Fyzikální praktikum 8 - Měření Poissonovy konstanty

Petr Šafařík

23. dubna 2006

Obsah

1 Podmínky **2**

2 Zadání **2**

3 Měření Poissonovy konstanty Clément-Desormesovou metodou **2**
- 3.1 Teorie . . . 2
- 3.2 Rovnice . . . 2
- 3.3 Naměřené hodnoty . . . 4
- 3.4 Výpočet chyb . . . 4
  - 3.4.1 Absolutní chyba . . . 4
  - 3.4.2 Relativní chyba . . . 4
- 3.5 Závěr . . . 4

4 Měření rychlosti zvuku **5**
- 4.1 Teorie . . . 5
- 4.2 Naměřené hodnoty . . . 5
- 4.3 Výpočty . . . 6
  - 4.3.1 Rychlosti . . . 6
  - 4.3.2 Hustota . . . 6
  - 4.3.3 Poissonova konstanta . . . 6
- 4.4 Výpočty chyb . . . 6
- 4.5 Závěr . . . 6

1 Podmínky

Teplota: $21,63°C$
Tlak: $73,54mm = 96,632kPa$
Vlhkost: 37%

2 Zadání

Ve fyzikálním praktiku číslo osm jsem měl určit Poissonovu konstantu za použití dvou rozdílných metod. První byla Clément-Desormesova metoda a druhá byla založena na rychlosti zvuku v plynu.

3 Měření Poissonovy konstanty Clément-Desormesovou metodou

3.1 Teorie

Metoda je založena na vyhodnocení parametrů děje sestávajícího z izotermického stlačení, adiabatické expanze a izochorického ohřevu měřeného plynu. Metoda vystačí s relativním měřením přetlaku. Aparatura sestává z velké nádoby, která je od okolní atmosféry oddělena ventilem větší světlosti, nádoba je opatřena tlakoměrem (vhodná je například U trubice) a přes malý oddělovací ventil ruční pumpou. Větší dvojcestný ventil slouží k provedení adiabatické expanze. Aparatura musí být zcela hermetická, v nádobě by neměl být žádný kondenzát a jiné větší znečištění.

3.2 Rovnice

- Otevřeme menší ventil, pomocí pumpy zvýšíme tlak v aparatuře na hodnotu několik málo desítek cm vodního sloupce a ventil opět uzavřeme.

- Po dosažení termodynamické rovnováhy zaznamenáme rovnovážný tlak p_1 . Pokud tlak i po delší době stále rovnoměrně klesá, je v aparatuře netěsnost.

- Krátkým, ale úplným otevřením hlavního ventilu umožníme adiabatickou expanzi vzduchu v nádobě.

- Po dosažení termodynamické rovnováhy zaznamenáme tlak p_2

Stav plynu je vhodné popsat intenzívními parametry, teplotou a tlakem, atmosférický tlak označíme p_0 a teplotu okolí T_0.

1. ustálený stav po izotermickém stlačení je určen parametry p_0 a T_0 , tento stav označme I.

2. adiabatickou expanzí dospěje systém ze stavu I. do stavu popsaném parametry p_0 a T_2 , tento stav označme II. DOsadíme do rovnice adiabaty pro ideální plyn v proměnných p a T a obdržíme:

$$p_0^{\frac{1}{\kappa}-1}T_2 = p_1^{\frac{1}{\kappa}-1}T_0$$

3. Izochorickým ohřevem dospěje systém ze stavu II do stavu popsaném parametry p_2, T_0, dosadíme do rovnice izochory pro ideální plyn:

$$\frac{p_0}{T_2} = \frac{p_2}{T_0}$$

Vynásobením a logaritmováním si vyjádříme Poissinovu konstantu.

$$\kappa = \frac{\ln p_1 - \ln p_0}{\ln p_1 - \ln p_2} = \frac{\ln \frac{p_1}{p_0}}{\ln \frac{p_1}{p_2}}$$

Naměříme přetlak pomocí U trubice, přičemž platí:

$$p_1 = p_0 + kh_1$$

$$p_2 = p_0 + kh_2$$

kde h_1 a h_2 jsou výšky vodního sloupce (v pracovních jednotkách), k je konstanta přepočtu výšky vodního sloupce na tlak, p_0 je okolní atmosferický tlak. Po dosazení a upravení získáme vztah: jsou výšky vodního sloupce (v pracovních jednotkách), k je konstanta přepočtu výšky vodního sloupce na tlak, p0 je okolní atmosferický tlak. Po dosazení a upravení získáme vztah:

$$\kappa = \frac{\ln \frac{p_0+kh_1}{p_0}}{\ln \frac{p_0+kh_1}{p_2=p_0+kh_2}}$$

Je-li změna tlaku ve srovníní s atmosferickým tlakem malá, získáme:

