БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ЕЛЕКТРОНИКА
Вх. № 440 / 08.04.2025 г.

ДО: Научен Съвет на
Институт по Електроника
"Акад. Емил Джаков"– БАН
Т У К

Относно: Участие в конкурса за наградата на името на Акад. Емил Джаков за най-добра научна публикация през 2024 г.

МОЛБА

от доц. д-р Миглена Димитрова Димитрова,
лаборатория „Физика и техника плазмата" към ИЕ-БАН

Уважаеми колеги,

Моля да бъдем допуснати за участие в конкурса със следната публикация:

M Dimitrova, D López-Bruna, J P Gunn, J. Kovačič, V Svoboda, J Stockel, **P Ivanova, E Vasileva, E Hasan**, R Dejarnac, U Losada, C Hidalgo and **Tsv K Popov**, Plasma properties in the vicinity of the last closed flux surface in hydrogen and helium fusion plasma discharges 2024 *Plasma Phys. Control. Fusion* **66** 075022.

Публикацията е статия в списание с висок импакт фактор, **IF: 2.1** в *Plasma Physics and Controlled Fusion*.

В работа е приложен методът на първата производна, чрез който е определена Функцията на разпределение на електроните по енергии (ФРЕЕ) в хелиева плазма на стеларатор TJ-II. Благодарение на осъществените моделни пресмятания с помощта на програмата EIRENE е потвърдена хипотезата предложена в Popov Tsv K *et al* 2015 *Plasma Phys. Control. Fusion* **57** 115011. Хипотезата е свързана с обяснение за появата на нискотемпературната група електрони в случай на не-Максуелова ФРЕЕ. Причината е йонизация на неутрални атоми и е показано, че концентрацията на нискотемпературните електрони съответства на получения от модела източник на електрони. Работата е със съавтори от Прага (Чехия), Мадрид (Испания) и Кадараш (Франция) поради това, че са използвани сондови измервания от експерименталните устройства там, съответно токамак GOLEM, стераторът TJ-II и токамак WEST.

Българският екип има основен принос в провеждането на експериментите, обработването на данните, написването на работата и направените изводи от получените резултати.

Надявам се, че комисията по конкурса ще оцени по достойнство приносите в публикацията и най-вече факта, че тя е основно плод на дългогодишния ни труд.

Прилагам като допълнителен материал писмо – описание на научните постижения в областта на физиката на плазмата, отразени в публикацията.

08.04.2025 г. С уважение:
София / доц. д-р Миглена Димитрова /

ДО:
Научен Съвет на
Институт по Електроника
"Акад. Емил Джаков"– БАН
Т У К

Относно: Приносите в публикацията, представена за участие в конкурса за наградата на името на Акад. Емил Джаков за 2024 г.

Уважаеми Колеги,

С настоящето писмо представям приносите на публикацията, участваща в конкурса със следното библиографско описание:
M Dimitrova, D López-Bruna, J P Gunn, J. Kovačič, V Svoboda, J Stockel, **P Ivanova, E Vasileva, E Hasan**, R Dejarnac, U Losada, C Hidalgo and Tsv K Popov, Plasma properties in the vicinity of the last closed flux surface in hydrogen and helium fusion plasma discharges 2024 *Plasma Phys. Control. Fusion* **66** 075022.

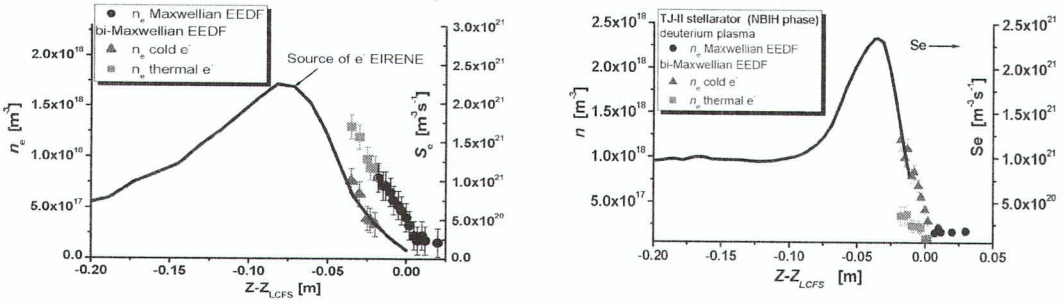
В работа е представено обобщение на теорията на метода на първата производна (МПП), който е приложен при обработката на сондови характеристики в три експериментални машини, а именно токамаци GOLEM, WEST и стеларатор TJ-II. Идеята за сондовата глава на GOLEM токамак е на доц. Цв. Попов. Представени са резултати за температурата, T_e и концентрацията, n_e на електроните в пристенната плазма във водород и хелий на GOLEM, в хелий на TJ-II и различни смеси от деутерий и хелий на WEST. Доц. Попов участва в провеждането на експериментите на TJ-II, GOLEM и WEST, а доц. Димитрова присъства на експериментите на токамаците GOLEM и WEST.

