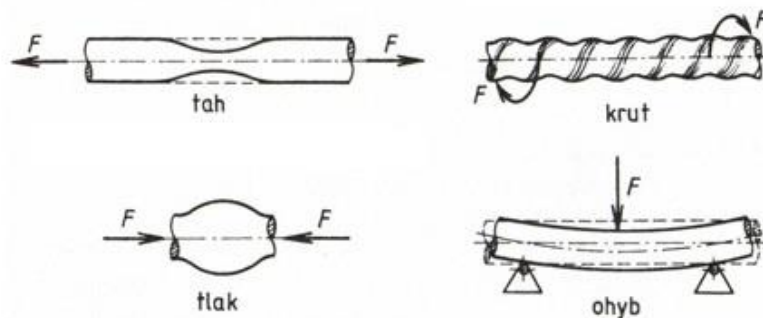


Hookův zákon

Teorie

Atomy pevných látek jsou uspořádány do krystalických mřížek, mezi atomy působí velké síly, které udržují mřížku pevnou. Všechny reálné pevné předměty jsou do určité míry pružné. To znamená, že můžeme částečně měnit jejich rozměry tahem, tlakem, kroucením či ohybem.



Obrázek 1: Typy namáhání tuhého tělesa

Abychom popsali tyto druhy namáhání těles, mluvíme o napětí, tj. síla přepočtená na jednotkovou plochu, a deformaci, kterou toto napětí vyvolává. Deformaci chápeme jako relativní změnu tvaru.

Deformace tahem a tlakem

Napětí značíme symbolem σ (čti sigma), a platí pro něj vztah

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

Kde F je síla působící kolmo na plochu průřezu S . Ze vztahu je zřejmé, že napětí je udáváno v jednotkách Pa.

Deformace ε je bezrozměrná veličina, kterou pro tahové namáhání vzorku vyjádříme jako podíl prodloužení vzorku Δl k jeho délce l , tedy

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

Deformaci v tomto případě nazýváme **relativní prodloužení**. Působí-li na tyč tlak, tyč se zkrátí a relativní prodloužení považujeme za záporné.

Napětí a deformace jsou vzájemně úměrné. Konstanta úměrnosti se nazývá **Youngův modul** (modul pružnosti v tahu), značí se E , je to hodnota experimentálně zjištěná a uvedená v matematicko-fyzikálních tabulkách. Mezi zmíněnými třemi veličinami platí vztah

$$\sigma = E \cdot \varepsilon,$$

z nějž vyplývá, že jednotkou Youngova modulu jsou též Pa.

Obecnou rovnici pro namáhání tahem (tlakem) nazýváme Hookův zákon a lze zapsat v následujícím tvaru

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l}.$$

Deformace pružiny

Zavěsíme-li na pružinu o počáteční délce l závaží o hmotnosti m , začne na tuto pružinu působit síla pružnosti F_p , pro kterou platí vztah

$$F_p = k \cdot \Delta l,$$

Kde Δl je prodloužení pružiny po zavěšení závaží a k tuhost pružiny, konstanta popisující vlastnost konkrétní pružiny.

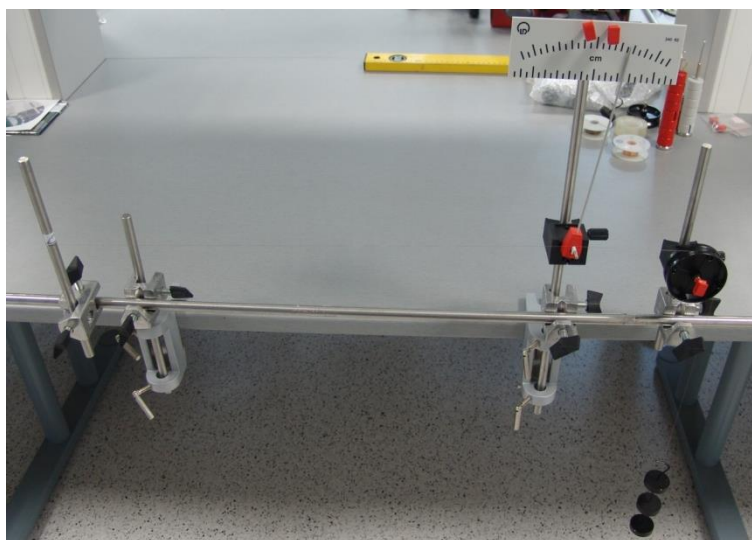
Úkol

- Určete Youngův modul pro železo a pro měď.
- Určete tuhost pěti pružin.

