

# Měření hustoty a teploty plazmatu

J. Dostál

*Supervisor projektu FJFI ČVUT, Praha*

V. Hubka

*Gym. Podbořany, Podbořany*

[Hubkav@seznam.cz](mailto:Hubkav@seznam.cz)

T.Kosová

*Česko-anglické gym. Č. Budějovice*

[kosova@cag.cz](mailto:kosova@cag.cz)

A.Přindiš

*Gym. Nad Štolou, Praha*

[ajotallah@seznam.cz](mailto:ajotallah@seznam.cz)

I.Strašil

*Gym. Vídeňská, Brno*

[istrasil@gvid.cz](mailto:istrasil@gvid.cz)

## **Abstrakt:**

Cílem tohoto miniprojektu bylo změřit základní parametry plazmatu, tj. hustotu a teplotu. Nejprve jsme se seznámili s daným tématem a následně měření jsme provedli v laboratořích FJFI ČVUT. K dispozici jsme měli nízkotlakou neonovou výbojovou trubici, ve které jsme pozorovali doutnavý výboj. Naměřené hodnoty a výsledky jsme zpracovali a následně je porovnali s naměřenými hodnotami z předešlých let. Tyto hodnoty nám však nepřipadaly příliš důvěryhodné, proto bylo naším cílem zpracovat naměřená data co nejkvalitněji.

## **1 Úvod**

V průběhu našeho snažení o splnění našeho projektu jsme se seznámili se základními informacemi o fyzice plazmatu. Naším úkolem bylo určit základní parametry plazmatu, tj. hustotu a hmotnost, pomocí změřené voltampérové charakteristiky Langmuierových sond. Plazma považujeme za čtvrté skupenství látky. Je to soustava elektricky nabitých částic (iontů, volných elektronů) a neutrálních částic. Při dostatečně vysokých teplotách může být plazma složeno jen z volných atomových jader a elektronů. Jako příklad přírodního plazmatu je blesk nebo plamen. Jinou formou je plazma mezihvězdného prostoru a plazma hvězd.

## 2 Samotný experiment

Pro samotné měření jsme využili jedné z nejjednodušších diagnostických metod pro zjištění základních parametrů plazmatu - hustoty a teploty. Základem této metody je měření voltampérové charakteristiky dvojité Langmuierovy sondy, jež je tvořena vodivým materiálem, např. wolframem může to být i konec drátu, který je přiveden do kontaktu s plazmatem.

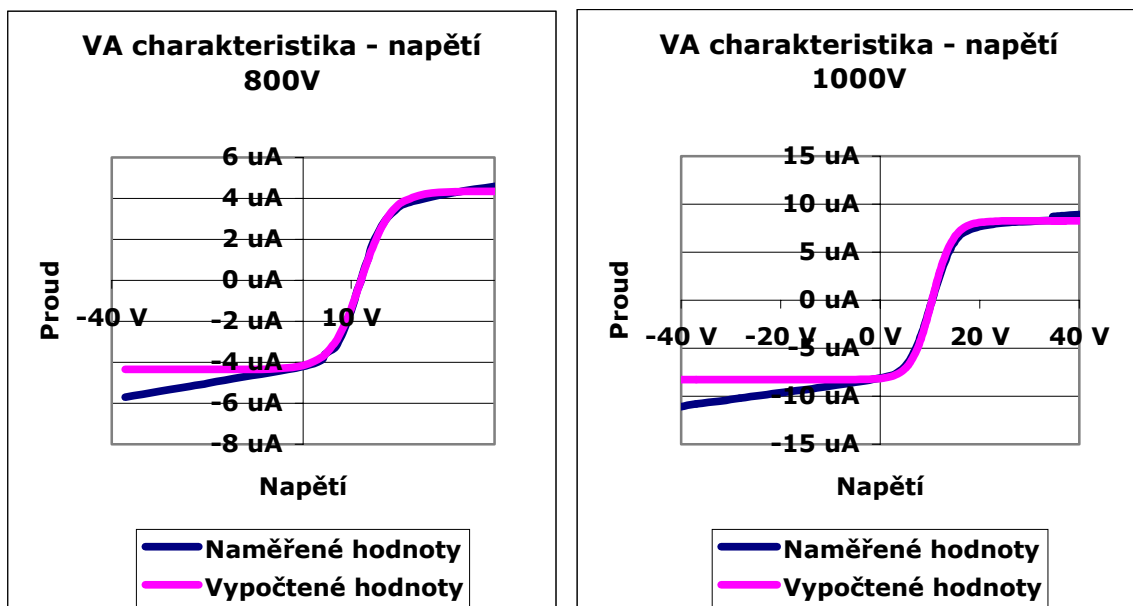
Samotné měření probíhalo nejdříve při nižším budícím napětí a následně při vyšším. Základem pokusu bylo zapojení neonové trubice do obvodu s ampérmetrem a voltmetrem (viz. schéma 1). Následné měření hodnot napětí jsme provedli postupným snižováním proudu. Po naměření všech požadovaných údajů lze ze vztahů 1, 2,

