

## FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

### Fyzikální praktikum 1

**Zpracoval:** Tomáš Plšek, 461281

**Naměřeno:** 2.3.2017

**Obor:** Astrofyzika

**Skupina:** Čt, 8:00

**Úloha:** 1. Měření hustoty válečku

$T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$

$\varphi = 34\text{ }\%$

$p = 97,9\text{ hPa}$

### Úkoly

1. Změřte rozměry válečku a zjistěte jeho hmotnost.
2. Určete výslednou hustotu i s odpovídající odchylkou.

### 1. Úvod

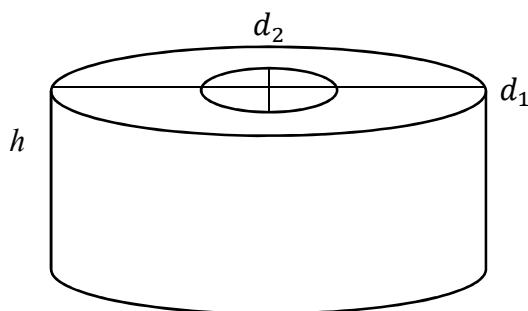
Úkolem je zjistit hustotu mosazného válečku, což je jedna z nepřímo měřených veličin. Vy-  
chází to už z definice hustoty – hmotnost na jednotku objemu  $\rho = \frac{m}{V}$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]. Pro výpočet hustoty  
válečku tedy potřebujeme znát jeho hmotnost a objem. Hmotnost válečku získáme jeho zvážením na  
laboratorních vahách. Objem však budeme muset dopočítat z jeho parametrů (výška válce  $h$ , vnější  
průměr  $d_1$  a vnitřní průměr  $d_2$ ), které změříme pomocí mikrometrického šroubu a posuvného měřidla.

### 2. Postup měření

Výšku  $h$  měříme mikrometrickým šroubem (rozsah 0 až 25 mm, nejmenší dílek 0,01 mm).

Průměry  $d_1$  a  $d_2$  měřeny posuvným měřidlem (rozsah 0 až 150 mm, nejmenší dílek 0,05 mm).

Hmotnost měřena na laboratorních vahách (rozsah 0 až 310 g, ověřovací dílek 0,001 g).



Obrázek 1: Rozměry válečku

Pro získané hodnoty spočteme aritmetické průměry a jejich odchylky. Odchylky jednotlivých  
parametrů vypočítáme z odchylek jejich aritmetických průměrů (1) a nejistot měřidel použitých  
k jejich měření (2), a to pomocí pravidla pro kombinovanou nejistotu:  $u_c(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)}$ .

$u_A(x)$ ...nejistota typu A = směrodatná odchylka aritmetického průměru

$$u_A(x) = s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N*(N-1)}} \quad (1)$$

$u_B(x)$ ...nejistota typu B – je dána vlastnostmi měřidla

$$u_B = a/k \text{ pro délková měřidla, } u_B = e/3 \text{ pro digitální váhy} \quad (2)$$

a...přesnost, e...ověřovací hodnota, k...koeficient závislý na typu statistického rozdělení

### 3. Měření

Měření	Výška $h$ [mm]	Průměr $d1$ [mm]	Průměr $d2$ [mm]	Hmotnost [g]
1	23,110	40,30	19,00	191,590
2	23,120	40,25	18,95	
3	23,100	40,25	19,00	
4	23,102	40,25	18,90	
5	23,132	40,25	18,95	
6	23,138	40,30	19,05	
7	23,123	40,20	19,00	
8	23,117	40,25	19,05	
9	23,114	40,30	18,95	
10	23,103	40,25	19,00	
$\bar{x}$	23,116	40,257	18,99	191,590
$u_A(x)$	0,0040	0,0034	0,0150	----
$u_B(x)$	0,0029	0,0144	0,0144	0,0033
$u_C(x)$	0,0233	0,0428	0,0238	0,0033

Tabulka 1: Měření parametrů válečku

### 4. Přenos nejistoty

Výslednou nejistotu hustoty (pro vzorec  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi h(d_1^2 - d_2^2)}$ ) spočteme pomocí pravidla pro přenos nejistoty:

$$u_c(\rho) = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 u_c^2(m) + \left(\frac{\partial \rho}{\partial h}\right)^2 u_c^2(h) + \left(\frac{\partial \rho}{\partial d_1}\right)^2 u_c^2(d_1) + \left(\frac{\partial \rho}{\partial d_2}\right)^2 u_c^2(d_2)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{4u_c(m)}{\pi h(d_1^2 - d_2^2)}\right)^2 + \left(-\frac{4mu_c(h)}{\pi h^2(d_1^2 - d_2^2)}\right)^2 + \left(-\frac{8mu_c(d_1)d_1}{\pi h(d_1^2 - d_2^2)^2}\right)^2 + \left(\frac{8mu_c(d_2)d_2}{\pi h(d_1^2 - d_2^2)^2}\right)^2}$$

## 5. Zápis výsledku

Absolutní nejistota	8,37(5) g/cm <sup>3</sup>	8370(50) kg/m <sup>3</sup>
Rozšířená nejistota	(8,37 ± 0,05) g/cm <sup>3</sup> (p = 0,6827, n = 9)	(8370 ± 50) kg/m <sup>3</sup> (p = 0,6827, n = 9)

Tabulka 2: Zápis výsledné hustoty pomocí nejistot

## 6. Diskuze

Změřená hustota [8370 ± 50 kg/m<sup>3</sup> (p = 0,6827, n = 9)] docela dobře odpovídá hustotě mosazi. Hustota mosazi je 8400 až 8750 kg / m<sup>3</sup> [1].

Mosazný váleček však neměl ideální rozměry válce (hrany mezi pláštěm a podstavami jsou lehce zaoblené) - výsledný objem je tudíž nepatrně menší a hustota vyšší. Při výpočtu dále zanedbáváme rozdíl aerostatické vztlačové síly působící na nerezové závaží vůči působení této síly na mosazný váleček. Předpokládáme také, že podmínky jsou v celém průběhu měření stálé a nedochází ani k teplotní roztažnosti měřidla.

## 7. Zdroje

[1] ... <http://www.converter.cz/tabulky/hustota-pevne.htm>