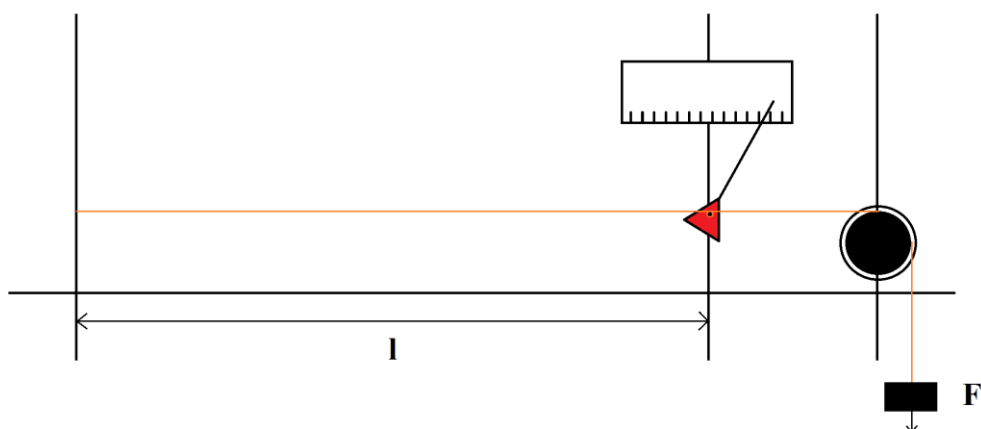
a) Youngův modul

Pomůcky:

sestava na měření prodloužení drátu (viz obr. 2, 3), měděný drát, železný drát, souprava 50g závaží



Obrázek 2: Soustava na měření prodloužení drátu



Obrázek 3: Schéma sestavy na měření prodloužení drátu

Postup:

- 1) Zkontrolujte sestavu podle obrázku 2. Ujistěte se, že máte všechny díly, které jsou na svém místě.
- 2) Změřte vzdálenost l (viz obr. 3, pokud je větší než 60 cm, upravte soupravu), zjistěte a zapište si průměr jednotlivých drátů.
- 3) Připevněte železný drát do soustavy podle obr. 2. Použijte vodováhu pro zajištění vodorovnosti drátu. Okolo ukazatele prodloužení drát jednou obkružte tak, aby se nepřekrýval.
- 4) Drát napněte jen tak, aby se nepronášel a ukazatel nastavte do horizontální polohy – tzn. tak, aby neukazoval žádnou výchylku.
- 5) Připevněte na volný konec drátu jedno závaží a na stupnici odečtěte relativní prodloužení drátu. Mějte na paměti, že stupnice ukazuje hodnoty se zvětšujícím faktorem 40.
- 6) Postupně přidávejte na drát jednotlivá závaží a pozorujte prodloužení drátu. Údaje zapisujte do tabulky.
- 7) Proveďte celkem 8 měření pro daný drát (tzn. zatížení až do 400 g).
- 8) Opakujte měření pro měděný drát. Výsledky zapište do tabulky.
- 9) Ze získaných hodnot spočítejte relativní prodloužení ε a napětí σ .
- 10) Dosazením do vztahu $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ určete modul pružnosti v tahu pro železný a pro měděný drát pro každé měření zvlášť. Vhodnou metodou určete průměrnou hodnotu Youngova modulu pro jednotlivé materiály.
- 11) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Na závěr shrňte výsledky svého snažení, porovnejte je s tabulkovými hodnotami a diskutujte možné chyby měření.

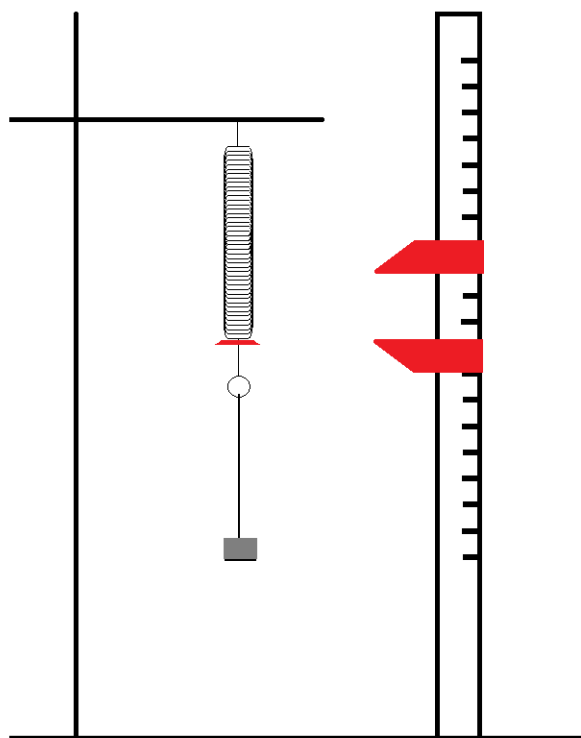
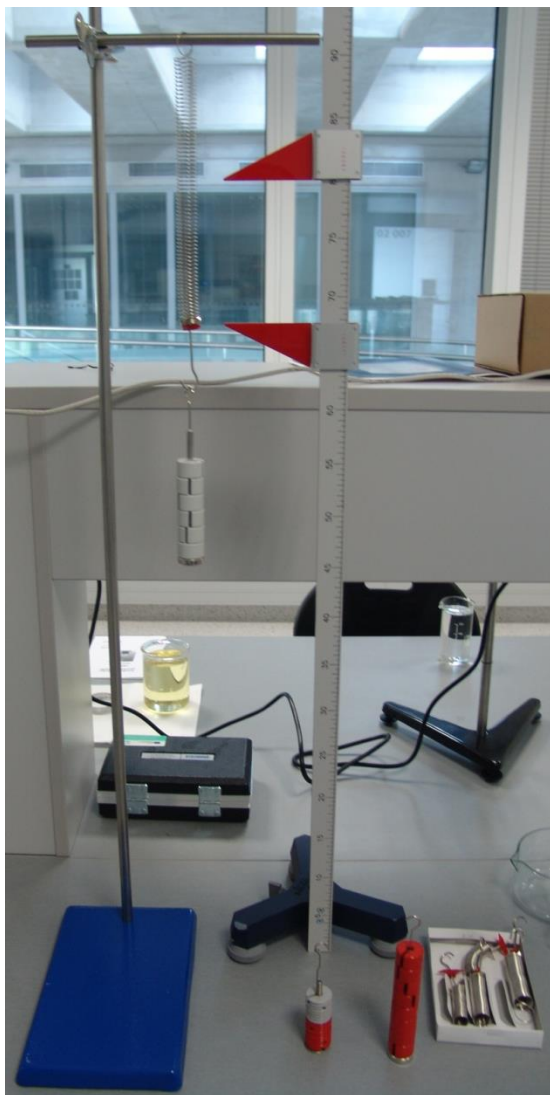
Tabulka 1: Tabulka pro zápis výsledků měření prodloužení drátu

