

# Základní experiment fyziky plazmatu

Ing. J. Nohava  
*supervisor projektu, KMAT FJFI ČVUT, Praha*  
V. Gergelits  
*Gymnázium Benešov*  
H. Maňáková  
*Gymnázium Benešov*  
J. Ryszawy  
*SPŠE Havířov*  
M. Staněk  
*Gymnázium Jeseník*  
P. Váňa  
*SPŠE Mohelnice*

## Abstrakt:

Cílem projektu bylo změřit základní parametry plazmatu, hustotu a teplotu. Měření jsme prováděli v laboratořích FJFI na neonovém nízkotlakém výboji. Výsledky jsme konzultovali v Ústavu fyziky plazmatu AVČR na pracovišti Tokamak.

## 1 Úvod

Při práci na našem projektu jsme se seznámili se základy fyziky plazmatu. Cílem našeho měření bylo určení základních parametrů plazmatu tzn. *hustoty* a *teploty* pomocí Langmuierových sond.

*Plazma* je kvazineutrální plyn nabitých a neutrálních částic, (navenek elektricky neutrální, avšak uvnitř probíhají elektromagnetické interakce), který vykazuje kolektivní chování (pohyby částic plazmatu nezávisí pouze na lokálních podmínkách, ale rovněž na stavu plazmatu ve vzdálených oblastech).

## 2 Experimentální část

Jednou z nejpoužívanějších metod pro určení hustoty a teploty plazmatu je měření voltampérové charakteristiky dvojité Langmuierovy sondy<sup>1</sup>. Získaná závislost napětí na proudu je interpolována pomocí teoretického vzorce<sup>2</sup>, kde neznámé parametry jsou teplota  $T_e$  a saturační proud sondy  $I_o^+$ . Pomocí vzorce<sup>3</sup> lze ze získaných hodnot saturačního proudu a teploty určit hustotu plazmatu  $n$ .

Při experimentu byly použity: nízkotlaká neonová výbojová trubice připojená ke zdroji napětí 1 ÷ kV, voltmetr a ampérmetr. Langmuierova sonda byla připojena na zdroj napětí 0 ÷ 50V.

$$I = I_1^+ \frac{1 - e^{\left(\frac{V - \Delta\phi}{T_e}\right)}}{1 + \frac{A_1}{A_2} e^{\left(\frac{V - \Delta\phi}{T_e}\right)}} \quad (2)$$

$$I_1^+ = \frac{1}{4} A n_i \sqrt{\frac{T_e}{M}} \quad (3)$$

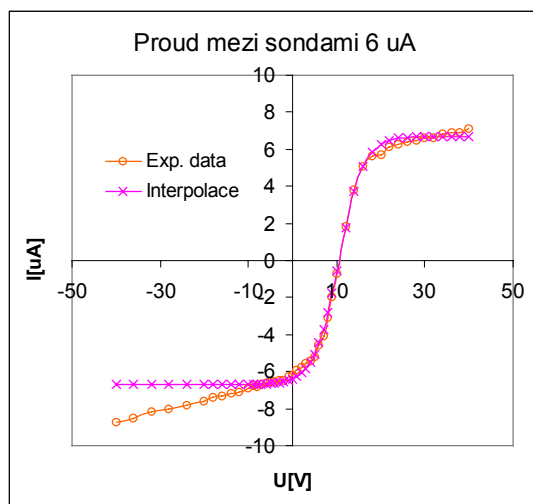
<sup>1</sup>Langmuierova sonda je vodivý materiál (konec drátku) přivedený do kontaktu s plazmatem

### 3 Výsledky a diskuse

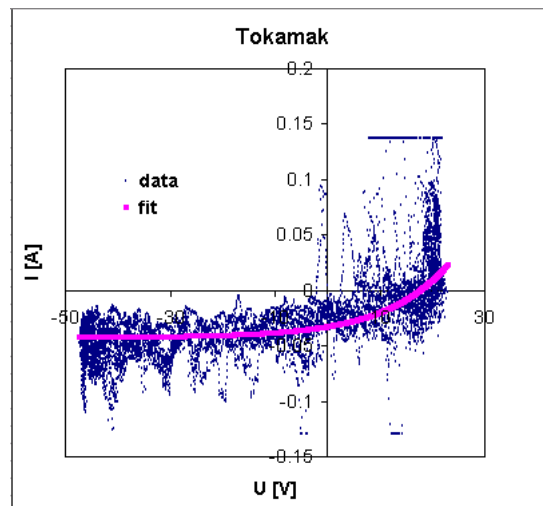
Z prvního měření s menším budícím napětím ( proud mezi sondami  $6\mu\text{A}$ ) jsme po interpolaci naměřených hodnot stanovili elektronovou teplotu  $T_e = 2,8\text{ eV}$  a hustotu  $n_i = 3,27 \cdot 10^{19}\text{ m}^{-3}$ .

V druhém měření s vyšším budícím napětím (proud mezi sondami  $10\mu\text{A}$ ) byla po interpolaci stanovena elektronová teplota  $T_e = 2,4\text{ eV}$  a hustota  $n_i = 6,11 \cdot 10^{19}\text{ m}^{-3}$ .

Naměřené hodnoty odpovídají teoreticky předpovězené závislosti a z interpolace bylo možné stanovit elektronovou teplotu  $T_e$  a hustotu  $n_i$  plazmatu. Zjištěné hodnoty jsou v souladu s běžnými parametry nízkoteplotního plazmatu při doutnavém výboji, které jsou používány v experimentální praxi. Pro srovnání uvádíme výsledky měření jednoduchou Langmuierovou sondou na tokamaku Castor. Vyhodnocení těchto získaných dat bylo značně náročnější než vyhodnocení výsledků miniprojektu vzhledem k povaze plazmatu, ve kterém se vyskytují turbulence a jiné nepravidelnosti.



Obr. 1 dvojitá sonda - miniprojekt.



Obr. 2 jednoduchá sonda - tokamak Castor.

### Závěr

Při práci na miniprojektu jsme se seznámili se základními teoretickými znalostmi fyziky plazmatu, které jsme měli možnost ověřit i v praxi. Nepřímou metodou jsme získali hodnoty hustoty a teploty plazmatu, které jsme ověřili na pracovišti UFP AV ČR. Vyhodnocení dat získaných na tokamaku bylo náročnější vzhledem k jejich velkému množství.

### Poděkování

Autoři děkují za pomoc při realizaci miniprojektu sponzorům , FJFI ČVUT a UFP AV ČR.

### Reference:

- [1] KRACÍK J, - SLAVÍK J.B. - TOBIÁŠ J.: ELEKTRICKÉ VÝBOJE, SNTL Praha, 1994
- [2] CHEN F. F.: ÚVOD DO FYZIKY PLAZMATU, Academia, Praha, 1994
- [3] NÁVOD K FYZIKÁLNÍMU PRAKTIKU – FJFI ČVUT, 2000