводит к необходимости учета разнообразных физических и химических процессов в плазме, которые должны учитываться при расчете коэффициентов переноса плазменных компонентов, и необходимости выяснения той роли, которую они играют при конкретных вычислениях свойств переноса частиц.

В настоящей работе на основе уравнений переноса для электронов, полученных с использованием метода моментов Грэда при решении кинетического уравнения, в котором учитываются вклады от неупругих столкновений электронов с атомами и молекулами плазмы [1], рассчитаны значения ряда электронных коэффициентов переноса в плазме. В частности, получены расчетные зависимости коэффициента неупругих потерь электронов от температуры плазмы для некоторых молекулярных (N2, O2, H2, CO2) и атомарных (H) газов. Проанализировано влияние неизотермичности плазмы, а также поляризационного механизма взаимодействия электронов и молекул при расчете этих величин. В работе также получены численные оценки вклада неупругих столкновений электронов, сопровождающихся вращательным и колебательным возбуждением молекул и электронным возбуждением атомов, в коэффициент диффузии электронов и электропроводность плазмы. Показано, что в случае молекулярной плазмы заметный вклад в величину коэффициентов переноса электронов может вносить процесс возбуждения вращательных степеней свободы молекул электронным ударом. В случае атомарной плазмы влияние процесса электронного возбуждения атомов на электронные коэффициенты переноса оказывается пренебрежимо малым.

В работе исследуется также влияние процесса резонансной перезарядки ионов на атомах на продольные и поперечные коэффициенты переноса тяжелых частиц частично ионизованной плазмы в магнитном поле. На основе общих выражений для коэффициентов вязкости и теплопроводности атомов и ионов, полученных в приближении 21 момента метода Грэда для плазмы, образованной из частиц, не имеющих внутренней структуры [2], рассчитаны значения этих коэффициентов переноса для D, He, D-He и D-T плазмы. Показано, что при расчете коэффициентов переноса плазмы учет процесса резонансной перезарядки приводит к значительным эффектам, приводящим к увеличению значений коэффициентов переноса ионного компонента плазмы и снижению значений коэффициентов переноса атомов.

Литература

1. Жданов В.М., Степаненко А.А. Тезисы доклада
2. Жданов В.М., Степаненко А.А. Физика плазмы, 2013, Т. 39, № 12,стр. 1089.