

IX. Měření modulu pružnosti v tahu

Měření modulu E z protažení drátu

Působí-li na drát délky l_0 a průřezu S síla F , potom v oboru pružné deformace je prodloužení drátu Δl dáno výrazem

$$\Delta l = \frac{1}{E} \frac{l_0 F}{S}, \quad (1)$$

kde E je modul pružnosti v tahu, který udává poměr mezi napětím σ

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (2)$$

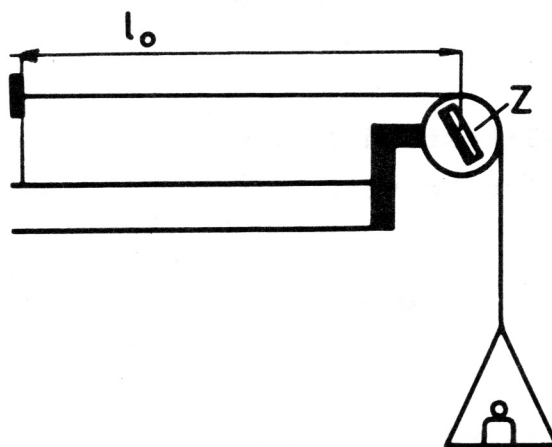
a relativním prodloužením (deformací) ε

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}. \quad (3)$$

Z rovnic (1), (2) a (3) plyne

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{l_0 F}{\Delta l \cdot S}. \quad (4)$$

Zařízení pro měření modulu pružnosti v tahu z protažení drátu je znázorněno na obr. 1. Výsledkem měření je stanovení modulu pružnosti v tahu výpočtem z rovnice (4). K tomu je třeba změřit průměr drátu d , délku drátu l_0 , pomocí závaží kladených na misku působit na drát známou silou F a měřit příslušná prodloužení Δl . Délka drátu $l_0 \approx 1 \text{ m}$, průměr drátu $d \approx 0,5 \text{ mm}$. K počátečnímu vyrovnaní a vypnutí drátu slouží závaží hmotnosti $m = 1 \text{ kg}$, pro vlastní měření jsou připravena závaží hmotnosti $m = 0,1 \text{ kg}$.



Obr. 1

Prodloužení drátu se měří zrcátkovou metodou. Drát je proto na jednom konci veden přes kladku poloměru r k misce, na kterou se kladou závaží. V ose kladky je upevněno zrcátko Z . Protažení drátu se tímto způsobem převádí na pootočení zrcátka. Úhel pootočení zrcátka $\Delta\alpha$ souvisí s prodloužením drátu vztahem

$$r\Delta\alpha = \Delta l \quad (5)$$

a měří se metodou zrcátka a stupnice. Rovnoměrně osvětlená svislá stupnice je umístěna ve vzdálenosti L od zrcátka tak, aby bylo možné dalekohledem pozorovat obraz stupnice v zrcátku. Při rovnovážné poloze zrcátka je v dalekohledu vidět dílek stupnice n_0 , po otočení zrcátka a úhel $\Delta\alpha$ dílek stupnice n . Pro vzdálenost $n - n_0$ platí

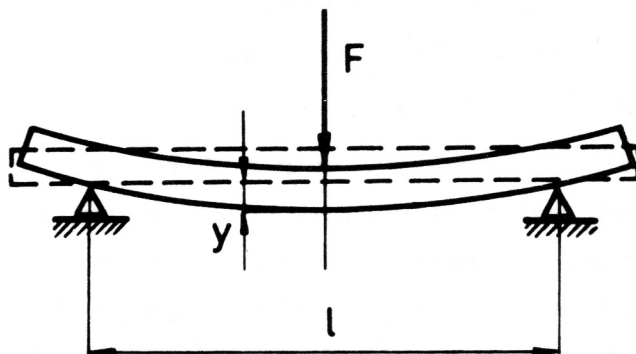
$$\operatorname{tg}(2\Delta\alpha) = \frac{n - n_0}{L} . \quad (6)$$

Vzhledem k velikosti úhlu pootočení zrcátka lze užít pro výpočet $\Delta\alpha$ přibližného vzorce

$$\Delta\alpha \approx \frac{n - n_0}{2L} . \quad (7)$$

Měření modulu E z průhybu trámku

Modul pružnosti v tahu lze určovat i metodami nepřímými např. z velikosti průhybu ohýbaných tyčí. Mezi tyto metody patří i metoda měření E z průhybu trámku *obdélníkového* průřezu podepřeného dvěma břity ve vzdálenosti l (viz obr. 2). Při zatížení trámku uprostřed silou F se trámek prohne tak, že v působišti síly vznikne průhyb y , pro který platí



Obr. 2

$$y = \frac{Fl^3}{48EI_p} , \quad (8)$$

kde I_p je plošný moment setrvačnosti průřezové plochy tyče vzhledem k vodorovné ose, kolmé k délce trámku a procházející těžištěm.

Pro obdélníkový průřez trámku výšky b , šířky a lze I_p vyjádřit vztahem

$$I_p = \frac{ab^3}{12} . \quad (9)$$

Po dosazení z (9) do (8) dostaneme výchozí vztah pro určení modulu E touto metodou

$$E = \frac{Fl^3}{4yab^3} . \quad (10)$$

Průhyb trámku měříme objektivovým mikrometrem, pro měření ostatních délek jsou připraveny pásové měřítko, posuvné měřítko a mikrometr ($l \approx 5 \cdot 10^{-1}$ m, $a \approx 2 \cdot 10^{-2}$ m, $b \approx 10^{-3}$ m).

Literatura:

- [1] J. Brož a kol.: Základy fyzikálních měření I. SPN, Praha 1967, kap. 2.3, st. 2.3.1, čl. 2.3.1.1.
- [2] J. Brož a kol.: Základy fyzikálních měření I. SPN, Praha 1983, kap. 2.3, st. 2.3.1, čl. 2.3.1.1.
- [3] Z. Horák, F. Krupka: Fyzika, SNTL, Praha 1981, kap. 2.6.1, 2.6.2