

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA



ZÁKLADY FYZIKÁLNÍCH MĚŘENÍ

Datum:

Provedl:

Obor:

Hodnocení:

1. Úkoly:

- 1.1. Stanovte přímou metodou hustotu tří různých těles z laboratorní sady.
- 1.2. Pomocí hydrostatických vah určete hmotnost tří těles vybrané v předešlém přímém měření.

2. Seznam pomůcek:

- 1) tři různá tělesa z laboratorní sady - 2x hranol, 1x válec
- 2) mikrometr a posuvné měřítko
- 3) mechanické laboratorní váhy, hydrostatické laboratorní váhy a závaží
váhy měří s přesností ± 20 [mg]

3. Teorie

Pokud má těleso pravidelný geometrický tvar, je možné určit jeho objem V přímým výpočtem z jeho rozměrů a jeho hmotnost m lze určit vážením. Hustota je pak dána vztahem

$$\rho = \frac{m}{V} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (3.1)$$

3.1. Postup měření

3.1.1. Přímá metoda

- 1) Průměr válce d a menší strany hranolu a_n, b_n měříme 10x mikrometrem. Ostatní rozměry c_n, h posuvným měřítkem 10x. Výsledky zapisujeme do tabulky.
- 2) Hmotnost tělesa určíme vážením na mechanických laboratorních vahách. Těleso vážíme pouze jednou s chybou citlivosti vah.
- 3) Pravděpodobná chyba aritmetického průměru měřených veličin a_n, b_n, c_n, h je určena vztahem

$$\bar{g}(x) = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i)^2}{(n \sqrt{n-1})}} \quad (3.2)$$

Výsledek měření jednotlivých veličin a hustoty uvedeme ve tvaru

$$x = \bar{x} \pm \bar{g}(x) \quad (3.3)$$

- 4) Výslednou hustotu tělesa pak vypočítáme podle vztahu (3.1) a uvedeme výsledek ve tvaru (3.3).

3.1.2. Hydrostatická metoda

- 1) U tělesa máme již změřená a zvážená na vzduchu z předešlé metody, proto těleso vážíme pouze ve vodě na hydrostatických vahách a určíme hmotnost m_{nh} .
- 2) Jestliže m_n je hmotnost tělesa zjištěná vážením na vzduchu a m_{nh} je hmotnost tělesa zvážená v kapalině hustoty ρ_v , pak $\Delta m = m_n - m_{nh}$ je hmotnost vytlačené kapaliny objemu V měřeného tělesa. Jestliže vzduch má hustotu ρ_z , pak pro vážení ve vzduchu a v kapalině platí rovnice

$$V(\rho_n - \rho_v) = m_n \cdot \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_z}\right)$$

$$V(\rho_n - \rho_v) = m_{nh} \cdot \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_z}\right)$$

Úpravou a zanedbáním korekce ve vakuum těchto rovnic pro hustotu tělesa dostaneme vztah

$$\rho_n = \frac{m_n}{m_n - m_{nh}} \cdot \rho_v \quad (3.4)$$

3) Výslednou hustotu tělesa uvedeme opět ve tvaru (3.3)

4. Přehled výsledků

4.1. Tabulky

4.1.1. Tabulka hodnot pro první těleso tvaru kvádr

č.m. / veličina	a_1 [mm]	b_1 [mm]	c_1 [mm]	m_1 [g]	ρ_1 [kg·m ⁻³]	ρ_{2h} [kg·m ⁻³]
1	45,00	17,54	17,52	114,42	8274,19	8231,12
2	45,00	17,54	17,52		8274,19	
3	45,00	17,53	17,52	m_{1h} [g]	8278,91	
4	44,90	17,52	17,52	98,99	8302,09	
5	45,00	17,51	17,51		8293,10	
6	44,90	17,52	17,52		8302,09	
7	45,00	17,54	17,50		8283,65	
8	45,00	17,54	17,51		8278,92	
9	45,00	17,52	17,52		8283,64	
10	44,90	17,54	17,51		8297,36	
$\bar{x}$	44,97	17,53	17,52		8286,82	

