Электроны в неидеальной частично вырожденной плазме Х-пинча

Иваненков Г.В.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия, [ivanenkov.gv@mail.ru](mailto:ivanenkov.gv@mail.ru)

Обсуждаемые вопросы возникли в связи с исследованиями процессов в экстремально плотной плазме горячей излучающей точки X-пинча, приводящих к её взрыву и прекращению рентгеновской вспышки. Какие-либо возможные причины этого явления долгое время не были известны. Проведённый анализ позволил предложить механизм взрыва горячей точки X-пинча.

Оценки кулоновского взаимодействия частично вырожденных электронов ячейки с ионом выявили необходимость рассмотрения, помимо быстрых дебаевских, также ещё и медленных ячеечных свободных электронов многократно ионизованной плазмы.Сильная кулоновская связь электронов с ионами по-разному проявляется в области низких и высоких кинетических энергий *ε*. Деление электронов по соответствующим группам можно провести на основе сравнения параметра Ландау  с радиусом элементарной ячейки *rs*. При энергиях  поведение электронов отвечает классическому дебаевскому типу: они быстро пролетают ячейку, лишь кратковременно взаимодействуя с находящимся в ней ионом. Взаимодействие с ионом ограничивает снизу спектр кинетических энергий таких электронов. Медленные электроны ячейки, имеющие энергии , непрерывно находятся под сильным действием центрального и ближайших к нему ионов. Время перехода этих электронов между соседними ячейками  представляет обратное значение электронной плазменной частоты , а длина пробега оказывается . Вопрос о распределении свободных электронов между двумя группами решается на основе рассмотрения задачи об определении электрического поля внутри ячейки. Обсуждается роль 2-групповых эффектов в процессах понижения потенциала ионизации и переноса электронов. Представление времени электрон-ионных столкновений, учитывающее эти эффекты, было использовано в условии замагниченности плазмы горячей точки X-пинча.

В проводимых сегодня расчётах финальной стадии сжатия X-пинча наблюдается формирование за времена нескольких пикосекунд структуры в виде вытянутого вдоль оси шнура экстремально плотной (1026 см–3) горячей (1 кэВ) плазмы с зарядами ионов *Z* ≈ 10. Длина шнура, достигающая 10 мкм, и радиус ~10–6 см соответствуют объёму, содержащему ~1010 ионов. Величина вложенной в образование такой структуры энергии имеет тот же порядок, что и менее сжатая окружающая плазма перетяжки. В этих расчётах обнаружено, что в ходе пикосекундного сжатия приосевой плазмы горячей точки возникает быстрое размагничивание электронов с последующим резким расширением плотного вещества. С этим эффектом можно связать начало взрыва, завершающего стадию излучения. Учёт 2-групповых эффектов в этих расчётах способствует усилению проявления кулоновской связи в переносе заряда и энергии электронами.

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-02-01206а.