$$I = I_s \frac{1 - e\left(\frac{V - \Delta\varphi}{T}\right)}{1 + e\left(\frac{V - \Delta\varphi}{T}\right)} \quad (1)$$

kde  $I$  je naměřený proud,  $V$  naměřené napětí,  $\Delta\varphi$  je rozdíl potenciálů sond při nulovém proudu,  $I_s$  je iontový saturační proud,  $T$  je teplota plazmatu v eV a  $A_1$ ,  $A_2$  jsou plochy sond,  $n$  hustota plazmatu, určit konkrétní teplotu a hustotu měřeného plazmatu.

$$I_s = Aen_i \sqrt{\frac{KT}{m}} \quad (2)$$

Při prvním měření s nižším budícím napětím jsme na základě nafitování naměřených hodnot stanovili elektronovou teplotu a hustotu plazmatu;  $T_e=3,15$  (36540 K) a  $n_i=3,33 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-3}$ . V dalším měření při napětí vyšším byly hodnoty  $T_e=2,08$  eV(24128 K) a  $n_i=7,79 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-3}$ . Získané hodnoty dobře odpovídají běžným parametrům nízkoteplotního plazmatu při doutnavém výboji, které se užívají a jsou uváděny pro experimentální praxi.



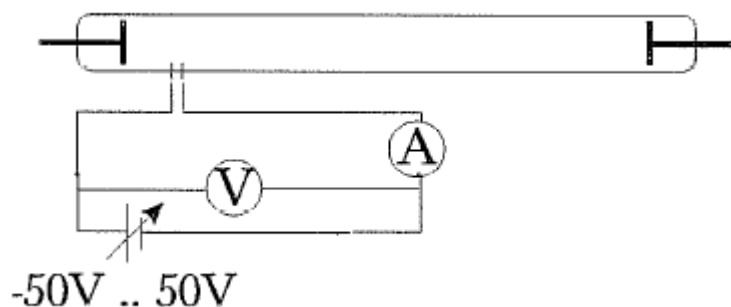


Schéma 1: Zapojení k měření VA charakteristiky Langmuirovými sondami

### 3 Shrnutí

Po vyčerpávající práci všichni členové našeho týmu pochopili základní poznatky fyziky plazmatu, která jsme si mohli ověřit i v praxi. Získání informací týkajících se termojaderné fúze a návštěva Ústavu fyziky plazmatu- Tokamak AVČR nás ohromily. Navíc poukázaly na složitý úkol fyziků na poli získávání nového čistého a dlouhodobě nevyčerpatelného zdroje energie.

Naše výsledky nám připadají realističtější než ty z minulého roku. Všem fyzikům přejeme hodně zdaru.

### Poděkování

Tvůrci děkují za poskytnutí prostoru, vybavení a duševní vzpruhu ČVUT FJFI. Dále bychom rádi poděkovali autorům fyzikálního týdne a pracovníkům Ústavu fyziky plazmatu - Tokamak AVČR, jmenovitě Vojtěchu Svobodovi, Honzovi Dostálovi.

### Reference:

1. Svoboda E. a kol.: *PŘEHLED STŘEDOŠKOLSKÉ FYZIKY* Prometheus, Praha, 1996
2. Chen, F. F.: *Úvod do fyziky plazmatu*, Plenum Press, 1997
3. <http://fyzika.fjfi.cvut.cz>