$$\begin{aligned} a_1 &= (44,97 \pm 0,00) [mm] & b_1 &= (17,53 \pm 0,00) [mm] & c_1 &= (17,52 \pm 0,00) [mm] \\ m_1 &= (114,42 \pm 0,02) [g] & m_{1h} &= (98,99 \pm 0,02) [g] & \rho_1 &= (8286,82 \pm 75,94) [kg \cdot m^{-3}] \\ \rho_{2h} &= (8231,12 \pm 110,00) [kg \cdot m^{-3}] \end{aligned}$$

4.1.2. Tabulka hodnot pro druhé těleso tvaru kvádr

č.m. / veličina	a_2 [mm]	b_2 [mm]	c_2 [mm]	m_2 [g]	ρ_2 [kg·m ⁻³]	ρ_{2h} [kg·m ⁻³]
1	45,00	17,53	17,51	38,54	2790,17	2997,86
2	45,00	17,52	17,48		2796,56	
3	45,00	17,54	17,48	m_{2h} [g]	2793,37	
4	44,90	17,54	17,49	24,27	2797,99	
5	44,90	17,53	17,50		2797,99	
6	44,90	17,52	17,49		2801,18	
7	45,00	17,49	17,47		2802,96	
8	45,00	17,51	17,50		2794,96	
9	44,90	17,48	17,54		2799,59	
10	45,00	17,49	17,54		2791,77	
$\bar{x}$	44,96	17,52	17,50		2796,65	

$$\begin{aligned} a_2 &= (44,96 \pm 00,00) [mm] & b_2 &= (17,52 \pm 00,00) [mm] & c_2 &= (17,50 \pm 00,00) [mm] \\ m_2 &= (38,54 \pm 0,02) [g] & m_{2h} &= (24,27 \pm 0,02) [g] & \rho_2 &= (2796,65 \pm 10,68) [kg \cdot m^{-3}] \\ \rho_{2h} &= (2997,86 \pm 110,00) [kg \cdot m^{-3}] \end{aligned}$$

4.1.3. Tabulka hodnot pro třetí těleso tvaru válec

č.m. / veličina	d [mm]	h [mm]	m_3 [g]	ρ_3 [kg.m ⁻³]	ρ_{3h} [kg.m ⁻³]
1	19,52	45,00	38,45	2855,19	3177,92
2	19,53	44,90		2858,61	
3	19,52	45,00	m_{3h} [g]	2855,19	
4	19,52	44,90	25,02	2861,54	
5	19,53	45,00		2852,26	
6	19,53	44,90		2858,61	
7	19,51	45,00		2858,11	
8	19,53	45,00		2852,26	
9	19,53	44,90		2858,61	
10	19,53	44,90		2858,61	
$\bar{x}$	19,53	44,95		2856,90	

$$d = (19,53 \pm 00,00) [mm]$$

$$m_3 = (38,45 \pm 0,02) [g]$$

$$\rho_3 = (2856,90 \pm 05,88) [kg \cdot m^{-3}]$$

$$h = (44,96 \pm 00,00) [mm]$$

$$m_{3h} = (25,02 \pm 0,02) [g]$$

$$\rho_{3h} = (3177,92 \pm 110,00) [kg \cdot m^{-3}]$$

6. Diskuse

U všech naměřených délkových hodnot je chyba měření nulová. Ze vzorce (3.2) pro výpočet této chyby a z naměřených hodnot je zřejmé, že čitatel pod odmocninou - než se provede suma je velmi malý, protože je zde rozdíl aritmetického průměru od jednotlivé hodnoty minimální, tudíž z kvadrátem, který je ve vzorci, se ještě zmenšuje a pak se celá tato chyba blíží k nule, tudíž vzhledem k naměřené hodnotě je tato chyba nulová.

