

# URČENÍ TUHOS TI PRUŽINY

## Pracovní úkol:

- 1) Určete tuhost 3 pružin statickou metodou.
- 2) Sestrojte graf závislosti délky pružiny  $l$  na zavěšené hmotnosti  $m$  pro všechny měřené pružiny.
- 3) Určete tuhost alespoň 2 těchto pružin dynamickou metodou.
- 4) Sestrojte graf závislosti doby kmitu  $T$  na zavěšené hmotnosti  $m$  pro všechny měřené pružiny.
- 5) Sestrojte graf závislosti doby kmitu  $T$  na odmocnině zavěšené hmotnosti  $m$  pro všechny měřené pružiny.

**Pomůcky:** sada pružin, sada závaží s označenou hmotností, stojan, měřítko, stopky.

## Teorie:

### Statická metoda:

Při zavěšení závaží na pružinu dojde k jejímu protažení o délku  $\Delta l = l - l_0$ .

Na závaží působí síla tíhová a síla pružnosti, které musí být v rovnováze:

$$\vec{F}_G = -\vec{F}_p \quad (1)$$

$$F_G = F_p \quad (2)$$

Velikost síly pružnosti  $F_p$  závisí na statické tuhosti pružiny  $k_s$  a prodloužení pružiny  $\Delta l$ :

$$m \cdot g = k_s \cdot \Delta l \quad (3)$$

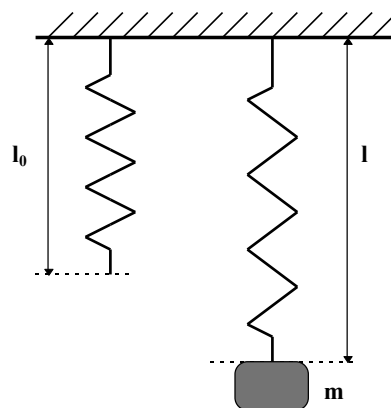
Odtud můžeme odvodit vztah pro délku pružiny  $l$ :

$$l = \frac{g}{k_s} \cdot m + l_0 \quad (4)$$

Porovnáním s rovnicí přímky  $y = k \cdot x + q$  dostaneme pro statickou tuhost pružiny  $k_s$  vztah:

$$k_s = \frac{g}{k} \quad (5)$$

Hodnotu tíhového zrychlení  $g$  najdete v tabulkách alespoň na 4 desetinná místa.



Dynamická metoda:

Doba kmitu netlumeného harmonického pohybu tělesa o hmotnosti  $m$ , které kmitá na pružině s dynamickou tuhostí  $k_d$ , je dána vztahem:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_d}} \quad (6)$$

Závislost  $T = f(m)$  tedy není možné proložit přímkou. Je třeba provést linearizaci vztahu.

Vztah přepíšeme do následující podoby:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{k_d}} \cdot \sqrt{m} \quad (7)$$

Porovnáním s rovnicí přímky  $y = k \cdot x$  vidíme, že při dosazování  $\sqrt{m}$  za  $x$ -ové hodnoty dostáváme pro dynamickou tuhost pružiny  $k_d$  vztah:

$$k_d = \left(\frac{2\pi}{k}\right)^2 \quad (8)$$

**Pokyny pro měření a jeho zpracování:**

- 1) Pružinu upevněte na stojan a podél pružiny upevněte délkové měřidlo. Pomocí olovnice nastavte svislou polohu měřidla. Změřte délku nezátíženou pružiny  $l_0$ .
- 2) Na pružinu zavěste první závaží a určete délku zatížené pružiny  $l$ . Postupně přidávejte další závaží a měřte délku zatížené pružiny.
- 3) Sestrojte graf závislosti  $l = f(m)$  pro všechny měřené pružiny a data proložte přímkou.
- 4) Pomocí lineární regrese určete tuhosti pružin  $k_s$  včetně chyb  $\sigma_{k_s}$ . Vztah pro výpočet chyby  $\sigma_{k_s}$  odvoďte. Pro určení Studentova součinitele uvažujte  $P=95\%$ .
- 5) Určete závislost doby kmitu na zatížení (alespoň 4 různé  $m$ ). Pro každé zatížení měřte dobu trvání 50 kmitů, toto měření opakujte 3x. Postupujte od největšího zatížení k nejmenšímu.
- 6) Sestrojte graf závislosti  $T = f(m)$  pro všechny měřené pružiny a data proložte vhodnou křivkou. (V případě potíží použijte k proložení křivítko.)
- 7) Sestrojte graf závislosti  $T = f(\sqrt{m})$  pro všechny měřené pružiny a data proložte přímkou procházející bodem  $[0;0]$ .
- 8) Pomocí lineární regrese určete tuhosti pružin  $k_d$  včetně chyb  $\sigma_{k_d}$ . Vztah pro výpočet chyby  $\sigma_{k_d}$  odvoďte. Pro určení Studentova součinitele uvažujte  $P=95\%$ .
- 9) Porovnejte výsledky statické a dynamické metody.
- 10) Určete tuhosti použitých pružin pomocí vážených průměrů.

**Literatura:**

- Čmelík, M., Machonský, L. a Burianová, L.: Úvod do fyzikálních měření, Liberec: TUL, 2001. 2. vydání. ISBN 80-7083-534-6.
- Kopal a j.p.: Fyzika I, Liberec: TUL, 2005. 1. vydání. ISBN 80-7083-903-1.
- Brož, J. a kol.: Základy fyzikálních měření I, vydání 2. SPN, Praha 1983