

Měření neelektrických veličin

Laboratorní úloha č. 3

**MĚŘENÍ STATICKÝCH CHARAKTERISTIK
PRŮŘEZOVÝCH PRŮTOKOMĚRŮ**

Zadání úlohy

1. Podle zadání vyučujícího změřte závislost tlakové difference na průtoku vzduchu pro průtokoměr s clonou a pro průtokoměr s kapilárou.
2. Vypočítejte velikost empirického součinitele β a to pro každý bod měření.
3. Vyneste do grafu závislost dle rovnic [1] a [2].

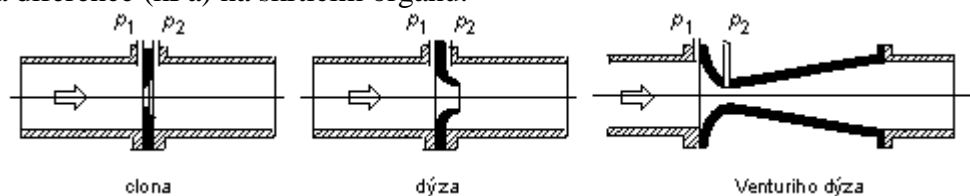
Princip měření

Měření průřezovými průtokoměry patří mezi nejrozšířenější v chemickém průmyslu. Jejich funkce je založena na měření tlakové difference, vznikající na konstantním zúžení průtočného průřezu škrťacím orgánem.

Vztah mezi průtokem a tlakovou diferencí pro clonový průtokoměr je dán vztahem

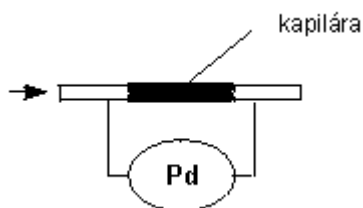
$$Q = K \cdot \sqrt{\Delta p}, \quad [1]$$

kde Q je objemový průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), K – konstanta zahrnující empirický koeficient průtoku, Δp – tlaková difference (kPa) na škrťacím orgánu.



Pro měření malých průtoků v laminární oblasti se používají kapilární průtokoměry, kde platí následující vztah mezi průtokem a diferencí

$$Q = K \cdot \Delta p \quad [2]$$



Po úpravách dostaneme následující rovnici

$$Q = \frac{\beta \cdot \pi \cdot d_2^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}, \quad [3]$$

kde β je empirický součinitel průtoku plynů, d_2 – nejužší průměr škrťacího orgánu, ρ – hustota protékající kapaliny ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

Při praktických aplikacích dochází k odchylkám od vztahu (3) v důsledku nesplnění teoretických předpokladů (nestlačitelnost tekutiny, laminární proudění v celé délce kapiláry. Místo jedné kapiláry se někdy zařazuje soustava paralelně zapojených kapilár či lamel anebo

keramická či kovová fritá. Pro měření tlakové difference se používá kapalinových manometrů nebo elektronických tlakoměrů s odporovými tenzometry. Důležitou podmínkou pro aplikaci kapilárních průtokoměrů je čistota měřeného média, definované složení a známá hodnota dynamické viskozity.

Postup měření

1. Třicestné kohouty *TK1*, *TK2*, *TK3* nastavit do polohy *C* pro měření průtoku clonou.
2. Jehlovým ventilem *V* nastavíme tlak, který odečteme na digitálním měřiči tlakové difference *DMPD 10* a pětkrát změříme čas, za který projde jednotka objemu.
3. Toto měření provedeme pro pět hodnot tlaku.
4. Poté třicestné kohouty *TK1*, *TK2*, *TK3* nastavíme do polohy *K* pro měření průtoku kapilárou a měření opakujeme.

Tabulky a výpočty

Δp (kPa)	V (m ³)	doba průtoku (s)					t (s)	Q (m ³ .s ⁻¹)	β
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5			
0,13	0,001	38,12	37,44	37,59	38,01	37,74	37,78	2,647E-05	24,685
0,22	0,001	29,75	29,56	29,56	29,61	29,77	29,65	3,373E-05	24,178
0,33	0,001	24,75	24,59	24,66	24,73	24,67	24,68	4,052E-05	23,717
0,55	0,001	19,47	19,44	19,37	19,40	19,39	19,41	5,151E-05	23,354
1,77	0,001	11,15	11,12	11,25	11,17	11,19	11,18	8,948E-05	22,615

pro clonu C (průměr 1,70mm).

Δp (kPa)	V (m ³)	doba průtoku (s)					t (s)	Q (m ³ .s ⁻¹)	β
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5			
0,13	0,001	46,19	47,25	46,57	47,03	46,22	46,65	2,144E-05	19,990
0,22	0,001	33,53	33,31	33,58	33,55	33,42	33,48	2,987E-05	21,414
0,33	0,001	26,13	26,03	26,19	26,10	26,91	26,27	3,806E-05	22,280
0,55	0,001	19,40	19,31	19,41	19,38	19,35	19,37	5,163E-05	23,407
1,24	0,001	11,84	11,87	11,87	11,84	11,88	11,86	8,432E-05	25,460

pro kapiláru K (průměr 2,05mm).

