

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

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

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

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

$$Q = C(P_2 - P_1) \quad (2)$$

kde C 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:

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

kde C je vakuová vodivost otvoru v přepážce, C_o je vakuová vodivost otvoru, C_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 seznáňte 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 $f_2 = 750 \text{ Hz}$.
- V závěru prodiskutujte možné chyby měření.