



Jméno: **Michal Červeňák** Kolega:
 Kruh: **Pondelok** Číslo skup.: 4
 Měřeno: **16.10.2017** Zpracování: 5 h Klasifikace:

1 Úkol 1

1.1 Pracovní úkol

1. DU: Odvoďte rovnici pro Poissonovu konstantu (14)[?]. Vyjděte z (2)[?] a (13)[?].
2. Změřte Poissonovu konstantu metodou kmitajícího pístku.
3. Změřte Poissonovu konstantu Clément-Désormesovou metodou. Nezapomeňte provést opravu vašeho měření na systematické chyby.
4. Oba výsledky vzájemně porovnejte (procentuálně) a diskutujte, jestli je v rámci chyb můžete považovat za stejné.

1.2 Teória

Poissonova konstanta κ je pomer merného tepla C_p pri stálom objeme a pri stálom objeme C_V , teda

$$\kappa = \frac{C_p}{C_V}.$$

1.2.1 Clémentova-Désormesova metoda

Metóda určuje Poissonova konstanta z adiabatického deja, pri ktorom vypúšťame plyn z nádoby kde je pretlak h . A po vypustení a ustálení teplôt h' . Pre výpočet κ môžeme odvodiť vzorec

$$\kappa = \frac{h}{h - h'}. \quad (1)$$

1.2.2 Metoda kmitajícího pístku

Pre hodnotu κ môžeme odvodiť vzťah na závislosť do doby kmitu

$$\kappa = \frac{4mV}{T^2 p r^4}, \quad (2)$$

kde

$$p = b + \frac{mg}{\pi r^2},$$

,pričom b je atmosferický tlak, hmotnosť pístu je $m = 4,59 \cdot 10^{-3}$ kg, objem banky je $V = 1,1331$, priemer pístu je $2r = 11,9 \cdot 10^{-3}$ m a g je tiažové zrýchlenie.

1.2.3 Spracovanie chýb merania

Označme $\langle t \rangle$ aritmetický priemer nameraných hodnôt t_i , a Δt hodnotu $\langle t \rangle - t$, pričom

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (3)$$

a chybu aritmetického priemeru

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \langle t \rangle)^2}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

pričom n je počet meraní.

Majme veličina $u = f(x, y, z, \dots)$, potom podľa zákona šírenia chýb platí

$$\sigma_u = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_0^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)_0^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)_0^2 \sigma_z^2 + \dots}, \quad (5)$$

kde σ_i je stredná chyba veličiny i v bode (x_0, y_0, z_0) .

1.3 Postup merania

1.3.1 Metoda kmitajícího píšťku

Najskôr bolo zapnuté čerpadlo vzduchu ktoré privádza vzduch do nádoby, ventilom bol nastavený prúd vzduchu, tak aby piest kmital medzi značkami. Bol spustený digitálny čítač kmitov a nastavený na počítanie kmitov po $t = 300$ s, po uplynutí intervalu boli dáta zaznamenané a opätovné spustenie počítania.

1.3.2 Clémentova-Désormesova metoda

Pripravená nádoba bola natlakovaná pomocou mechu, bol uzavretý prírodný ventil tlak v nádobe bol odmeraný barometru. Pomocou rýchlo-ventilu bola časť vzduchu odpustená, pričom bol zaznamenaný čas otvorenia ventilu. Následne sa počkalo ~ 1 min na ustálenie teplôt v nádobe s okolím a bol zmeraný opäť tlak v aparátúre.

1.4 Pomôcky

Barometr, aparatura na měření Poissonovy konstanty Clément-Désormesovou metódou, aparatura pro měření Poissonovy konstanty metódou kmitajícího píšťku.

1.5 Výsledky merania

1.5.1 Metoda kmitajícího píšťku

V tab. 1 sú zaznamenané počty kmitov za čas $t = 300$ s, pre jednotlivé merania.

Z hodnôt v tab 1 bol vypočítaná priemerná hodnota počtu kmitov $\langle N \rangle = 883,2 \pm 2,0$.

Pomocou vzťahov 2 a 5 bola vypočítaná Poissonova konstanta $\kappa = 1,62 \pm 0,01$.

