

Základní experiment fyziky plazmatu

P. Háček, M.Kubič

Supervisoři miniprojektu, KF FJFI ČVUT, Praha

M. Tripský

Masarykovo gym., Příbor

m.tripsky@atlas.cz

K. Mitošinková

gym. Mikulov

K.Mitosinkova@seznam.cz

V. Nešverová

Gymnázium Jiřího Gutha – Jarkovského, Praha

v.nesver@volny.cz

M.Odstrčil

Gym. Postupická, Praha

Michal@gmail.com

Abstrakt:

Při doutnavém výboji jsme pomocí dvojité Langmuierovy sondy měřili voltampérovou charakteristiku (I-V) plazmatu v nízkotlakové výbojové trubici, která byla naplněna řídkým plynem (neon). Z těchto naměřených hodnot jsme sestrojili I-V charakteristiku, kterou jsme potom porovnali s teoretickou křivkou. Pomocí naměřených hodnot a jejich porovnávání jsme pak došli k hodnotám hustoty a teploty daného plazmatu.

1 Úvod

Při experimentu jsme pracovali s nízkoteplotním plazmatem. Plazma je kvazineutrální plyn nabitých a neutrálních částic, který vykazuje kolektivní chování. Kvazineutralita - celkový elektrický náboj je mnohem menší než celkové množství absolutní hodnoty záporného a kladného náboje. Kolektivním chováním rozumíme pohyby, které nezávisí pouze na lokálních podmínkách, ale rovněž na stavu plazmatu ve vzdálených oblastech. Dále jsme používali dvojitou Langmuierovu sondu, což je malá kovová elektroda, která přichází do přímého kontaktu s plazmatem a měří jeho proud. Pro I-V charakteristiku dvojíých Langmuierových sond platí vztahy (1) a (2):

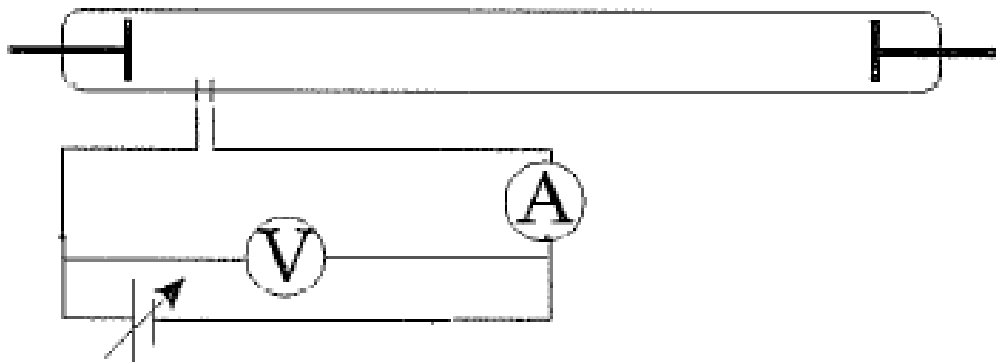
$$I = I_s \frac{e^{\left(\frac{q_e(V-\Delta\varphi)}{kT}\right)} - 1}{1 - \frac{A_1}{A_2} e^{\left(\frac{q_e(V-\Delta\varphi)}{kT}\right)}} \quad (1),$$

$$I_s = Aq_e n_i \sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (2),$$

kde I je proud protékající sondou, I_s je iontový satureovaný proud, A_1 a A_2 jsou plochy částí Langmuierových sond v plazmatu, $q_e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C elementární náboj, V je měřené napětí na sondě, $\Delta\varphi$ je rozdíl potenciálů sond, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ JK⁻¹ je Boltzmannova konstanta, T je teplota plazmatu v K, $m = 3,35 \cdot 10^{-26}$ kg je hmotnost atomu neonu a n_i je hustota iontů.

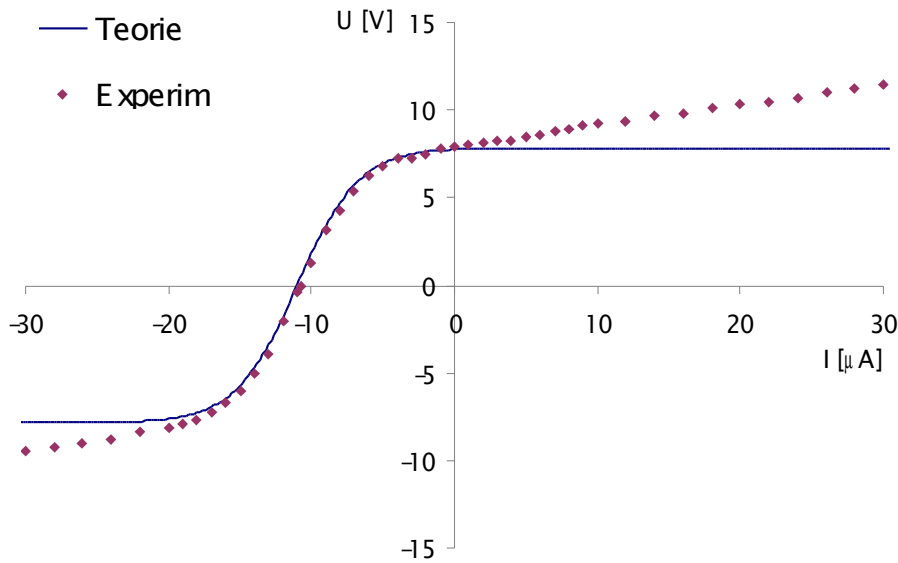
2 Měření

Provedli jsme dvě měření na nízkotlakové neonové trubici pomocí dvojité Langmuierovy sondy (*obr. 1*). U prvního měření s napětím 850V jsme měřili s krokem napětí 2V a v částech, kde docházelo k výrazným změnám v hodnotách proudu jsme zvolili krok 1V. Při druhém měření s napětím 1000V jsme postupovali podobně, ale v částech s největšími rozdíly hodnot proudu jsme zvolili krok 0,5V.

