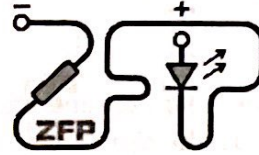


LEPŠÍ JEDNOTKY GRAFŮ

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum I (NOFY066)



Úloha č. XI.....

Název úlohy: deformační modul pružnosti deformace látek v tlaku.....

Jméno: Josef Kučera

Obor: FOF

Datum měření: 12.3.2019

Datum odevzdání: 19.3.2019

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 3	3
Teoretická část	0 - 2	2
Výsledky a zpracování měření	0 - 9	5
Diskuse výsledků	0 - 4	2
Závěr	0 - 1	1
Seznam použité literatury	0 - 1	1
Celkem	max. 20	17

Posuzoval: ku-07.....

dne: 21.3.2019.....

**** * * DATA SE ZAPISUJÍ ROVNOU DO POČÍTAČE**

Pracovní úkol

1. Změřte tuhost aparatury K .
2. Provedte dynamickou zkoušku deformace v tlaku přiloženého vzorku.
3. Výsledek dynamické zkoušky v tlaku graficky znázorněte a určete mezní napětí $\sigma_{0,2}$ a σ_U .

Theorie

Při působící tlakové síle na vzorek válcového tvaru o původní délce l_0 a průměru d_0 se vzorek deformuje. Mění se jeho délka l v závislosti na jeho materiálových a topologických vlastnostech.

Při měření deformace látek v tlaku na konkrétním deformačním přístroji odpovídá jedna otáčka kotouče zdvihu h 0,75 mm, frekvence f otáčení kotouče je $(0,60 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$.

Vzniklá celková změna rozměrů (deformace aparatury + deformace vzorku) pak vychází:

$$\Delta L_i = h f t_i \quad (1)$$

Konkrétní čas t_i zjistíme z programu Zapisovač. Zároveň také zjistíme naměřené deformační napětí U_i , které lze převést na deformační sílu dle vztahu [1],[2],[3]:

$$F_i = \alpha U_i \quad (2)$$

kde $\alpha = (50,0 \pm 0,5) \text{ N.mV}^{-1}$.

Pokud provedeme experiment nejprve s válcovitým kalibračním vzorkem, který má mnohem vyšší hustotu ρ a větší plochu podstavy S , můžeme veškerou délkovou změnu Δl_A v důsledku působící síly F přisoudit deformaci aparatury [1],[2],[3]:

$$F = K \cdot |\Delta l_A| \quad (3)$$

Z grafu pak můžeme vyjádřit konstantu tuhosti aparatury K .

Na základě toho můžeme pak přesněji vypočítat délkovou změnu vzorku (odečtení deformace aparatury) dle vzorečku [1],[2],[3]:

$$|\Delta l_V(F)|_i = \Delta l(F)_i - \frac{F_i}{K} \quad (4)$$

S použitím Δl_V pak můžeme dle následujícího vzorečku vypočítat relativní deformaci ε_0 [1],[2],[3]:

$$\varepsilon_0 = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l_V}{l_0} \quad (5)$$

A skutečnou deformaci ε [1],[2],[3]:

$$\varepsilon = \ln \frac{l_0 + \Delta l_V}{l_0} \quad (6)$$

Zároveň můžeme vypočítat smluvní napětí σ [1],[2],[3]:

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (7)$$

A nakonec vyjádřit skutečné napětí pro konstantní objem vzorku [1],[2],[3]:

$$\sigma' = \sigma(1 + \varepsilon)$$

Finálním výstupem by měl být graf závislosti ε na σ' , ze kterého pak vyčteme z lineárního fitu napětí σ_U a mezní napětí $\sigma_{0,2}$

*musí mít
operovat u každého
vzorku*

Výsledky měření

Nejprve byly změřeny rozměry měřeného válcového vzorku:

