

Столкновительная рекомбинация в неидеальной плазме

Ланкин А.В.
ИТЭС ОИВТ РАН

Работа посвящена изучению процесса рекомбинации в невырожденной неидеальной плазме. Для получения результатов использовалось молекулярно-динамическое (МД) моделирование, включающее метод, позволяющий выделять электрон-ионные пары, соответствующие квазиклассическим связанным состояниям.

Скорость столкновительной рекомбинации в идеальной плазме может быть описана соотношением $K_e = C(Z)e^{10} m^{-1/2} n_e^2 n_i \Gamma^{-9/2}$ где коэффициент $C(Z) \sim Z^3$ и не зависит от таких параметров плазмы как её температура и давление. В дальнейшем при описании зависимости частоты рекомбинации неидеальной плазмы будет удобно рассматривать коэффициент C как функцию, содержащую поправки к частоте рекомбинации в неидеальной плазме и зависящую от её температуры и концентрации.

В данной работе была рассмотрена зависимость скорости рекомбинации в неидеальной плазме от таких её параметров как неидеальность, заряд ионов и расположение частиц. Было обнаружено, что с увеличением степени неидеальности плазмы значение коэффициента C монотонно уменьшается. Более того, его уменьшение в сильнонеидеальной плазме происходит быстрее, чем $\Gamma^{-9/2}$, что приводит к тому, что зависимость скорость рекомбинации от степени неидеальности становится немонотонной. При малых степенях неидеальности она увеличивается по закону близкому к скорости трёхчастичной рекомбинации в идеальной плазме. Однако при дальнейшем увеличении неидеальности скорость рекомбинации проходит через максимум и начинает убывать. В плазме с зарядом ионов $Z = 1$ максимум расположен при $\Gamma = 0.9$.

Скорость рекомбинации в неидеальной плазме существенно зависит от величины заряда ионов. При малых степенях неидеальности эта зависимость описывается законом Z^3 , также как и в идеальной плазме. Однако в сильнонеидеальной плазме скорость рекомбинации начинает убывать с увеличением заряда ионов. В результате положение максимума скорости рекомбинации начинает смещаться в сторону меньших степеней неидеальности с увеличением величины заряда иона.

Скорость рекомбинации в сильно неидеальной плазме существенно зависит от характера расположения ионов. Для случая ионов фиксированных в узлах кристаллической решётки она оказывается в несколько раз меньше, чем для газобразной плазмы. Этот эффект наблюдается при $\Gamma < 1.4$ для однозарядной плазмы, $\Gamma < 0.7$ для двухзарядной и меньших неидеальностях плазмы при больших значениях зарядов ионов.

В качестве потенциала электрон-ионного взаимодействия был выбран кулоновский потенциал, урезанный на малых расстояниях. Было произведено изучена зависимости свойств системы в зависимости от его глубины $U_{\min} = -(5-15)kT$. Было установлено, что в этой области параметров скорость рекомбинации от глубины потенциала практически не зависит.