

## MĚŘENÍ MODULU PRUŽNOSTI PEVNÝCH LÁTEK

### ÚLOHA Č.6

$$t = 22,1^{\circ}\text{C}$$

$$p = 982,6 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 51,1\%$$

#### Úlohy:

1. Měření modulu pružnosti z průhybu plného obdélníkového nosníku.
2. Měření modulu pružnosti ve smyku dynamickou metodou.

#### 1. TEORIE

##### Pomůcky:

Obdélníkový nosník, měřič průhybu, závaží, váhy, stopky, olovněná koule, drát, posuvné měřidlo, mikrometr.

##### Postup úlohy č.1:

Postup byl velice jednoduchý. Nejdříve jsme si zvážili všechna závaží, která jsme kladli na nosník a měřili průhyb – abychom nemuseli počítat s jedním závažím, určili jsme jejich průměrnou hmotnost, byly velice podobná. Poté jsme přistoupili k nosníku, který jsme oměřili ze tří parametrů – délka  $l$ , šířka  $b$ , tloušťka  $a$ . Po oměření jsme začali klást a odebírat závaží na zařízení měřící průhyb a zapisovali jsme si jednotlivé výsledky daného průhybu. Z hodnot jsme mohli určit Youngův modul pružnosti.

##### Postup úlohy č.2:

K dispozici byla olovněná koule zavěšená na drátu. Přeměřili jsme délku drátu (závěsu), u koule její průměr  $d$ , určili její hmotnost a spočítali modul pružnosti v torzi. K tomu jsme ještě potřebovali znát moment setrvačnosti koule a periodu rotace koule, proto jsme změřili několika měřeními ručními stopkami onu periodu, zapsali výsledky a pokračovali ve výpočtech.

**2. VÝSLEDKY MĚŘENÍ, ZAPSÁNÍ KONEČNÝCH VÝSLEDKŮ**Úloha č.1:

Nejprve stanovení průměrné hmotnosti závaží:

| Závaží | Hmotnost (g) |
|--------|--------------|
| 1      | 99,648       |
| 2      | 98,985       |
| 3      | 99,474       |
| 4      | 99,657       |
| 5      | 99,775       |
| 6      | 99,651       |
| 7      | 99,687       |
| 8      | 99,142       |
| 9      | 99,396       |
| 10     | 99,422       |

$$m = (99,48 \pm 0,08) \text{ g}$$

Dále oměřený nosník z mosazi:

| Měření | Délka l (cm) | Šířka b (cm) | Tloušťka a (cm) |
|--------|--------------|--------------|-----------------|
| 1      | 94,9         | 2,68         | 0,5             |
| 2      | 94,95        | 2,675        | 0,515           |
| 3      | 94,9         | 2,655        | 0,52            |
| 4      | 94,85        | 2,66         | 0,515           |
| 5      | 94,85        | 2,68         | 0,51            |
| 6      | 94,9         | 2,63         | 0,51            |
| 7      | 94,95        | 2,68         | 0,515           |