Železný drát				
Číslo měření	Hmotnost závaží m (kg)	Prodloužení na stupnici Δl (cm)	Relativní prodloužení ε (-)	Napětí σ (Pa)
1	0,05			
2	0,10			
3	0,15			
4	0,20			
5	0,25			
6	0,30			
7	0,35			
8	0,40			
Měděný drát				
Číslo měření	Hmotnost závaží m (kg)	Prodloužení na stupnici Δl (cm)	Relativní prodloužení ε (-)	Napětí σ (Pa)
1	0,05			
2	0,10			
3	0,15			
4	0,20			
5	0,25			
6	0,30			
7	0,35			
8	0,40			

b) Tuhost pružiny

Pomůcky:

sestava na měření prodloužení pružiny (viz obr. 4), sada pěti různých pružin, souprava 10g a 50g závaží se zářezem a držáků na závaží



Obrázek 4: Fotografie a schéma sestavy na měření prodloužení pružiny

Postup:

- 12) Zkontrolujte sestavu na měření dle obrázku 4. Ujistěte se, že všechny díly jsou na svém místě.
- 13) Zkontrolujte sadu pružin, zda obsahuje všech pět nepoškozených kusů.
- 14) Zavěste pružinu na stojan podle obrázku 4.
- 15) Horní červený posuvník nastavte na měřidlo do výšky konce pružiny. (Pokud dolní část posuvníku neukazuje na měřidlo na hodnotu končící na 0 nebo 5, upravte výšku pružiny vytáhnutím závěsné tyče, pomůže vám to při odečítání dalších hodnot.)
- 16) Zavěste na pružinu závaží o hmotnosti určené pro první měření, kterou najdete v tabulce 3. Mějte na paměti, že držák na závaží má také určitou hmotnost.
- 17) Dolní červený posuvník nastavte tak, aby jeho horní část byla ve stejné výšce jako konec pružiny.
- 18) Odečtěte hodnotu, která určuje vzdálenost mezi červenými posuvníky.
- 19) Hodnoty pro zátěž i vzdálenost zapište do tabulky 3.

- 20) Postupně přidávejte závaží a zapisujte hodnoty prodloužení dané pružiny. Nepřekračujte při měření největší doporučenou zátěž pro danou pružinu (viz tabulka 2).
- 21) Pro jednu pružinu proveďte sedm měření.
- 22) Poté naměřte a zapište hodnoty i pro ostatní pružiny.
- 23) Spočítejte tuhost jednotlivých pružin.
- 24) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Na závěr shrňte výsledky svého snažení, porovnejte je s hodnotami uvedenými na webu (<http://www.helago-cz.cz/product/sada-spiralovych-pruzin-pro-hookuv-zakon/>) a diskutujte možné chyby měření.

Tabulka 2: Vlastnosti pružin

Označení pružiny	Délka (mm)	Průměr (mm)	Nejmenší doporučené zatížení (g)	Největší doporučené zatížení (g)
A	122	15	10	100
B	145	15	10	200
C	150	19	10	350
D	147	20	30	600
E	142	20	40	750

Tabulka 3: Tabulka pro zápis výsledků měření prodloužení pružiny

		Pružina A		Pružina B		Pružina C		Pružina D		Pružina E	
Číslo měření	Zátěž (g)	Prodloužení (cm)	Prodloužení (cm)	Zátěž (g)	Prodloužení (cm)	Prodloužení (cm)	Zátěž (g)	Prodloužení (cm)	Prodloužení (cm)	Zátěž (g)	Prodloužení (cm)
1	10			50			100				
2	20			100			200				
3	30			150			300				
4	40			200			400				
5	50			250			500				
6	60			300			600				
7	70			350			700				