

3. félévi doktori beszámoló

Vass Máté

Fizikai Doktori Iskola/Statisztikus Fizika, Biológiai Fizika és Statisztikus Rendszerek Fizikája

Témavezető: Donkó Zoltán

A dolgozat címe: Elektronfűtés vizsgálata rádiófrekvenciás kapacitív plazmákban a Boltzmann-egyenlet momentumai alapján

E-mail: vass.mate@wigner.hu

1. Bevezetés

A félévben – a korábbiakhoz hasonlóan – az ún. *Boltzmann term analysis* nevű módszert alkalmaztam különböző esetekben annak reményében, hogy újabb jelenségek magyarázatára derül fény a kapacitívan csatolt rádiófrekvenciásan gerjesztett plazmák fizikájában.

2. Az aktuális félévben elvégzett kutatások

Az elmúlt félévben a következő témákkal foglalkoztam:

- Nagyenergiás elektronok határrétegben történő mozgásának pályáit vizsgáltam és ez alapján meghatároztam, hogy a pályákat létrehozó elektronok hogyan keletkeztek, illetve ezek alapján adott körülmények között az elektródák milyen tulajdonságai dominálnak. Ebből cikk készült, amely jelenleg elbírálás alatt áll, lásd 'Publikációk' fejezet.
- Vizsgáltam az ütközési operátor, illetve ebből adódóan az elektronok impulzusvesztésének „klasszikus” közelítésének helyességét különböző körülmények között. A teljes impulzusvesztés, $\Pi_c = -m_e n_e n_g \langle \sigma_m v v_x \rangle$, ahol m_e és n_e az elektronok tömege és sűrűsége, n_g a háttérgáz sűrűsége, v az elektronok sebessége, σ_m az elektronok teljes momentumtranszferhatáskeresztmetszete, az átlagolás pedig az elektronok eloszlásfüggvényére történik. A klasszikus közelítés a következő:

$$-m_e n_e n_g \langle \sigma_m v v_x \rangle \approx -m_e n_e \langle v_x \rangle \langle n_g \sigma_m v \rangle = -m_e n_e u_e \nu_m, \quad (1)$$

ahol bevezettük a ν_m ütközési frekvenciát és az elektronok $\langle v_x \rangle = u_e$ átlagsebességét. Az eredmények azt mutatják, hogy az Ohmikus fűtés teljes térbeli és időbeli átlaga a klasszikus közelítés esetén kisebb, mint a PIC/MCC szimulációkból kapott „korrekt” érték. A különbség a nyomás és a gáz függvényében is eltérő. Általánosan elmondható, hogy a nyomás csökkenésével nő az eltérés a két érték között, ennek oka abból fakad, hogy alacsony nyomáson megnő a nagyenergiás elektronok száma, melyek így nagyobb mértékben tudják növelni az impulzusvesztést, azonban a klasszikus közelítés miatt az átlagsebességet továbbra is az alacsony energiás elektronok határozzák meg, hiszen „sokkal többen vannak”. Hasonlóan, amennyiben a gáz hatáskeresztmetszetében található Ramsauer-minimum, a klasszikus közelítés sokkal rosszabb, mint egyéb gázok esetén. Az indok hasonló a fentihez: mivel a klasszikus közelítés „előnyben részesíti” az alacsony energiával rendelkező elektornokat, így akkor lesz a klasszikus közelítés pontos, ha valóban igaz, hogy csak az alacsony energiájú elektornok számítanak.

Azonban a Ramsauer-minimum miatt az alacsony energiás elektronok keveset ütköznek, így a klasszikus közelítés sokkal rosszabb lesz Ramsauer-minimummal rendelkező gázokban, mint egyéb esetekben.

- Vizsgáltam atmoszferikus nyomású Ar-He-N₂ mikroplazma-jeteket a Boltzmann term analysis segítségével. Az eredmények azt mutatják, hogy noha a nagy nyomás miatt szinte teljes mértékben csak Ohmikus-fűtés van jelen, az ionizációért mégis az ambipoláris elektromos tér a felelős.

3. Publikációk

- Vass M, Egüz E, Chachereau A, Hartmann P, Korolov I, Hösl A, Bošnjakovic D, Dujko S, Donkó Z & Franck C M, *Electron transport parameters in CO₂: a comparison of two experimental systems and measured data* 2021 *J. Phys. D: Appl. Phys.* **54** 035202 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/abbb07/meta>)
- Vass M, Derzsi A, Schulze J & Donkó Z, *Intrasheath electron dynamics in low pressure capacitively coupled plasmas* beküldve a *Plasma Sources Sci. Technol.* folyóirathoz

4. Tanulmányi tevékenységek

Ebben a félévben a következő tárgyakat végeztem el:

1. *Asztro-részecskefizika* (FIZ/2/132)
2. *Kvantuminformáció-elmélet* (FIZ/3/060E)

Mindkét tárgyra 'jeles' érdemjegyet kaptam.

5. Konferenciák

A félévben két (online) nemzetközi konferencián vettem részt:

1. Meghívott előadás *Electron power absorption in capacitive RF plasmas based on a moment analysis of the Boltzmann equation* címmel, 73rd Annual Gaseous Electronics Virtual Conference (<http://meetings.aps.org/Meeting/GEC20/Session/PW2.1>)
2. Szóbeli előadás *Understanding Electron Power Absorption in CCPs via a Boltzmann Term Analysis as a Basis for Knowledge-Based Process Development* címmel, The 8th International Conference on Microelectronics and Plasma Technology & the 9th International Symposium on Functional Materials http://icmap2020.org/download/program01/The_8th_ICMAP_&_The_9th_ISFM_Final_Program_TB4.pdf

6. Egyéb

A 2021/22-es tanévre elnyertem az ÚNKP doktori ösztöndíját.

6.1. Szakmai közéleti tevékenység

A félév során műhelyórát tartottam másodéves fizikus hallgatóknak az Eötvös Collegiumban *Bevezetés a funkcionálanalízis fizikai alkalmazásaiba* címmel (heti 2x45 perc).