

STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI V TAHU Z PRŮHYBU TYČE

ZADÁNÍ ÚLOHY

Určete moduly pružnosti v tahu E materiálů, z nichž jsou vyrobeny zkoumané tyče.

DOPORUČENÁ LITERATURA

- [1] Toman J., Semerák P., *Fyzika 10 – Praktická cvičení*, Vydavatelství ČVUT, 2001.
- [2] Horák Z., *Praktická fyzika*, SNTL, 1958.
- [3] Brož J. a kol., *Základy fyzikálních měření I-III*, Státní pedagogické nakladatelství, 1967.

Teoretický úvod naleznete v **úloze 9** skript [1], případně v [2] nebo [3].

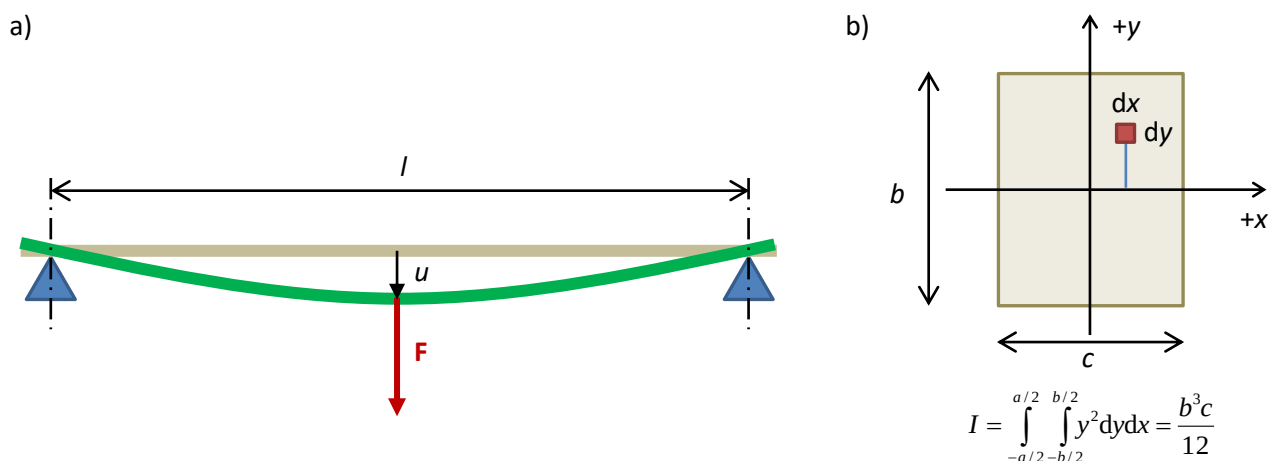
METODY MĚŘENÍ

Stanovení modulu pružnosti v tahu pomocí průhybu tyče

Modul pružnosti v tahu (někdy Youngův modul pružnosti) je konstantou úměrnosti mezi deformací materiálu a mechanickým napětím, které vzniká uvnitř materiálu jako reakce na vnější zatížení. Definici a podrobnější popis najde student např. v [1-3]. Chceme-li modelovat deformace těles při působení vnějších sil, musíme znát charakteristiky materiálů, ze kterých jsou tělesa vyrobena. V případě homogenního izotropního materiálu je modul pružnosti v tahu E právě jedním z parametrů charakterizujících elastické vlastnosti tohoto materiálu. Zpravidla se u materiálů určuje experimentálně. V této úloze využijeme závislosti mezi průhybem tyče a velikostí osamělé síly (v rámci úlohy realizováno tíhovou silou), která působí svisle dolů v polovině rozpětí prostě podepřeného nosníku [1]. Odvození vztahu je možné nalézt např. v [2-3].

POSTUP MĚŘENÍ

1. Metrem změřte 3x vzdálenost podpěr l (viz obr. 1). Výslednou hodnotu určete aritmetickým průměrem a odhadněte kombinované nejistoty.
2. Posuvným měřítkem (nebo mikrometrem) změřte 3x příčné rozměry tyče, pokaždé na jiném místě, a střední hodnotu průřezu určete aritmetickým průměrem a odhadněte kombinované nejistoty. Dejte pozor na správnou orientaci (určení směru výšky a šířky) vzhledem k budoucímu směru zatěžování.
3. Na tyč navlečte zatěžovací misku a tyč umístěte na podpěry (viz obr. 2). Instalujte digitální úchylkoměr a vynulujte jej. Šroub dotahujte s citem.
4. Tyč zatěžujte postupně závažím po 100 g do 1 kg (tj. 10 měření) a odečítejte průhyb tyče u . Tyč zatěžujte nejprve ve směru rysky, která je na čele tyče. Potom otočte tyč o 90 stupňů a měření opakujte.
5. Stejným způsobem změřte ostatní tyče.
6. Vypočtete momenty setrvačnosti I průřezu tyče pro obě orientace tyče (viz vztah na obr. 2 b), pozor na správné určení výšky a šířky). Pro výpočet plošného momentu setrvačnosti průřezu u duté tyče vztah vhodně upravte (integrujete pouze přes plochu, kde se nachází materiál).
7. Upravte vztah pro závislost průhybu tyče na hmotnosti závaží (viz [1] úloha 9) tak, abyste mohli vypočítat modul pružnosti tyče E ze všech vašich měření pomocí metody nejmenších čtverců (lineární závislost procházející počátkem, kde se E vyskytuje jako směrnice lineární závislosti). Moduly pružnosti pro všechny tyče a typy uložení vypočtete (celkem tedy 2x "počet měřených tyčí").
8. Pro každou tyč a jedno její uložení zobrazte graf závislosti průhybu tyče na hmotnosti závaží společně s přímkou vypočtenou s použitým vypočteným modulem pružnosti E z předchozího bodu. Určete střední kvadratickou odchylku (kvadratický průměr odchylek) měřených a vypočtených hodnot této lineární závislosti.
9. Pro každý materiál srovnajte moduly pružnosti s tabulkovými a diskutujte případné odchylky překračující interval spolehlivosti.



Obr. 1 a) Měření modulu pružnosti v tahu z průhybu tyče (modře – tyč před zatížením, zeleně – tyč po zatížení, $F = m \cdot g$ – působící síla, m – hmotnost závaží, g – gravitační zrychlení, u – průhyb, l – vzdálenost podpěr), b) příčný řez tyčí



Obr. 2 Laboratorní sestava k měření průhybu tyče

Poznámka: Při výpočtu kombinovaných nejistot přímo měřených veličin uvažujte nejistotu z opakování měření a nejistotu z rozlišení měřicích přístrojů. Nejistotu hmotnosti závaží zanedbejte.

POŽADOVANÉ VÝSTUPY

- Měření vzdáleností podpěr a příčných rozměrů tyčí s odhadem skutečných hodnot a kombinovaných nejistot.
- Výpočet modulů pružnosti metodou nejmenších čtverců pro každou tyč dvakrát (každé natočení), porovnání dvou určených modulů pro každou tyč, případná diskuze rozdílů.
- Zobrazení závislosti průhybu tyče na hmotnosti pro jedno její uložení (měřená data vs. vypočtená určená s modulem pružnosti z MNČ). Vypočtené střední kvadratické odchylky.

Porovnání s tabulkovými hodnotami a případná diskuze odchylek.

POMŮCKY

Stojan, tyče z různého materiálu, posuvné měřítko, digitální úchylkoměr, metr