\overline{N}
879
885
886
885
884
883
883
883
882
882

Tab. 1: Namerané počty kmitov N za čas $t = 300$ s

1.5.2 Clémentova-Désormesova metoda

Namerané hodnoty výšok hladín, pred a po vypustení, na otváracom čase sú v tabuľke 3. Tie boli vynesené do grafu 1, dáta boli preložené lineárnou funkciou $f(t) = (-0.15 \pm 0.10)t + (1.335 \pm 0.021)$, kde absolútny člen odpovedá hodnote κ , extrapolovanej pre nulový otvárací čas, teda pre dokonalý adiabatický dej.

Hodnoty vypočítané len za pomoci tabuľky a priemeru podľa vzťahu 4 je $\kappa = 1,305 \pm 0,044_{\text{stat.}} \pm 0,341_{\text{sys.}}$.

1.6 Diskusia

Pri metóde kmitajúceho piestu je hlavný zdroj chýb netesnosť medzi piestom a aparátúrou.

Clémentova-Désormesova metoda sa však viac približuje očakávanému výsledku $\kappa = \sim 1,40$ pre N_2 alebo O_2 [2]. Hlavné nepresnosti pri tejto metóde spočívajú v nie dokonalým vyrovnaním teplôt po vypustení plynu, nedostatočným tepelným izolovaním nádoby.

Zároveň je vidno, že fitom a extrapoláciou sme výsledok upresnili narozdiel od jednoduchého vypočítania priemernej hodnoty z tabuľky.

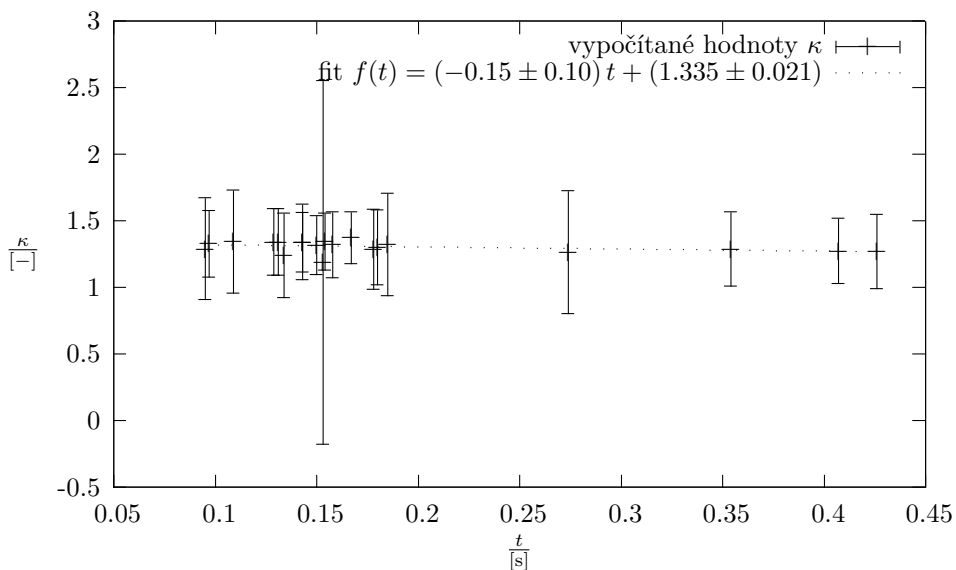
1.7 Záver

Clémentova-Désormesovou metódou bola $\kappa_{(0)} = 1,335 \pm 0,021$ resp. $\kappa = 1,305 \pm 0,044_{\text{stat.}} \pm 0,341_{\text{sys.}}$, a metódou kmitajúceho piestu $\kappa = 1,62 \pm 0,01$.

2 Úkol #2

2.1 Pracovní úkol

1. Určete objem láhve metodou vážení.



Obr. 1: Vypočítané hodnoty κ v závislosti na otváracom čase t , preložené funkciou $f(t) = (-0.15 \pm 0.10)t + (1.335 \pm 0.021)$

2. Určete objem těže láhve pomocí komprese plynu.
3. Oba výsledky vzájemně porovnejte.

2.2 Pomôcky

Fľaška (nádoba), plynová byreta s porovnávacím ramenem, katetometr, teploměr, barometr, digitálne váhy do 5 kg.

3 Teória

3.0.1 Metóda kompresie plynu

Pre metódu kompresie plynu v našom prípade môžeme odvodiť vzťah

$$V = (V_2 - V_1) \frac{p}{\Delta p} + V_2 - V_{100}, \quad (6)$$

, kde

$$\Delta p = \Delta h \rho g,$$

pričom V_1 je objem v byrete pri vyrovnaní tlakov, Δh je rozdiel hladín, a V_2 výška hladiny po kompresii, g je tiažové zrýchlenie a p je atmosferický tlak.

