

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA



ZÁKLADY FYZIKÁLNÍCH MĚŘENÍ

Datum:

Provedl:

Obor:

Hodnocení:

1. Úkoly:

- 1.1. Určete hustotu daných kapalin a posuďte přesnost užití metody měření.
- 1.2. Clement - Desormesovou metodou určete hodnotu Poissonovy konstanty vzduchu.

2. Seznam pomůcek:

2.1. Pro měření hustoty kapaliny metodou ponorného tělíska

- 1) měřené kapaliny - roztok skalice modré a voda
- 2) Mohrovy váhy - závažíčka

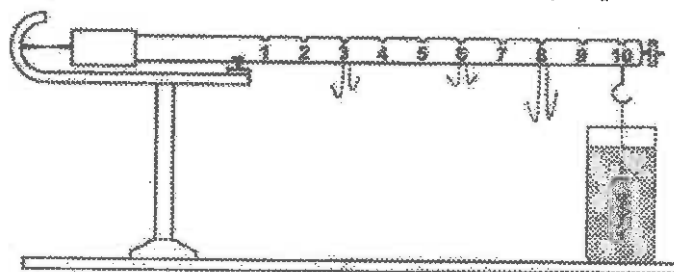
2.2. Pro měření Poissonovy konstanty

- 1) nádoba objemu řádově 10^{-2} m^3
- 2) dva kohouty (K_1 a K_2)
- 3) otevřený manometr s milimetrovou stupnicí
- 4) skleněné trubičky, gumové hadičky,
- 5) balónek od rozprašovače
- 6) obarvená voda jako náplň do manometru (voda s inkoustem)

3. Teorie

3.1. Pro měření hustoty kapaliny metodou ponorného tělíska

Metoda měření hustoty kapalin podle Mohrových vah je vlastně hydrostatická metoda založená na Archimédově zákoně a nazýváme ji metodou ponorného tělíska. Tato metoda spočívá ve vážení tělíska v kapalině známé hustoty a následovně vážení v kapalině neznámé hustoty, jejíž hustotu chceme určit. Mohrovy váhy tudíž slouží k rychlému měření hustoty kapalin.



obr. 01 - Mohrovy váhy

Váhy mají dvě nestejná ramena. Na levém rameni je protizávaží a hroty určující rovnovážnou polohu. Pravé rameno je rozděleno na deset stejných dílů, za které se zavěšuje závaží. Hmotnost závaží umístěné na úplně pravé část vah je jeho samotná. S postupným posouváním závaží směrem doleva na vahách se hmotnost závaží zmenšuje a to s jedním dílem 10x. Tedy závaží umístěné na desátém dílku od osy otáčení vah působí svojí skutečnou hodnotou a na dílech blíž k ose otáčení vah působí toliko desetinami své hodnoty, na kolikátém je dílku od osy otáčení (viz. obr. 01)

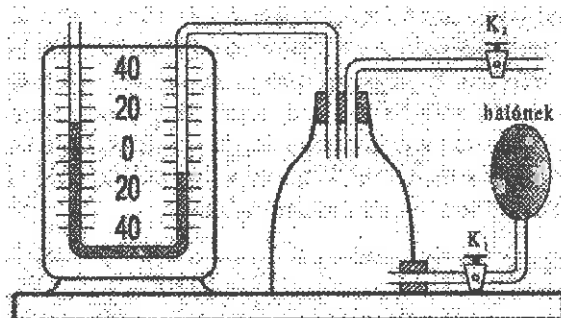
3.1.1. Postup měření Mohrovými váhami

- 1) Jednotlivé části vah, které jsou uloženy ve skříňce sestavíme podle návodu.
- 2) Provedeme nastavení nulové polohy (tak aby se jezdec rovnal) a to v kapalině známé hustoty, např.: ve vodě. (tomu odpovídá hmotnost největšího závaží přiloženého k vahám)

- 3) Vyměníme vodu za kapalinu u které chceme měřit hustotu. Váhy upravíme tak, aby těleso bylo celé ponořené v kapalině.
- 4) Váhy pak vyrovnáme protizávažím opět do rovnovážné polohy a to přiložením závažím. Hustotu měřené kapaliny určíme odečtením přímo z vah podle rozložení zavěšených závaží.

3.2. Pro měření Poissonovy konstanty

Měrná tepelná kapacita plynu závisí na podmínkách, ve kterých je soustava při předávání tepla. Při měření měrných tepelných kapacit pevných a kapalných látek se obvykle zjišťuje měrná tepelná kapacita při stálém tlaku c_p , která se vzhledem k malé roztažnosti a stlačitelnosti těchto látek většinou příliš neliší od hodnoty měrné tepelné kapacity c_v , měřené při stálém objemu.



obr. 02 - Uspořádání měřicí aparatury pro Clement-Desormesovu metodu měření Poissonovy konstanty

Jinak je tomu u plynů, kde se vzrůstem teploty dochází k výrazným změnám objemu. Podle obrázku 02 se poměr měrné tepelné kapacity při stálém tlaku c_p a měrné tepelné kapacity při stálém objemu c_v nazývá Poissonova konstanta. Tento poměr měřených tepelných kapacit lze měřit Clement-Desormesovou metodou, která je založena na adiabatické expanzi plynu.