Фокусът на работата е насочен към определяне вида на функцията на разпределение на електроните по енергии (ФРЕЕ), която в много случай не е Максуелова. Целта беше да се провери хипотезата, че наличието на нискотемпературната група електрони при би-Максуелова ФРЕЕ е в резултат на йонизация на неутрални атоми от топлинните електрони.

Голяма част в публикацията е посветене на стеларатора TJ-II, в която е направено сравнение на експериментални резултати и моделни пресмятания от програмата EIRENE. Това позволи хипотезата да бъде подкрепена и основната причина за появата на би-максуеловата ФРЕЕ в близост до LCFS е възбуждането и йонизацията на неутрални атоми, когато енергията на топлинни електрони е достатъчно висока тези процеси да се осъществят. На фигура 1 са показани определените със сондите концентрации на електроните в черно когато ФРЕЕ е Максуелова, и когато е би-Максуелова – сините триъгълници са за нискотемпературната група електрони, а червените квадрати – високотемпературните електрони. Вижда се, че от сравнението с източника на електрони от EIRENE (плътната черна линия) отговаря на нискотемпературната група в хелий (фиг. 1 а)) и във водород (фиг. 1 б)). Съответно съотношението между концентрациите на двете групи електони е различно при He и D_2.

Основен принос е, че е установена разлика е съотношението на двете групи електрони – студените са по-малко в хелиева плазма. Това се обяснява с факта, че максимумът на източника на електрони е на 7.5 см навътре от сепаратрисата, а при водород е на 3 см, т.е. по-близо до зоната на нашите измервания. Очаква се, че ако можеше да се проведат измервания по-навътре в плазмата с хелий, то това съотношение на електроните би се променило и нискотемпературните електрони да станат доминиращи в близост до максимума на моделирания източник на електрони.

Другият основен принос е, че има разлика в положението където се получава би-Максуеловата ФРЕЕ при различните газове. Тя може да се обяснят с разликите в коефициентите на скоростта на йонизация на деутерия и хелия и енергията на йонизация, която е наполовината по-ниска за D_2. Т.е. би-Максуелова ФРЕЕ се появява когато топлинните електрони имат енергия около енергията на йонизация на газовете – за D_2 при 10 eV и за He при 21 eV. Тези стойности са малко по-ниски от енергията на йонизация, затова важна ролят играят и процесите на възбуждане, които изискват малко по-ниска енергия.



а) **б)**

Фиг. 1. Радиален профил на концентрацията на електроните в **а)** хелий и **б)** водород. Плътни кръгчета (Максуелова ФРЕЕ), триъгълници (студени) и квадрати (термални) електрони при би-Максуелова ФРЕЕ на TJ-II. Плътна линия – от програмата EIRENE източник на електрони.

В дивертора на токамак WEST първите резултати показват, че ФРЕЕ в случай на почти чиста He плазма обикновено е Максуелова с T_e около 17 eV. Температурата на He плазмата не е достатъчно висока, за да се наблюдава би-максуелово разпределение - производството на електрони изисква електронната температура да бъде близо до He йонизационния потенциал, който надвишава 21 eV.

Що се отнася до резултатите на токамак GOLEM, та плазмата в He беше доста студена и отново определената ФРЕЕ е определена като Максуелова. Условията там не ни помогната за потвърждаване на хипотезата.

Като заключение, дали има би-Максвеловата ФРЕЕ или не зависи от работния газ и температурата на електроните в близост до сепаратрисата. Ако има достатъчно неутрални атоми и електрони, които са по-горещи от енергията на йонизацията за неутралните атоми, тогава наблюдаваната ФРЕЕ най-вероятно няма да бъде Максуелова.

Следствията от получените нови резултати са със значителен принос. Те имат пряко отношение към изучаването на термоядрената плазма.

08.04.2025 г. С уважение:

София / доц. д-р Миглена Димитрова /