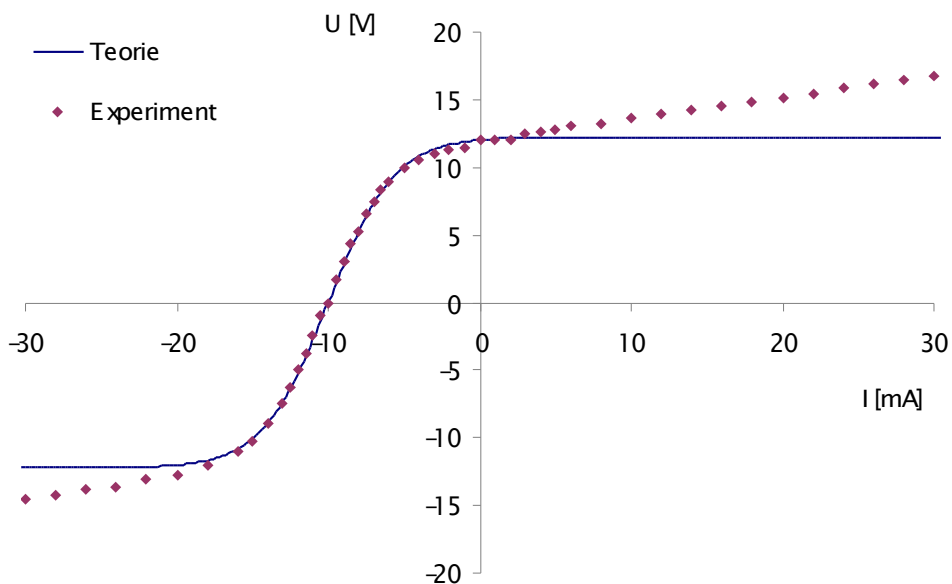


Obr.1: Schéma zapojení experimentu

Tak jsme vytvořili graf naměřených hodnot I-V charakteristiky a porovnávali s teoretickou křivkou. Změřili jsme průměr a délku částí Langmuierových sond, které přicházely do přímého kontaktu s plazmatem, abychom mohli dopočítat jejich povrch a dosadit jej do vztahů (1) a (2). Tak jsme vytvořili graf naměřených hodnot I-V charakteristiky a porovnávali s teoretickou křivkou (*graf 1, graf 2*). Z porovnání I-V charakteristik jsme získali hustotu a teplotu plazmatu v trubici.



Graf 1: *I-V charakteristika při zdrojovém napětí 850V*



Graf 2: *I-V charakteristika při zdrojovém napětí 1 000V*

3 Shrnutí

Provedli jsme dvě měření na nízkotlakové neonové trubici pomocí dvojité Langmuierovy sondy. Nejdřív se zdrojovým napětím 850V a potom se zdrojovým napětím 1000V. Naměřili jsme dvě I-V charakteristiky a z nich jsme získali porovnáním s teoretickou křivkou podle vztahů (1) a (2) hustotu a teplotu plazmatu (*tab.1*). Zjistili jsme, že s napětím nám vzrostla hustota a teplota plazmatu. Hustota a teplota nám s napětím rostla, protože při vyšším napětí se ionizovalo více částic. Pro typický doutnavý výboj je hustota plazmatu v řádech 10^{15} m^{-3} a teplota 2eV ($1\text{eV} \approx 11\,600\text{K}$). Naše naměřené hodnoty přibližně odpovídají těmto hodnotám. Chyby nám mohly vzniknout nepřesným změřením plochy sondy, protože bylo provedeno

přes výbojovou trubici. Dalším zdrojem chyb mohlo být nestálostí proudu mezi sondami při konstantních hodnotách napětí.

Tab. 1: Získané hodnoty hustoty a teploty plazmatu

<i>U [V]</i>	<i>n_i [m⁻³]</i>	<i>T [K]</i>
<i>850</i>	$1,6 \cdot 10^{15}$	25 000
<i>1000</i>	$2,4 \cdot 10^{15}$	27 000

Poděkování

Poděkování za zapůjčení přístrojů, dodání nových informací, našim skvělým supervisorům za pevné nervy a všem, kteří nám umožnili, aby takováto akce vůbec vznikla.

Reference:

- [1] CHEN, F. F. *Úvod do fyziky plazmatu* Academia, 1984.
- [2] KRACÍK, J. – SLAVÍK, J.B. – TOBIÁŠ, J. *Elektrické výboje SNTL*, 1964.
- [3] STEJSKAL, P. *Měření základních parametrů plazmatu Langmuierovými sondami*, 2003.