

ОСКОЛКИ ДЕЛЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ПЕРВИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В ДЕЛЯЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕ

*Шапиева А.Е.,*¹ Кунаков С.К.,² Сон Э.Е.^{1,3}*

¹*МФТИ, Долгопрудный, Россия,* ²*КазНУ, Алматы, Казахстан,*

³*ОИВТ РАН, Москва, Россия*

**shapieva.ae@gmail.com*

После появления кинетической теории неравновесных свойств газов огромное количество публикаций было выпущено в свет [1]. Большинство из них сосредоточено на корректировке кинетического уравнения Больцмана в разных областях применения. Одним из наиболее цитируемых является [2], в котором изучаются высокочастотные газовые разряды для слабоионизованной плазмы, в которой существуют ограниченные условия.

Основное внимание в этой работе уделяется разработке методов расчета энергетических распределений в газе с низкой плотностью ионов под действием высокочастотного электрического поля. Предположение о том, что начальная и конечная скорости налетающей частицы очень близки друг к другу, приводит к достаточному количеству ограничений в использовании определенных приложений. Высокоэнергетические электроны взаимодействуют с атомами не как в классической модели (сфера с некоторыми жесткими объектами), а как со сложной динамической системой заряженных частиц, находящейся в состоянии динамического равновесия и фактически взаимодействующей с движущимися электронами, находящимися на верхних орбиталях. Что является источником первичных электронов, это и есть очень важная проблема, которая не обсуждалась и не определялась. Идентификация быстрых электронов с энергией около МэВ (убегающий электрон) хоть и обсуждалась [3], но так и не была окончательно решена. Вопросы о том, в каком энергетическом диапазоне начинается и заканчивается излучение (тормозное излучение), и как учесть образование рентгеновских лучей в кинетическом уравнении остались открытыми. Рентгеновские лучи также можно рассматривать как электроны (длина волны де Бройля по порядку равна рентгеновской волне) [4]. Кроме того возникает вопрос: не приводит ли поглощение рентгеновских лучей электронами к увеличению кинетической энергии до МэВ-ных энергий, где обычно осцилляции нейтрино связаны с присутствием β -электронов. В настоящем докладе подробно представлен аналитический вид кинетического уравнения Больцмана, а точнее говоря, системы самосогласованных кинетических уравнений, определяющие кинетические уравнения образования продуктов деления и электронов, описывающие энергетические спектры быстрых частиц в ядерной

возбуждаемой плазме. Определены и представлены в детальном виде спектры первичных электронов для слабо ионизированной плазмы, взаимодействующей с нейтронами. Аналитические выражения спектров первичных электронов были получены в первом приближении на основе монохроматических энергетических спектров продуктов деления изотопов гелия-3, представленных в виде δ -функций. Выражения для первичных электронов, рожденных из ядер трития, также получены численным и аналитическим способом предлагаемой системой решения кинетических уравнений. Первичные электроны в свою очередь могут также вызвать процессы ионизации. Распределение энергии для первичных электронов, созданных быстрыми электронами, рожденных из протонов и ядер трития определено и сравнивается со статистическим расчетами на основе метода Монте-Карло.

-
1. Chapman S., Cowling T.G. The Mathematical Theory of Non-Uniform Gases.// Camb. Univ. Press. 1952. P. 431.
 2. Holstein T. Energy distribution of Electrons in High Frequency Gas Discharges.// Phys. Res. A. 1946. V. 70. P. 367.
 3. Gurevich A. V., Zybin K. P. Runaway Breakdown and the Mysteries of Lightning. // Phys. Today. 2005. P. 37.
 4. Loeb L. B. The Mechanisms of Stepped and Dart Leaders in Cloud-to-Ground Lightning Strokes.// J. Geophys. Res. 1995. V. 71. P. 4711.