

Praktikum z vakuové fyziky

Úloha 8: Čerpací efekt molekulového síta

Úvod

Tato úloha se zabývá čerpacím efektem molekulového síta a měřením jeho čerpací rychlosti.

Aparatura se skládá z rotační olejové vývěvy, komory a molekulového síta (zeolitu) ve skleněné ampuli. Kulový ventil odděluje vývěvu od zbytku aparatury. Druhý zavzdušňovací ventil slouží k zavzdušnění komory. Tlak měříme pomocí kombinovaného manometru MKS 910, který v sobě skrývá manometr MicroPirani a Piezo měrku. Mezi jednotlivými manometry systém přepíná automaticky, dle jejich měřících rozsahů.

Automatizace záznamu je založena na naprogramovaných elektronických součástkách, konkrétně modulu Arduino Ethernet a zesilovači pro termočlánek. Čerpací rychlost metodou konstantního objemu můžeme určit pomocí vztahu

$$S_{t_2-t_1} = \frac{V}{t_2 - t_1} \ln \left(\frac{P_{t_1} - P_0}{P_{t_2} - P_0} \right) \quad (1)$$

kde $S_{t_2-t_1}$ je průměrná čerpací rychlost v časovém intervalu $t_2 - t_1$, V je objem aparatury, P_{t_1} je tlak v čase t_1 , P_{t_2} je tlak v čase t_2 a P_0 je mezní tlak aparatury.

Kontrolní otázky

- V jakém rozsah tlaků měří manometr MicroPirani a v jakém Piezo měrka?

- Jakým způsobem zregenerujeme molekulové síto, proč je vůbec nutné ho regenerovat?
- K čemu můžeme využít molekulového síta ve vakuové technice?

Úkoly a pracovní postup

- Prohlédněte si aparaturu a seznamte se s jejím ovládáním.
- Na úvod změřte nepřímo objem aparatury, která je zavzdušněná. Na malý černý ventil nasad'te stříkačku a pomocí ní několikrát odsajte plyn a sledujte pokles tlaku. Následně několikrát zvyšte tlak plynu pomocí stříkačky. Zaznamenávejte si ručně hodnoty tlaků. Objem spočítejte ze stavové rovnice ideálního plynu.
- Zregenerujte molekulové síto zahřátím na teplotu 300 °C. Teplotu měřte pomocí termočlánek umístěném v topném hnízdě, které obklopuje skleněnou ampuli se zeolitem. V této části úlohy si nezaznamenáváte žádná data - regenerace molekulového síta je nutná pro obnovení jeho sorpční schopnosti.
- Nyní budeme měřit tlak v závislosti na teplotě při postupném chladnutí zeolitu. Vypneme vývěvu, abychom mohli pozorovat změnu tlaku v závislosti na měnící se teplotě. Termočlánek je připojen k elektronice starající se o záznam dat. Automatický záznam dat zapnete stisknutím a krátkým podržením červeného tlačítka (držte, dokud se na displeji neobjeví START). Data budou zaznamenána na SD kartu, ze které si je na závěr stáhnete.
- Při teplotě kolem 100 °C ampuli se zeolitem prudce zchlad'te jejím ponořením do tekutého dusíku.
- Měřte až do tlaku odpovídajícímu jednotkám Pascalů. Pro ukončení záznamu dat stiskněte a chvíli podržte černé tlačítko (držte, dokud se na displeji neobjeví STOP). Výstupem bude soubor s příponou *.dat* obsahující tři sloupce - první obsahuje data pro čas, druhý pro napětí a třetí pro teplotu. Hodnoty napětí převed'te na tlak. Pozn. V části experimentu po zchlazení tekutým dusíkem bude termočlánek ukazovat teplotu okolí

(není schopen změřit tak nízké teploty). Takže z druhé části experimentů nezískáte údaj o teplotě.

- Zaznamenaný průběh poklesu tlaku v čase vyneste do grafu.
- Z průběhu poklesu tlaku v čase spočítejte čerpací rychlost molekulového síta. Do grafu vyneste čerpací rychlost molekulového síta v jednotkách m^3h^{-1} v závislosti na tlaku.
- Diskutujte průběh čerpací rychlosti v závislosti na poklesu tlaku a vyhodnoťte chybu měření tlaku.