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

Závislost výstupního čidla elektrického proudu na tlaku je lineární, nenulovému tlaku odpovídá hodnota proudu I_0

$$I = I_0 + c \cdot \Delta p$$

kde c je konstanta úměrnosti. $\Delta p = \frac{I-I_0}{c}$

$$\kappa = \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1 - \Delta p_2}$$

3.3 Naměřené hodnoty

$p_0 = 172$ dílků
$I_0 = 4,16A$

	$\frac{p_1}{dilku}$	$\frac{I_1}{dilku}$	$\frac{p_2}{dilku}$	$\frac{I_2}{dilku}$		$\frac{h_1}{dilku}$	$\frac{h_2}{dilku}$		$\kappa = \frac{h_1}{h_1-h_2}$
1	40	8,24	146	4,77		40	147		1,225
1	43	8,41	158	5,02		43	159		1,539
1	42	8,38	149	4,97		42	152		1,358
1	41	8,40	156	4,90		43	156		1,380

$\overline{\kappa} = 1,37563$

3.4 Výpočet chyb

3.4.1 Absolutní chyba

$\delta\kappa = \sqrt{\frac{\Delta i^2}{4 \cdot 3}} = \sqrt{\frac{0,12896}{12}} = 0,0107466 = 0,01$
Absolutní chyba je $\delta\kappa = 0,01$

3.4.2 Relativní chyba

$\delta_r\kappa = \frac{\delta\kappa}{\kappa} \cdot 100\% = \frac{0,01}{1,38} \cdot 100\% = 0,73\%$

3.5 Závěr

Naměřil jsem Poissonovu konstantu pomocí U trubice rovnu
$\kappa = (1,38 \pm 0,01)$ s relativní chybou $0,73\%$

4 Měření rychlosti zvuku

4.1 Teorie

Měření Poissonovy konstanty lze provádět i z rychlosti zvuku v plynu. Pro rychlost zvuku c platí vztah:

$$c = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_S}$$

neboli:

$$c = \sqrt{\kappa \frac{p}{\rho}}$$

kde p je tlak ρ hustatoa, závorka s indexem S znamená parciální derivaci tlaku podle hustoty při konstantní entropii tedy při vratném adiabatickém ději. Po dosazení a úpravách nám vyjde vztah: $c = 2 \cdot \overline{\frac{\lambda}{2}} \cdot f$

4.2 Naměřené hodnoty

Vzdálenost maxim od reproduktoru:

$\frac{Frekvence}{\#}$	$f = 1357,647Hz$	$f = 1006,074Hz$	$f = 501,6243Hz$
1	$19,7$	$26,0$	$22,5$
2	$32,1$	$43,2$	$56,3$
3	$44,8$	$60,3$	$90,8$
4	$57,6$	$77,4$	
5	$70,2$	$94,5$	
6	$82,5$		
7	$95,3$		

$c = 2\overline{\frac{\lambda}{2}} \cdot f$ kde $\overline{\frac{\lambda}{2}}$ se rovná vzdálenosti dvou sousedních maxim.

4.3 Výpočty

4.3.1 Rychlosti

	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$
1	$12,4$	$17,2$	$33,8$
2	$12,7$	$17,1$	$34,5$
3	$12,8$	$17,1$	-
4	$12,6$	$17,1$	-
5	$12,3$	-	-
6	$12,8$	-	-
Průměrné $\overline{\frac{\lambda}{2}}$	12,6	$17,125$	$34,15$

Vypočtené rychlosti zvuku:

Vypočtená rychlost pro	$f = 1357,647Hz$	$f = 1006,074Hz$	$f = 501,6243Hz$
$c = 2\overline{\frac{\lambda}{2}} \cdot f$	$342,12\frac{m}{s}$	$344,58\frac{m}{s}$	$342,609\frac{m}{s}$

Rychlost zvuku je tedy: $\overline{c} = 343,103ms^{-1}$
Chyba výpočtu rychlosti zvuku: $\delta c = 0,349ms^{-1}$
Relativní chyba rychlosti zvuku: $\delta_r c = 0,10\%$

4.3.2 Hustota

$\rho = \frac{\rho_0}{1+H} \cdot \frac{p}{p_0} = 1,143075kg \cdot m^{-3}$

4.3.3 Poissonova konstanta

$\kappa = \frac{c^2 \cdot \rho}{p} = 1,392524 = 1,4$

4.4 Výpočty chyb

Relativní chyba: $\delta_r \kappa = 2 \cdot \delta_r c = 0,2\%$
Absolutní chyba: $\delta \kappa = \frac{\delta_r \kappa}{100\%}\kappa = 0,0028$

4.5 Závěr

Naměřil jsem Poissonovu konstantu pomocí U trubice rovnu
$\kappa = (1,39 \pm 0,01)$ s relativní chybou $0,2\%$

Powered by $\LaTeX\,2_\varepsilon$