

# Praktikum z vakuové fyziky

## Úloha 9: Měření čerpací rychlosti turbomolekulární vývěvy

### Úvod

Cílem této úlohy je změřit čerpací rychlost turbomolekulární vývěvy metodou konstantního tlaku. Aparatura je sestavena ze dvou komor, které jsou odděleny přepážkou s malým kruhovým otvorem, průměr otvoru je  $D = 5,00$  mm, síla přepážky je  $L = 8,06$  mm. Ke spodní komoře je připojen čerpací stojan s turbomelekulární vývěvou a membránovou vývěvou. Ke každé komoře je připojen kombinovaný manometr - ionizační manometr se žhavenou katodou + Pirani manometr, k horní komoře je připojen jehlový ventil pro napouštění plynu, tím je vzduch při pokojové teplotě.

Čerpací rychlost turbomolekulární vývěvy můžeme určit ze vztahu

$$S = \frac{I}{P_1} \quad (1)$$

kde  $S$  je čerpací rychlost,  $I$  je proud plynu, a  $P_1$  je tlak ve spodní komoře připojené k vývěvě.

Pro výpočet musíme znát proud plynu  $I$ . Ten můžeme určit z vakuové vodivosti otvoru v přepážce a z rozdílu tlaků mezi komorami.

$$I = G(P_2 - P_1) \quad (2)$$

kde  $G$  je vakuová vodivost otvoru,  $P_1$  je tlak ve spodní komoře,  $P_2$  je tlak v horní komoře s jehlovým ventilem.

Vakuovou vodivost otvoru v přepážce pro molekulární typ proudění pro vzduch, teplotu  $T = 293$  K a kruhový průřez můžeme počítat, jako vodivost krátké trubice, podle následujících vztahů:

$$G_o = 115,6A [\text{m}^3\text{s}^{-1}]; G_t = 121\frac{D^3}{L} [\text{m}^3\text{s}^{-1}]; \frac{1}{G} = \frac{1}{G_o} + \frac{1}{G_t} \quad (3)$$

kde  $G$  je vakuová vodivost otvoru v přepážce,  $G_o$  je vakuová vodivost otvoru,  $G_t$  je vakuová vodivost trubice,  $A$  je plocha otvoru,  $L$  je síla přepážky,  $D$  je průměr otvoru.

### Kontrolní otázky

- Na jakém principu pracuje turbomolekulární vývěva?
- Proč má turbomolekulární vývěva různé čerpací rychlosti pro různé plyny?
- Proč turbomolekulární vývěvy nahrazují difuzní vývěvy?

### Úkoly a pracovní postup

- Prohlédněte si zapojení vakuových prvků na této úloze a seznamte se s ovládáním čerpacího stojanu, manometrů a jehlového ventilu pro připouštění plynu.
- Pomocí jehlového ventilu postupně zvyšujte tlak v aparatuře až do tlaku 1,5 Pa v komoře s jehlovým ventilem. Po pootevření jehlového ventilu je nutné počkat určitou dobu na ustavení rovnováhy ve vakuovém systému. Po ustavení rovnováhy v systému odečtěte tlaky  $P_1$  a  $P_2$  v komorách aparatury.
- Spočítejte Knudsenovo číslo pro přepážku mezi komorami a použité tlaky a určete o jaký typ proudění plynů se jedná.
- Spočítejte vakuovou vodivost otvoru v přepážce.
- Spočítejte a vynesete do grafu čerpací rychlost turbomolekulární vývěvy v závislosti na tlaku a porovnejte ji s čerpací rychlostí, kterou uvádí výrobce pro dusík.
- Měření proveďte pro dvě frekvence otáček turbomolekulární vývěvy  $f_1 = 1500 \text{ Hz}$  a  $f_2 = 700 \text{ Hz}$ .
- V závěru prodiskutujte možné chyby měření.