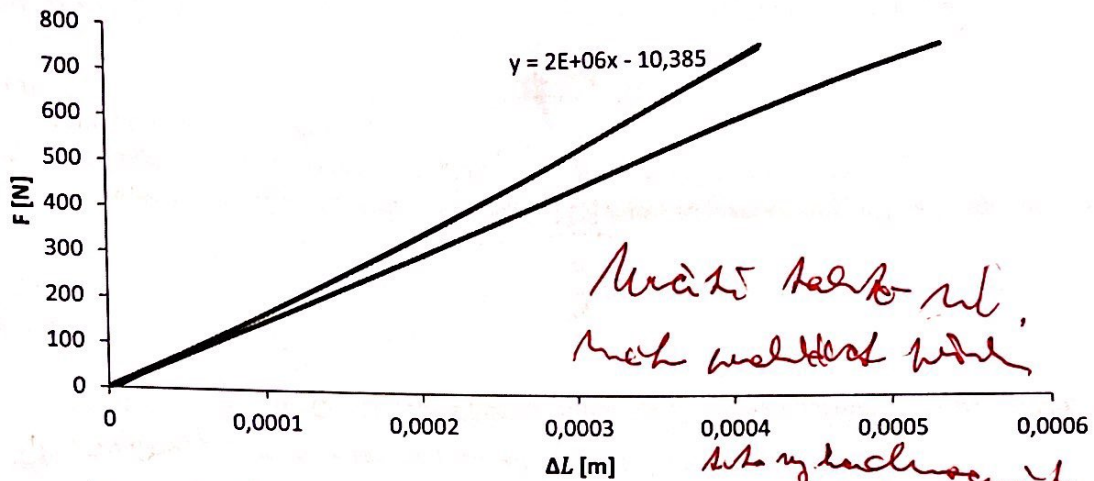
$$d_0 = 7,3 \text{ mm}$$

$$l_0 = 10,3 \text{ mm}$$

Provedli jsme měření deformace nejprve na kalibračním vzorku z oceli, poté na vzorku určeném k měření z cínu.

Pak jsme byli schopni z dat programu zapisovač vypočítat pro každou časovou hodnotu t_i hodnotu ΔL_i dle vztahu (1) a pro každou hodnotu napětí U_i hodnotu síly F_i ze zdrojového souboru dle vztahu (2) a vynést jejich vzájemnou závislost do grafu 1 pro kalibrační vzorek i vzorek určený měřený.

Křivka grafu je zvolena účelně. Chyba...



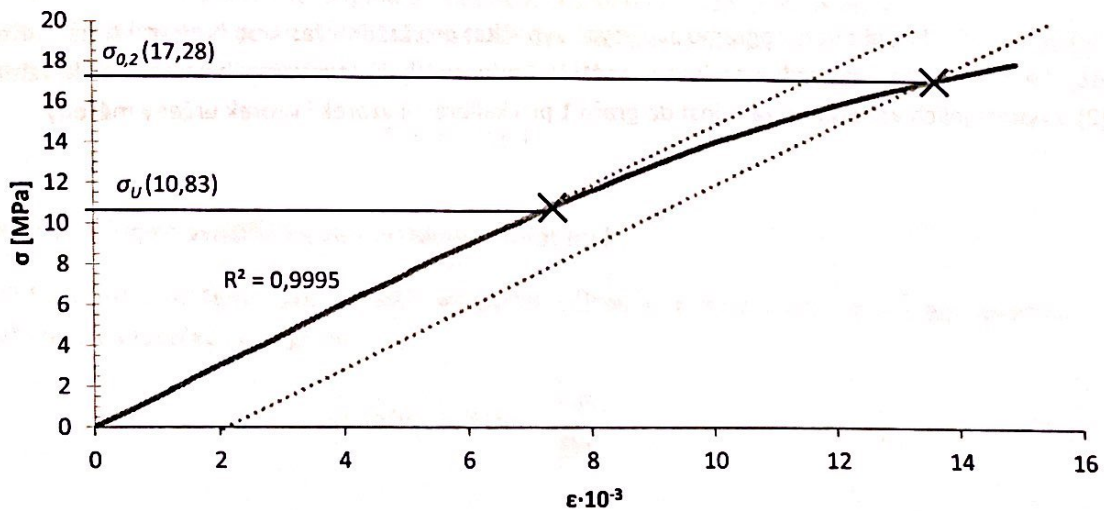
Graf 1: Vyhodnocení tuhosti aparatury

Po proložení grafu kalibračního vzorku jeho spojnicí trendu v Excelu můžeme vypočítat konstantu tuhosti aparatury K , v našem případě rovnou $2 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Díky tomu jsme byli schopni vypočítat přesněji délkovou deformaci vzorku Δl_v v závislosti na působící síle F dle vztahu (4), s touto korekcí jsme pak schopni vypočítat relativní deformaci ϵ_0 zavedenou jako poměrné prodloužení vztažené k původní délce vzorku ze vztahu (5) a zintegrováním pak dostaneme výsledný vztah (6) pro skutečnou deformaci ϵ .

