



Masarykova univerzita

Pedagogická fakulta

Katedra fyziky

Předmět:	FY2BP_FM1 Fyzikální měření 1	Strana: 1 / 3		
Úloha č.: 1	Určení hustoty z měření objemu a hmotnosti ocelového válečku a kuličky			
Vypracoval: Josef Mrštík	Spolupracovali: Martin Podkoleno Petr Nadkoleno	Datum měření: 4.11.2011	Vyučující: Mgr. Petr Novák PhDr. Mgr. Jan Válek	Hodnocení:
UČO: 123456	Semestr: 2.	Teplota: 23 °C	Tlak: 100 kPa	Vlhkost: 37 %

Zadání úkolu

1. Zjistěte, z jakého materiálu je vyrobeno předložené těleso/tělesa
2. Do Závěru protokolu uveďte možný rozsah hodnot hustoty daného materiálu z MFCH tabulek

Použití přístroje

Pomůcka	Inventární číslo	Chyba	Ostatní údaje
Posuvné měřidlo	DKP 123456	0,02 mm	
Mikrometr	DKP 123456	0,01 mm	
Sada závaží	F 1232		
Rovnoramenné váhy	F 1202		
Kulička			
Váleček			

Teorie k úloze

Hustota látky je jednou ze základních materiálových charakteristik látek. Její velikost je ovlivňována chemickým složením.

Hustota látky je rovna hmotnosti tělesa z této látky o jednotkovém objemu.

Pokud má těleso pravidelný geometrický tvar, můžeme určit jeho objem (V) přímým výpočtem z jeho rozměrů a jeho hmotnost (m) určit vážením. Hustota (r) je pak dána

vztahem: $r = \frac{m}{V}$.

Postup měření

Hustotu tělesa vypočítáme pomocí vztahu: $r_K = \frac{m_K}{V_K}$.

Nejprve určíme hmotnost kuličky (m_K) na rovníramenných vahách.

Pomocí mikrometru změříme její průměr (d_K).

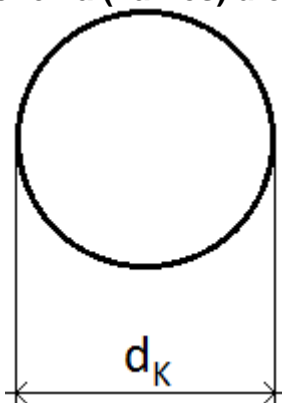
Z naměřených a vypočítaných hodnot spočítáme hustotu tělesa pomocí vztahu:

1. Pro kuličku

$$r_K = \frac{m_K}{V_K} = \frac{m_K}{\frac{4}{3} \cdot p \cdot r^3} = \frac{m_K}{\frac{1}{6} \cdot p \cdot d^3} = \frac{6 \cdot m_K}{p \cdot d^3}$$

Úloha:	Určení hustoty z měření objemu a hmotnosti ocelového válečku a kuličky	Strana: 2 / 3
Vypracoval:	Josef Mrštík	

Schéma (nákres) úlohy



Naměřené a vypočítané hodnoty

Hustota kuličky

	d_K [mm]	Dd_K [mm]	m_K [g]	Dm_K [g]
1.	17,30	0,02	21,72	0,01
2.	17,30	0,02	21,71	0,00
3.	17,20	-0,09	21,75	0,04
4.	17,15	-0,14	21,60	-0,11
5.	17,30	0,02	21,51	-0,20
6.	17,25	-0,04	21,84	0,13
7.	17,35	0,07	21,89	0,18
8.	17,30	0,02	21,64	-0,07
9.	17,35	0,07	21,53	-0,18
10.	17,35	0,07	21,84	0,13
a.p.	17,285		21,71	
\bar{s}	0,021		0,04	

Směrodatná odchylka aritmetického průměru naměřených veličin (d_K):

$$\bar{s}_{d_K} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{K_i}^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n d_{K_i} \right)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Směrodatná odchylka aritmetického průměru naměřených veličin (m_K):

$$\bar{s}_{m_K} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_{K_i}^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n m_{K_i} \right)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Naměřené hodnoty i s odchylkami:

$$d_K = (17,29 \pm 0,02) \text{ mm}$$

$$m_K = (21,71 \pm 0,04) \text{ g}$$

Vypočítávaná hustota kuličky

$$\rho_K = \frac{m_K}{V_K} = \frac{6 \cdot m_K}{p \cdot d^3} = \frac{6 \cdot 21,71}{p \cdot 17,29^3} = 0,008030 \frac{\text{g}}{\text{mm}^3}$$

Úloha:	Určení hustoty z měření objemu a hmotnosti ocelového válečku a kuličky	Strana: 3 / 3
Vypracoval:	Josef Mrštík	

Směrodatná odchylka vypočítané hodnoty (r_K)

$$r_K = \frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3} = 6 \cdot m \cdot p^{-1} \cdot d^{-3}$$

$$\frac{\partial r_K}{\partial d} = 6 \cdot p^{-1} \cdot m \cdot d^{-4} \cdot (-3) = (-18) \cdot p^{-1} \cdot m \cdot d^{-4}$$

$$\frac{\partial r_K}{\partial m} = 6 \cdot p^{-1} \cdot d^{-3}$$

$$\bar{s}_{r_K} = k \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial r_K}{\partial d} \cdot \bar{s}_d\right)^2 + \left(\frac{\partial r_K}{\partial m} \cdot \bar{s}_m\right)^2} = k \cdot \sqrt{\left[\left(\frac{-18 \cdot m}{p \cdot d^4}\right) \cdot (\bar{s}_d)\right]^2 + \left[\left(\frac{6}{p \cdot d^3}\right) \cdot (\bar{s}_m)\right]^2}$$

$$\bar{s}_{r_K} = k \cdot \sqrt{\left[\left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right) \cdot \left(\frac{-3 \cdot \bar{s}_d}{d}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right) \cdot \left(\frac{\bar{s}_m}{m}\right)\right]^2}$$

$$\bar{s}_{r_K} = k \cdot \sqrt{\left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right)^2 \cdot \left(\frac{-3 \cdot \bar{s}_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{s}_m}{m}\right)^2}$$

$$\bar{s}_{r_K} = \pm r_K \cdot k \cdot \sqrt{\left(\frac{-3 \cdot \bar{s}_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\bar{s}_m}{m}\right)^2} = \pm 0,008030 \cdot 1,059 \cdot \sqrt{\left(\frac{-3 \cdot 0,02}{17,29}\right)^2 + \left(\frac{0,04}{21,71}\right)^2}$$

$$\bar{s}_{r_K} = \pm 0,000035 \frac{g}{mm^3}$$

Výsledná hustota kuličky:

$$r_K = (0,008030 \pm 0,000035) \frac{g}{mm^3}$$

$$r_K = (8030 \pm 35) \frac{kg}{m^3}$$

Závěr

Odchylky hodnot od skučených jsou zapříčiněné nepřesným odečítáním hodnot z měřidel.

Z vypočítané hodnoty hustoty kuličky $r_K = (0,008030 \pm 0,000035) \frac{g}{mm^3}$ a převedené hodnoty

$r_K = (8030 \pm 35) \frac{kg}{m^3}$ předpokládáme, že je vyrobena z oceli.

Ocel má hustotu od $7400 \frac{kg}{m^3}$ do $8000 \frac{kg}{m^3}$.