V našom prípade $V_1 = 14\%$ a $V_{100} = 65,6 \text{ cm}^3$

$\frac{h_1}{[\text{cm}]}$	$\frac{h_2}{[\text{cm}]}$	$\frac{t}{[\text{s}]}$	$\frac{h'_1}{[\text{cm}]}$	$\frac{h'_2}{[\text{cm}]}$	$\frac{\kappa}{[-]}$
10,0 ± 1,0	49,0 ± 1,0	0,154 ± 0,001	24,5 ± 1,0	34,5 ± 1,0	1,34 ± 0,21
14,0 ± 1,0	45,2 ± 1,0	0,178 ± 0,001	26,0 ± 1,0	33,0 ± 1,0	1,29 ± 0,30
13,0 ± 1,0	46,5 ± 1,0	0,134 ± 0,001	26,5 ± 1,0	33,0 ± 1,0	1,24 ± 0,32
12,0 ± 1,0	47,0 ± 1,0	0,158 ± 0,001	25,5 ± 1,0	34,0 ± 1,0	1,32 ± 0,25
11,0 ± 1,0	48,5 ± 1,0	0,143 ± 0,001	25,0 ± 1,0	34,5 ± 1,0	1,34 ± 0,22
13,0 ± 1,0	46,5 ± 1,0	0,129 ± 0,001	25,5 ± 1,0	34,0 ± 1,0	1,34 ± 0,25
9,5 ± 1,0	50,0 ± 1,0	0,167 ± 0,001	24,0 ± 1,0	35,0 ± 1,0	1,37 ± 0,19
10,0 ± 1,0	49,5 ± 1,0	0,150 ± 0,001	25,0 ± 1,0	34,5 ± 1,0	1,32 ± 0,22
13,0 ± 1,0	46,5 ± 1,0	0,131 ± 0,001	25,5 ± 1,0	34,0 ± 1,0	1,34 ± 0,25
12,0 ± 1,0	47,5 ± 1,0	0,426 ± 0,001	26,0 ± 1,0	33,5 ± 1,0	1,27 ± 0,28
13,5 ± 1,0	46,0 ± 1,0	0,180 ± 0,001	26,0 ± 1,0	33,5 ± 1,0	1,30 ± 0,28
19,0 ± 1,0	40,5 ± 1,0	0,274 ± 0,001	27,5 ± 1,0	32,0 ± 1,0	1,26 ± 0,46
13,0 ± 1,0	46,5 ± 1,0	0,354 ± 0,001	26,0 ± 1,0	33,5 ± 1,0	1,29 ± 0,28
15,0 ± 1,0	44,5 ± 1,0	0,143 ± 0,001	26,0 ± 1,0	33,5 ± 1,0	1,35 ± 0,28
18,5 ± 1,0	41,0 ± 1,0	0,185 ± 0,001	27,0 ± 1,0	32,5 ± 1,0	1,32 ± 0,38
19,0 ± 1,0	40,5 ± 1,0	0,109 ± 0,001	27,0 ± 1,0	32,5 ± 1,0	1,34 ± 0,39
17,5 ± 1,0	42,0 ± 1,0	0,095 ± 0,001	27,5 ± 1,0	33,0 ± 1,0	1,29 ± 0,38
12,5 ± 1,0	47,0 ± 1,0	0,097 ± 0,001	25,5 ± 1,0	34,0 ± 1,0	1,33 ± 0,25
25,0 ± 1,0	34,5 ± 1,0	0,153 ± 0,001	29,0 ± 1,0	30,5 ± 1,0	1,19 ± 1,37
10,0 ± 1,0	49,5 ± 1,0	0,407 ± 0,001	25,5 ± 1,0	34,0 ± 1,0	1,27 ± 0,25

Tab. 2: Namerané hodnoty výšok hladín h_i pred vypustením a h'_i po vypustení časti vzduchu, t je otvárací čas a κ vypočítaná pomocou vzťahu 1 a 5

3.0.2 Metóda vážení

Jednotkový objem vody je závisí na teplote t v °C podľa vzťahu

$$V_v = 0.9998 \cdot (1 + 0.00018t) \frac{\text{cm}^3}{\text{g}}. \quad (7)$$

Potom objem metódou váženia určíme ako

$$V = (m_n - m_p) V_v, \quad (8)$$

kde m_n je hmotnosť nádoby s vodou, m_p je hmotnosť prázdnej nádoby a V_v je jednotkový objem zo vzťahu 7.