U měření hydrostatickou metodou jsem neměřil hustotu vody, kterou jsem používal, proto hustota měřená přímou metodou a hydrostatickou metodou je rozdílná. Zvolil jsem si podle tabulek pro výpočet hustotu vody $\rho_v = 1110 [kg \cdot m^{-3}]$. Hustotu vody jsem si mohl zvolit i hustotu $\rho_v = 1000 [kg \cdot m^{-3}]$ což odpovídá přesně destilované vodě. Tudíž rozdíl je $\rho = 110 [kg \cdot m^{-3}]$ a počítám tedy s touto hodnotou jako s chybou u výsledné hustoty měřené hydrostatickou metodou. Přesto se měřené hustoty těles takřka po zaokrouhlení na celé tisíce rovnají.

Podle tabulek jsem usoudil, že se jedná o materiál:

1. těleso: kov - ocel

2. těleso: slitina kovů - dural

3. těleso: slitina kovů

7. Závěr

Pracovní úkol byl splněn do jisté míry. Byli změřeny hustoty tří rozdílných těles pomocí dvou metod, přímou a hydrostatickou. Proto, že jsem měřil tuto úlohu sám nestíhl jsem z časového důvodu změřit hustoty pevných látek metodou pomocí pyknometru, jak to bylo v zadání podle script Fyzikální praktikum I.

Byli vypočteny následující výsledky:

$$\text{Hustota 1. tělesa: } \rho_1 = (8286,82 \pm 75,94) [kg \cdot m^{-3}] \quad \rho_{2h} = (8231,12 \pm 110,00) [kg \cdot m^{-3}]$$

$$\text{Hustota 2. tělesa: } \rho_2 = (2796,65 \pm 10,68) [kg \cdot m^{-3}] \quad \rho_{2h} = (2997,86 \pm 110,00) [kg \cdot m^{-3}]$$

$$\text{Hustota 3. tělesa: } \rho_3 = (2856,90 \pm 05,88) [kg \cdot m^{-3}] \quad \rho_{3h} = (3177,92 \pm 110,00) [kg \cdot m^{-3}]$$

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

Šmirák s naměřenými hodnotami.

Tabulka pro výpočet hustoty přímou metodou tělesa tvaru kvádru

č.m. / veličina	a [mm]	b [mm]	c [mm]	m [g]	ρ [kg.m ⁻³]
1	45,60	17,54	17,52	111,92	
2	45,60	17,54	17,52		
3	45,60	17,52	17,52		
4	45,60	17,52	17,52	HYDR6	
5	45,60	17,51	17,51	m ₄ [g]	
6	45,60	17,52	17,52		
7	45,60	17,54	17,50	98,90	
8	45,60	17,54	17,51		
9	45,60	17,52	17,52		
10	45,60	17,54	17,51		
$\bar{x}$					

Tabulka pro výpočet hustoty přímou metodou tělesa tvaru válece

č.m. / veličina	d [mm]	h [mm]	m [g]	ρ [kg.m ⁻³]
1	19,52	45,60	98,45	
2	19,53	45,60		
3	19,52	45,60	HYDR6	
4	19,52	45,65	m ₄ [g]	
5	19,53	45,60		
6	19,53	45,39	25,02	
7	19,51	45,60		
8	19,53	45,60		
9	19,53	45,90		
10	19,54	45,95		
$\bar{x}$				

	a [mm]	b [mm]	c [mm]	m [g]
1	45,60	17,43	17,51	98,54
2	45,60	17,52	17,48	
3	45,60	17,54	17,48	HYDR6
4	45,95	17,54	17,49	84,27
5	45,90	17,53	17,50	m ₄ [g]
6	45,95	17,52	17,49	
7	45,00	17,49	17,47	
8	45,00	17,51	17,50	
9	45,95	17,48	17,54	
10	45,00	17,40	17,54	

28.2.2007
