

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

KATEDRA FYZIKY

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Jméno	Jan Kohout		Datum měření	30.4.2009	
Stud. rok	2008/2009	Ročník	1.	Datum odevzdání	14.5.2009
Stud. skupina	103	Lab. skupina	3	Klasifikace	
Číslo úlohy	Název úlohy				
1	Stanovení modulu pružnosti v tahu přímou metodou				

Úkol měření

1. Určete modul pružnosti v tahu přímou metodou pro dva vzorky různých materiálů a výsledky porovnejte s tabulkovými hodnotami.

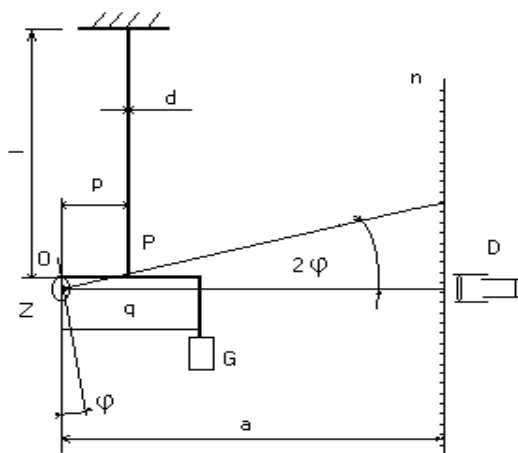
Seznam použitých přístrojů a pomůcek

Přípravek na měření, dalekohled, pásové měřítko, posuvka, mikrometr, sada závaží.

Postup měření

Při práci použijeme ochranný štít.

1. změříme délku drátu pásovým měřítkem při základním zatížení (měříme od hlavičky uchycovacího šroubu)
2. posuvkou změříme délku páky q a vzdálenost p upevnění drátu na páce P od osy otáčení O (viz obr.1)
3. změříme délku drátu kovovým měřítkem při základním zatížení s přesností na milimetry
4. podle materiálu a průměru drátu zvolíme velikost závaží (pro bronz půlkilová, pro ocel kilová závaží)
5. dalekohled umístíme 1m od měřícího zařízení a přečteme nulovou polohu n'_0 a další výchylky pro různá zatížení, postupující po jednotlivých závažích m , do nejvyššího zatížení (5 kusů závaží) a zase zpět do úplného odlehčení drátu (až na původní závaží, kterému přísluší nulové hodnoty n'_0 a n''_0 a které do součtu $\sum_i \Delta n_i$ nepočítáme)
6. vypočteme modul pružnosti a porovnáme jej s tabulkovou hodnotou



Obr. 1 - schema měřícího zařízení

Zpracování naměřených hodnot

Tabulka 1 - naměřené a vypočtené hodnoty

l	m [kg]	ocel ↓ [m]	ocel ↑ [m]	n _i [m]	n _i - n ₀ [m]
0	0,0	0,320	0,323	0,322	0,000
1	1,0	0,336	0,341	0,339	0,017
2	2,0	0,351	0,355	0,353	0,032
3	3,0	0,366	0,370	0,368	0,047
4	4,0	0,379	0,382	0,381	0,059
5	5,0	0,392	0,392	0,392	0,071
Σ	15,000	-	-	-	0,225

m [kg]	bronz ↓ [m]	bronz ↑ [m]	n _i [m]	n _i - n ₀ [m]
0,0	0,150	0,149	0,150	0,000
0,5	0,141	0,140	0,141	-0,009
1,0	0,133	0,132	0,133	-0,017
1,5	0,126	0,126	0,126	-0,024
2,0	0,120	0,121	0,121	-0,029
2,5	0,113	0,113	0,113	-0,037
7,500	-	-	-	-0,115

	ocel [mm]	bronz [mm]
l	975,0	1000,0
d	0,7	0,9
p	52,0	51,0
q	99,0	99,0

↓ / ↑... prodloužení při přidávání/ubírání závaží
 $n_i = (\downarrow + \uparrow) / 5$

, kde m je počet závaží (u oceli 1m=1kg, u bronzu 1m=0,5kg), šipky dolů/nahoru označují relativní prodloužení při přidávání/odebírání zátěže.

Přibližná chyba měření délky ramen: ±2mm

Vzorce

$$\text{Modul pružnosti v tahu: } E = \frac{8 \cdot a \cdot l \cdot q \cdot \sum_i G_i}{\pi \cdot d^2 \cdot p^2 \cdot \sum_i \Delta n_i} \quad (1)$$

, kde a, p, q...viz obr. 1, d...průměr drátu, l...délka drátu, $\sum_i G_i$...součet zatížení (v Newtonech), $\sum_i \Delta n_i$...součet dílkových změn délky.

Odhady chyb:

$$\vartheta(a) = 0,0005 m$$

$$\vartheta(l) = 0,0005 m$$

$$\vartheta(p) = 0,002 m$$

$$\vartheta(q) = 0,002 m$$

$$\vartheta(d) = 0,00005 m$$

$$\vartheta(n) = 0,0005 m$$

Chyby počítány pomocí vzorce $\sqrt{\sum_{i=1}^N (E d a_i)^2 \cdot \vartheta(a_i)^2}$, kde a_i jsou proměnné zatížené chybou.

$$E_{ocel} = \frac{8 \cdot a \cdot l \cdot q \cdot \sum_i G_i}{\pi \cdot d^2 \cdot p^2 \cdot \sum_i \Delta n_i} = \frac{8 \cdot 1 \cdot 0,975 \cdot 0,099 \cdot 9,81 \cdot 15}{\pi \cdot (0,0007)^2 \cdot (0,052)^2 \cdot 0,225} = 0,1213262866 \cdot 10^{12}$$

$$\vartheta(E_{ocel}) = 1,984480879 \cdot 10^{10}$$

$$E_{ocel} = (121,3 \pm 19,8) GPa$$

$$E_{bronz} = \frac{8 \cdot a \cdot l \cdot q \cdot \sum_i G_i}{\pi \cdot d^2 \cdot p^2 \cdot \sum_i \Delta n_i} = \frac{8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 9,81 \cdot 7,5}{\pi \cdot 0,0009^2 \cdot 0,051^2 \cdot 0,115} = 0,7655655251 \cdot 10^{11}$$

$$\vartheta(E_{bronz}) = 0,1054763308 \cdot 10^{11}$$

$$E_{bronz} = (76,6 \pm 10,5) GPa$$

Závěr a zhodnocení výsledků

Tabulková hodnota modulu pružnosti pro bronz je 97-102GPa, pro ocel 200-210GPa.

Výpočtem jsme dostali pro bronz $E_{bronz} = (76,6 \pm 10,5) GPa$ a pro ocel

$E_{ocel} = (121,3 \pm 19,8) GPa$. Pro bronz se ještě vypočítaný modul pružnosti blíží tabulkové hodnotě, u oceli se ale liší o více než 50%. Příčinou může být opotřebení vzorků, ocelový drát vykazoval mnohem větší rozdíly v tloušťce na různých místech.

Velké odchylky jsou způsobeny chybou určení velikosti ramen, které se měřili velice obtížně (nebylo pořádně vidět, kde je střed os) a proto jsme chybu určení jejich velikosti zvolili celé 2mm, i tak bylo ale jejich určení zřejmě nepřesné.

Pozn.: u bronzu jsme měli obráceně stupnici měřítka, proto prodloužení vyšlo záporné (pro výpočty ale můžeme použít absolutní hodnotu).