

# Vaja 4

## Pretočni kalorimeter

(I. Grabec: Predavanja iz fizike, str. 162–163, 172)

Namen vaje je določiti specifično toplosto zraka.

Zato, da se snovi z maso  $m$  pri konstantnem tlaku dvigne temperatura za  $\Delta T$ , ji je potrebno dovesti toplosti  $Q$ :

$$Q = mc_p \Delta T. \quad (4.1)$$

Pri tem je  $c_p$  specifična toplota snovi pri konstantnem tlaku.

Specifično toplosto plina lahko izmerimo s pretočnim kalorimetrom (slika 4.1). Skozenj po toplotno izolirani cevi teče plin s konstantnim masnim pretokom  $\Phi_m$ . Na nekem mestu v cevi plinu dovajamo toplotni tok  $P$  in merimo temperaturo  $T_1$  plina pred mestom gretja ter temperaturo  $T_2$  za mestom gretja. Z odvajanjem enačbe (4.1) po času dobimo izraz za toplotni tok  $P$ :

$$P = \Phi_m c_p \Delta T. \quad (4.2)$$

Tu je  $P = dQ/dt$  dovajani toplotni tok in  $\Phi_m = dm/dt$  masni tok plina. Pri odvajjanju smo privzeli ravnovesno stanje, ko se  $\Delta T = T_2 - T_1$  s časom ne spreminja. Če poznamo moč gretja  $P$ , masni pretok  $\Phi_m$  in razliko temperatur  $\Delta T$ , lahko z enačbo (4.2) izračunamo specifično toplost  $c_p$ .

Plinu dovajamo toploto z električnim grelnikom, za katerega velja:

$$P = UI, \quad (4.3)$$

kjer je  $U$  padec napetosti na grelniku in  $I$  električni tok, ki teče skozi grelnik. Masni tok merimo posredno z merjenjem volumskega toka  $\Phi_V$ :

$$\Phi_m = \rho \Phi_V. \quad (4.4)$$

Gostoto  $\rho$  lahko za zrak določimo iz splošne plinske enačbe:

$$p_s = \frac{\rho}{M} RT_s, \quad (4.5)$$

kjer je  $p_s$  tlak zraka v sobi,  $T_s$  temperatura zraka v sobi,  $M = 29 \text{ kg/kmol}$  molska masa zraka in  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$  splošna plinska konstanta.

## Naloga

1. Iz meritve s pretočnim kalorimetrom določi specifično toploto zraka pri konstantnem tlaku. Primerjaj jo s pravo vrednostjo iz literature (n.pr. B. Kraut: Strojniški priročnik).
2. Napravi tabelo, v kateri za spremenljivke  $T_s$ ,  $p_s$ ,  $P$ ,  $\Phi_V$  in  $\Delta T$  iz enačbe (4.6) navedi izmerjene vrednosti, ocenjene absolutne merske pogreške in ustreerne relativne merske pogreške v odstotkih. Katera od teh meritev prispeva največji pogrešek v računu specifične topote zraka?

## Potrebščine

- variak
- fen
- pretočni kalorimeter
- merilnik volumskega toka zraka
- usmernik
- barometer
- termometer
- ampermeter
- voltmeter

## Opozorilo

Vedno vključi najprej fen in šele nato grelnik. Napetost na fenu naj bo med 90 V in 150 V. Po končani vaji najprej izključi grelnik in šele nato fen.

## Navodilo

1. S termometrom izmeri temperaturo  $T_s$  zraka v sobi, z barometrom pa zračni tlak  $p_s$  v sobi.

Vključi fen, tako da naravnaš variak na napetost med 90 V in 150 V. Nato vključi grelnik: na usmerniku previdno naravnaj napetost, ki mora biti manjša od 25 V, tok skozi grelnik pa ne sme preseči 1 A. Izmeri tok  $I$  skozi grelnik in padec napetosti  $U$  na njem.

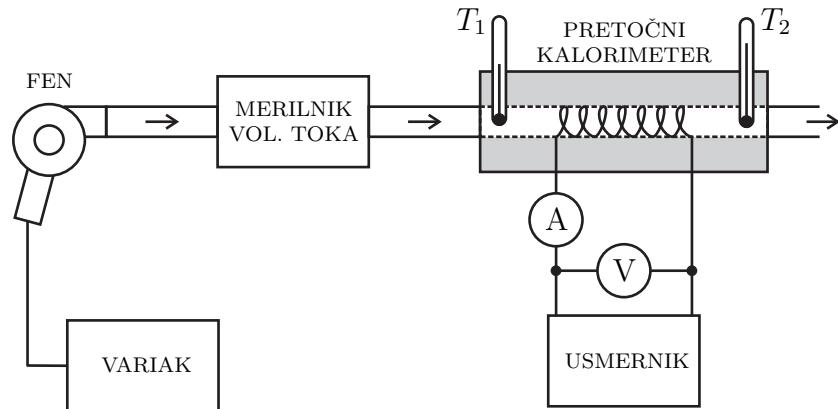
S števnika na merilniku volumskega toka preberi začetni volumen zraka  $V_1$  in končni volumen zraka  $V_2$  po času  $\Delta t$ , ki ga izmeriš s štoparico. S tem določiš volumski pretok  $\Phi_V = (V_2 - V_1)/\Delta t$ .

Od vklopa grelca naj mine vsaj 5 minut, da se v pretočnem kalorimetru vzpostavi ravnovesno stanje. Takrat se temperaturi na vhodu in izhodu kalorimetra ne spremeniata več. Na spodnjem termometru preberi temperaturo  $T_1$  zraka na vhodu v pretočni kalorimeter, na zgornjem pa preberi temperaturo  $T_2$  zraka na izhodu iz kalorimetra.

Specifično toplosto zraka pri konstantnem tlaku izračunaj z enačbo:

$$c_p = \frac{PRT_s}{\Phi_V p_s M \Delta T}. \quad (4.6)$$

Po koncu vaje izključi najprej grelnik in šele nato fen.



**Slika 4.1:** Skica vaje.