Dosažením hodnoty S_0 , která nám pro náš vzorek vychází zhruba $41,85 \text{ mm}^2$ do vztahu (7) pak vypočítáme hodnotu smluvního napětí σ které pak dle vztahu (8) přepočítáme na skutečné napětí σ' .

Výsledný graf pak vypadá následovně:



Graf 2: Vyhodnocení dynamické tlakové zkoušky vzorku

Křivka grafu je v bodě σ_U s hodnotou napětí 10,83 MPa proložen lineárním fitem. Tato hodnota byla zvolena účelově, neboť hodnota spolehlivosti R^2 lineárního fitu až do tohoto bodu vychází 0,9995. Chyba je tak v řádu setin procent.

Na základě této volby vychází hodnota mezního napětí $\sigma_{0,2}$ 17,28 MPa.

Diskuse

Chyby při měření vznikají jednak v důsledku nejistoty frekvence otáčení kotouče u frekvence f ($0,60 \pm 0,01$), 10^{-3} s^{-1} , ta se ale do výsledku promítne maximálně v řádu 10^{-5} , proto ji můžeme zanedbat.

Dále ale vzniká chyba i při převodu napětí U na sílu F , která dává chybu $\pm 500 \text{ N.V}^{-1}$. To je chyba v řádu 10^2 , do výsledku se ale promítne maximálně v řádu 10^1 .

Další nepřesnosti se dopouštíme při lineárním fitu a výpočtu konstanty K .

A konečně chyba vzniká i naším proložením výsledného grafu tečnou spojnicí trendu a rovnoběžnou sečnou pro výpočet hodnoty $\sigma_{0,2}$.

Závěr

Podařilo se nám stanovit tuhost měřicí aparatury a stanovit její hodnotu $K = 2 \cdot 10^6 \text{ N.m}^{-1}$.

Z výsledného grafu se nám podařilo určit hodnotu $\sigma_U = 10,83 \text{ MPa}$ a hodnotu mezního napětí $\sigma_{0,2} = 17,28 \text{ MPa}$.

Poznámka k měření

V přiloženém archu u druhého grafu vychází směrnice a tudíž i tuhost aparatury K kalibračního vzorku $5 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-1}$.

Správná hodnota je však $2 \cdot 10^6 \text{ N.m}^{-1}$. Tento rozpor vychází jednak z prohozených os a dále pak i proto, že pro výpočet síly F z rovnice (2) byl použit chybný řád konstanty α , neboť její hodnotu ($50,0 \pm 0,5$) N.mV^{-1} je nutno při převodu jmenovatele z mV na V vynásobit 1 000.

Literatura

- [1] Brož, J. a kol.: Základy fyzikálních měření I. SPN, Praha 1983, čl. 2.3.2.1
- [2] Brož, J. a kol.: Základy fyzikálních měření II B. SPN, Praha 1973, st. 10.2.2, 10.5.3, 10.5.4.
- [3] Horák, Z., Krupka F.: Fyzika, SNTL, Praha 1981, kap. 2.6.1, 2.6.2

2019

Kučera



$$d_1 = 7,3 \text{ mm}$$

$$d_2 = 7,31 \text{ mm}$$

$$l = 10,3 \text{ mm}$$

- vypracovali graf $F / \Delta l$

$$F = \lambda \cdot U$$

$$\Delta l =$$

$$F = 50$$

$$1 \text{ vláček} = T = 0,175 \text{ mm}$$
$$F = \frac{1}{f} = (0,60 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