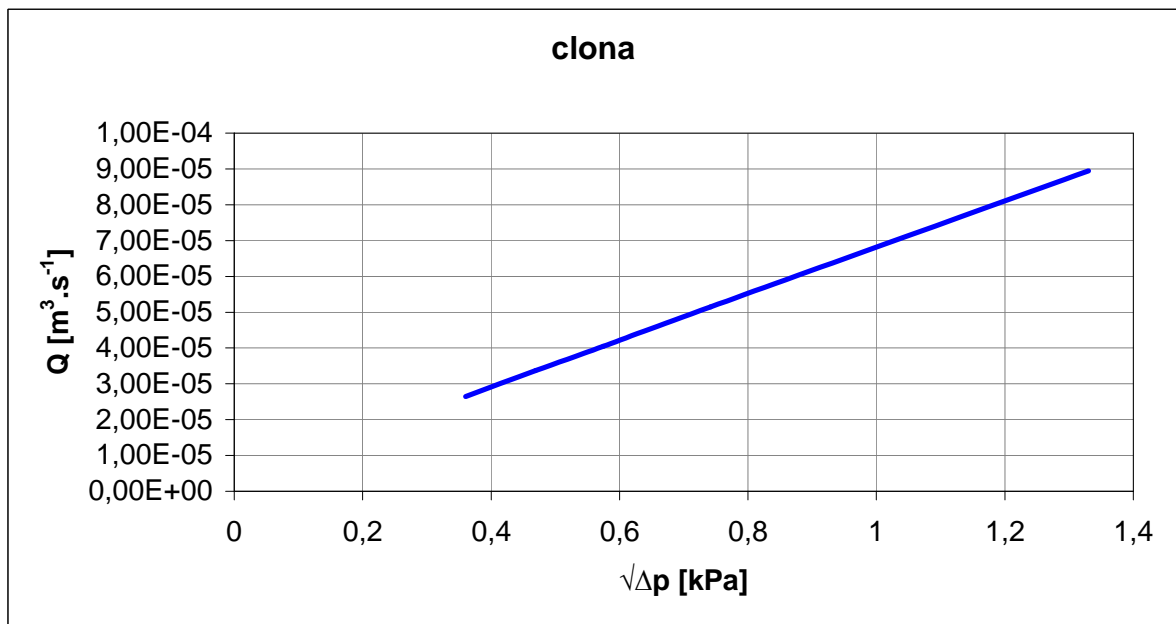
Čas t spočítáme jako průměr z naměřených pěti časů. $t(s) = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$

Objemový průtok Q spočítáme jako podíl objemu za čas. $Q = \frac{V}{t}$

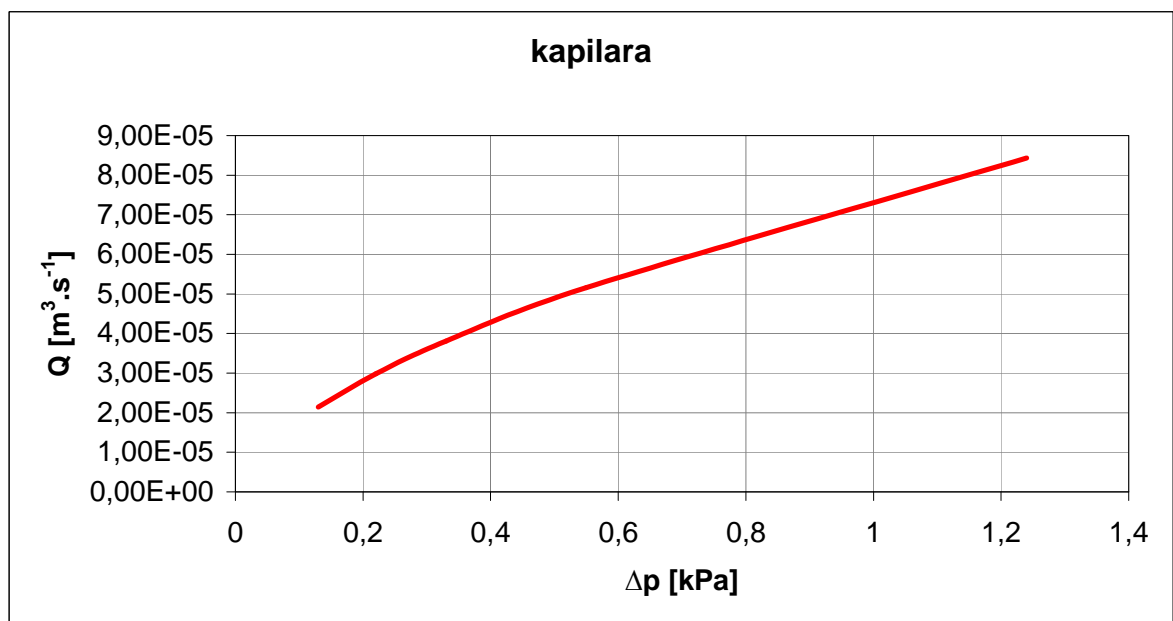
Empirický součinitel průtoku β potom vypočítáme podle vzorce $\beta = \frac{4 \cdot \frac{Q}{\sqrt{2\Delta p}}}{\pi \cdot d_2^2} \cdot \rho$.

Pro výpočet uvažujeme hustotu vzduchu při 20°C $\rho = 1,165 \text{ kg.m}^{-3}$.

Grafy



Závislost průtoku Q na tlaku p pro clonový průtokoměr podle vzorce [1]



Závislost průtoku Q na tlaku p pro kapilární průtokoměr podle vzorce [2]

Závěr

V úloze jsme měli za úkol změřit závislost tlakové difference na průtoku vzduchu pomocí clonového a kapilárního průtokoměru, vypočítat velikost empirického součinitele β a vynést do grafu závislost rovnic [1] a [2].

Naměřená data jsou uvedena v tabulce, a na základě nich byly sestrojeny požadované grafy.