Měřicí zařízení je znázorněno na obr. 02. Nádoba je spojena s kapalinovým manometrem a je opatřena dvěma kohouty a balónkem. Balónek slouží k zvýšení tlaku v nádobě. Po nastavení tlaku vyššího než je tlak barometrický se kohoutkem K_1 odpojí od nádoby balónek. Po vyrovnání teploty lze odečíst na manometru přetlak plynu z rozdílu výšek sloupců kapaliny h_1 . Potom při dostatečně rychlém otočení kohoutku K_2 o 180° plyn expanduje z nádoby do okolního prostoru tak, že se tlak plynu adiabaticky vyrovná s tlakem atmosferickým. Při této expanzi se plyn ochladí. Po uzavření kohoutku se teplota plynu opět vyrovná na teplotu okolí. Přitom tlak plynu v nádobě stoupne. Na manometru je možné odečíst vzniklý přetlak plynu z rozdílu výšek sloupců hladin h_2 . Vztah mezi počátečním a konečným stavem plynu představuje izotermickou změnu. Děj při expanzi je adiabatický. Z příslušných rovnic pro tyto děje lze získat výraz pro výpočet Poissonovy konstanty.

$$\kappa = \frac{\log(b + h_1 \cdot \rho \cdot g) - \log b}{\log(b + h_1 \cdot \rho \cdot g) - \log(b + h_2 \cdot \rho \cdot g)} \quad (3.2.1)$$

Kde b je barometrický tlak, ρ je hustota vzduchu a g je tíhové zrychlení.

Vzhledem k tomu, že tlak $h_1 \cdot \rho \cdot g$ je řádově $10^{-2} b$, je možné upravit rovnici (3.2.1) a konstantu κ určovat pouze na základě změřených rozdílů výšek h_1 a h_2 ze vztahu:

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (3.2.2)$$

3.2.2. Postup měření Poissonovy konstanty

- 1) Sestavte aparaturu tak, jak je naznačeno na obr. 02.
- 2) Otevřete kohoutek K_1 , smáčknutím balónku zvýšte tlak v nádobě a poté kohoutek uzavřete.
- 3) Po vyrovnaní teploty odečtete ze stupnice manometru rozdíl výšek sloupců hladiny h_1 .
- 4) Rychle otočte kohoutkem K_2 o 90° a po chvíli vraťte do původní polohy.
- 5) Po vyrovnaní teploty odečtete na manometru rozdíl výšek sloupců kapaliny h_2 .
- 6) Měření provádíme desetkrát a naměřené hodnoty zapisujeme do tabulky předem připravené.

4. Přehled výsledků

4.1. Mohrovy váhy

Podle postupu měření Mohrovými vahami (3.1.1.) jsme odečetli hodnotu 1,086, tudíž počítáme-li s hustotou předešlé kapaliny - vody s hodnotou $\rho_v = 1000 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$ je výsledná hustota měřené kapaliny - roztoku skalice modré ve vodě hodnota $\rho_s = 1086 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$.

4.2. Tabulka hodnot pro Poissonovu konstantu

č.m. / vel.	$h_1 \text{ [cm]}$	$h_2 \text{ [cm]}$	κ
1	9,20	1,20	1,15
2	9,30	1,00	1,12
3	9,20	1,30	1,16
4	7,30	0,90	1,14
5	4,60	0,60	1,15
6	4,30	0,50	1,13
7	5,00	0,80	1,19
8	9,30	1,40	1,18
9	9,00	1,40	1,18
10	6,40	1,30	1,25

$\bar{\kappa}$
1,17

$\bar{v}(\kappa)$
0,01

$$\kappa = (1,17 \pm 0,01)$$

6. Diskuse

Protože jsme používali při měření Mohrovými vahami obyčejnou vodu a ne vodu destilovanou, může být výsledná hustota kapaliny roztoku skalice modré rozdílná.

Ve skriptech Fyzikální praktikum I, podle kterých jsme postupovali jsme měli vypočítat i Poissonovu konstantu vzduchu κ podle vzorce (3.2.1). Jenomže jsme neměřili barometrický tlak, který v tu danou dobu byl, proto jsme tento výpočet vypustili a nemohli ho porovnat s výsledkem podle vztahu (3.2.2).

Také musíme počítat s netěsnostmi u měřicí aparatury a zvláště u kohoutků. Dále je také důležité zdůraznit, že jsme neměřili Poissonovu konstantu vzduchu, ale sytých par, protože nádoba z aparatury nebyla plně suchá a obsahovala kapky vody.

7. Závěr

Byli vypočteny následující výsledky:

Hustota roztoku skalice modré: $\rho_s = 1086 \text{ kg.m}^{-3}$

Poissonova konstanta: $\kappa = (1,17 \pm 0,01)$

8. Seznam literatury

- [1] Stach, V., Špulák F.: Fyzikální praktikum I, scriptum. PF ČB 2002
 [2] Barták J., Řepová J., Matematické, fyzikální a chemické tabulky. SPN Praha 1976

9. Přílohy

Šmírák s naměřenými hodnotami.

MOHRHOVY VÁHNY

1,86 g/cm³

1,860 kg/m³

1,086 kg/m³

2.3.2011

Šmírák

č.m. / veličina	h_1 [Pa]	h_2 [Pa]	K_1	K_2
1	9,2	1,2	1,15	
2	9,3	1,0	1,12	
3	9,2	1,3	1,35	
4	3,2	0,9	1,14	
5	4,6	0,6	1,15	
6	4,3	0,5	1,13	
7	5,0	0,8	1,19	
8	9,3	1,4	1,18	
9	9,0	1,4	1,18	
10	6,4	1,3	1,26	
				1,18