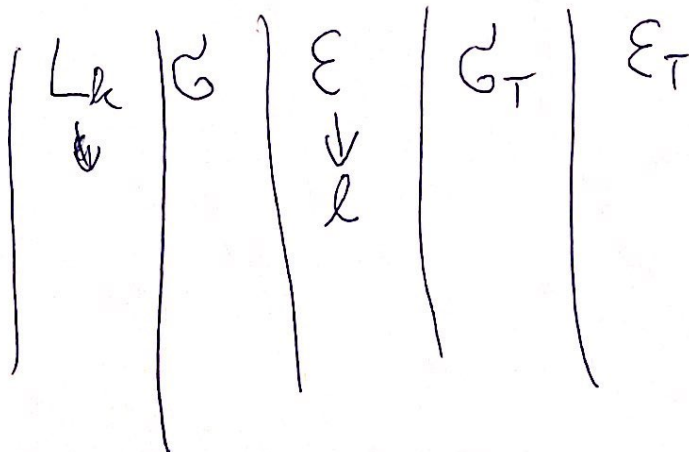
M

$$0,60 \cdot 10^{-3} = 0,00060$$

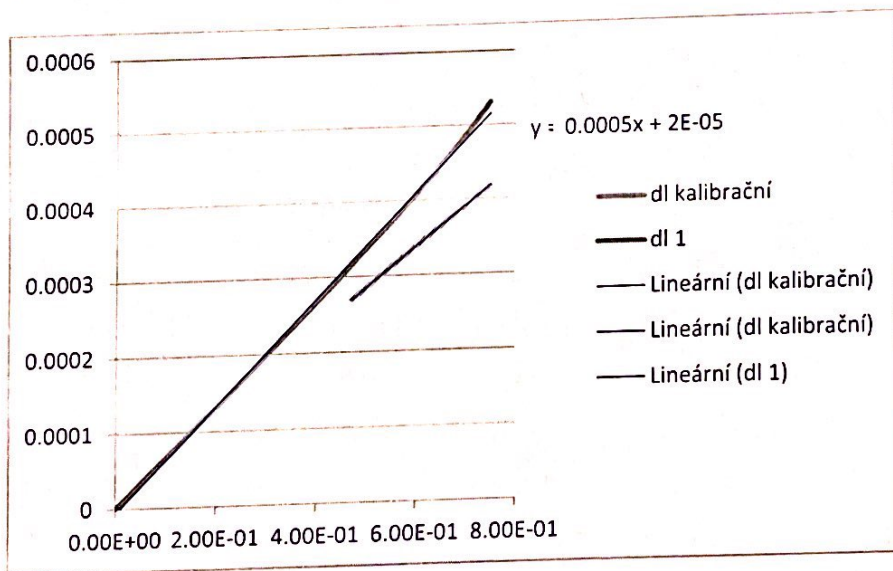
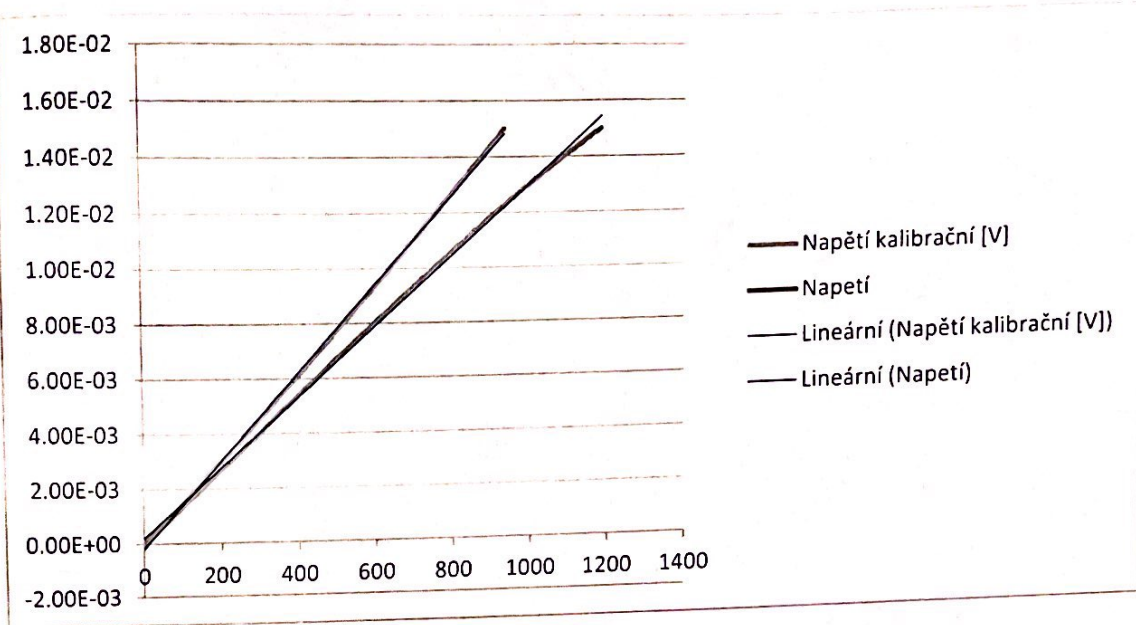
$$\frac{1}{(0,60 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}} = 0,75 \text{ s}$$

$$K = 0,0005$$

$$F = F$$



14-03-2019
K. S. 32.
Matematicko-fyzikální fakulta
Fyzikální praktikum I



Grady na zapísanie mesa 11.5.2019

17-03-2019
 Matematicko-fyzikálna fakulta
 Fyzikálny ústav I