3.1 Postup merania

3.1.1 Metóda kompresie plynu

Najskôr bol povolením ventilu vyrovnaný tlak v byrete s atmosferickým tlakom. Bola odčítaná a zaznamenaná počiatočná hodnota V_1 , odzvušňovací ventil bol zatvorený.

Následne sa vertikálne pohlo s nádobou s vodou, počkalo sa na ustálenie hladín a boli odčítané hodnoty Δh reprezentované h_1 a h_2 , V_2 . Postup sa opakoval niekoľkokrát pre veľkú nádobu. Meraná nádoba bola vymenená za utesnenie a postup bol zopakovaný pre meranie objemu len hadičky.

3.1.2 Metóda vážení

1. Prázdna nádoba bola odvážená na digitálnych váhach
2. Meraná nádoba bola pookraj naplnená vodou a dôkladne osušená jej povrch
3. Naplnená nádoba bola opäť odvážená

3.2 Výsledky merania

3.2.1 Metóda kompresie plynu

V tab. 3 sú zaznamenané namerané hodnoty V_2 a Δh z ktorých bola vypočítaná hodnota V . V prvej časti tabuľky sú hodnoty pre fľašku v druhej časti je hodnota pre samotnú hadičku.

$\frac{h_1}{[\text{mm}]}$	$\frac{h_2}{[\text{mm}]}$	$\frac{V_2}{[\%]}$	$\frac{V}{[\text{cm}^3]}$
127,90	127,90	14	—
102,78	87,76	18	1738,07
87,95	46,29	22	1240,99
153,53	186,76	10	750,90
143,42	169,16	11,5	595,49
164,84	164,84	70	—
162,91	126,60	7,5	65,59
161,35	103,88	8	65,59
165,90	184,78	3,5	65,58
163,40	123,39	7,4	65,59

Tab. 3: Namerané hodnoty h_1 , h_2 a V_2 a vypočítaný objem V , v prvej časti pre nádobu a v druhej pre hadičku.

Objem fľašky $V_f = 1071,15 \pm 514,30 \text{ cm}^3$ po odčítaní objemu hadičky $V_h = 65,59 \pm 0,01 \text{ cm}^3$ bol určený ako $V = 1005,55 \pm 514,30 \text{ cm}^3$.

3.2.2 Metóda vážení

Hmotnosť prázdnej suchej nádoby bola určená $m_p = (570 \pm 1) \text{ g}$, jednotková hmotnosť vody pri $t = 12,5^\circ\text{C}$ bola určená podľa 7 ako $V_v = 1,003 \frac{\text{cm}^3}{\text{g}}$. Hmotnosť po naplnení vodou bola určená $m_n = (1582 \pm 1) \text{ g}$. Podľa vzorca 8 bol objem nádoby určený ako $V = (1012 \pm 2) \text{ cm}^3$.

3.3 Diskusia

Navzdory veľkej chybe merania u metódy kompresie plynu sa stredná hodnota zhoduje s hodnotou nameranou metódou váženia, ktorá je zároveň omoc presnejšia. Hlavným problémom u metódy kompresie plynu bola postupná strata tlaku cez odvzdušňovací ventil a iné netesnosti, pokiaľ sa pomocou katetometru odmerala výška tak časť vzduchu uniklo a teda sa hladina sa výrazne pohla. Je zaujímavé, že pri tomto meraní štatistická chyba dosiahla úrovne $\sim 50\%$, čo z tohoto merania robí veľmi nepresné meranie.

3.4 Záver

Metódou váženia bol objem nádoby určený na $V = (1012 \pm 2) \text{ cm}^3$. Metódou kompresie plynu bol určený objem $V = (1005,55 \pm 514,30) \text{ cm}^3$.

Reference

- [1] Měření Poissonovy konstanty a dutých objemů [cit. 22.10.2017] Dostupné po přihlášení na: https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/4350/mod_resource/content/4/Poisson_171006.pdf
- [2] Fyzikální a jiné konstanty [cit. 15.10.2017] Jiří Bureš: <http://www.converter.cz/prevody/konstanty.htm>