$$l = (94,9 \pm 0,02) \text{ cm}$$

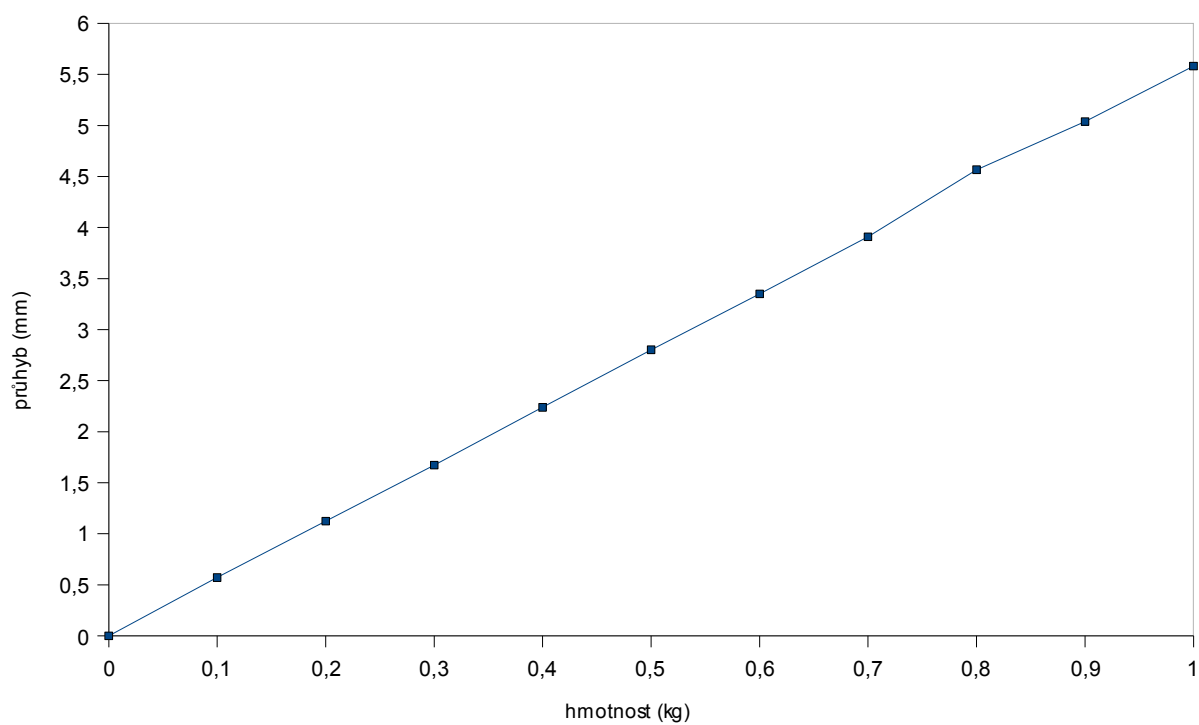
$$b = (2,671 \pm 0,007) \text{ cm}$$

$$a = (0,511 \pm 0,003) \text{ cm}$$

Tabulka hodnot, ukazující výchylky, průhyb, při kladení a odebírání závaží, nulová poloha byla v -0,001.

| Kladení závaží (mm) | Odebírání závaží (mm) |
|---------------------|-----------------------|
| -0,571              | -5,035                |
| -1,123              | -4,458                |
| -1,673              | -3,901                |
| -2,238              | -3,347                |
| -2,803              | -2,797                |
| -3,350              | -2,238                |
| -3,910              | -1,675                |
| -4,567              | -1,118                |
| -5,038              | -0,565                |
| -5,582              | -0,001                |

Závislost průhybu na hmotnosti



Z těchto hodnot můžeme stanovit výchylku, která nastane při položení jednoho závaží na nosník, z této hodnoty můžeme posléze počítat Youngův modul pružnosti.

Výsledný průhyb, který budeme uvažovat:

$$y = (0,558 \pm 0,004) \text{ mm}$$

Youngův modul pružnosti, který máme za úkol zjistit má tvar:  $E = \frac{F \cdot l^3}{(4 \cdot y \cdot a^3 \cdot b)}$

Po dosazení dostáváme:  $E = (107 \pm 1,7) \cdot 10^9 \text{ Pa}$  Pro určení chyby jsme použili zákona šíření chyb aplikovaného na předchozí výsledky.

### Úloha č.2:

Abychom určili požadované hodnoty výsledků, museli jsme kouli a drát přeměřit z těchto parametrů:

| Délka drátu $l$ (cm) | Poloměr drátu $r_1$ (cm) | Poloměr koule $r_2$ (cm) |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 23,06                | 0,07                     | 4,8                      |
| 23,06                | 0,05                     | 4,77                     |
| 23,07                | 0,05                     | 4,78                     |
| 23,08                | 0,055                    | 4,79                     |
| 23,07                | 0,055                    | 4,79                     |
| 23,07                | 0,06                     | 4,78                     |
| 23,07                | 0,05                     | 4,77                     |

Určili jsme chyby těchto měření:

$$l = (23,07 \pm 0,003) \text{ cm}$$

$$r_1 = (0,056 \pm 0,003) \text{ cm}$$

$$r_2 = (4,78 \pm 0,03) \text{ cm}$$

K výpočtu daného modulu pružnosti potřebujeme znát moment setrvačnosti koule, který je

$$J = \frac{2}{5} \cdot m R_2^2, \text{ po dosazení získáváme: } 0,540 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \text{ hmotnost byla stanovena výrobcem (5905g).}$$

$$J = (0,54 \pm 0,003) \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Konečně můžeme využít vztahu na výpočet modulu pružnosti v torzi s využitím periody otáčení koule:

| Měření | Perioda (s) |
|--------|-------------|
| 1      | 3,03        |
| 2      | 2,84        |
| 3      | 2,96        |
| 4      | 3,07        |
| 5      | 3,00        |
| 6      | 2,93        |
| 7      | 3,01        |

$$T = (2,98 \pm 0,03) \text{ s}$$

Vztah na výpočet modulu  $G = \frac{(8\pi \cdot l \cdot J)}{(r^4 \cdot T^2)} = 358,5 \cdot 10^{10} \text{ Pa.}$

$$G = (358,5 \pm 30,7) \cdot 10^{10} \text{ Pa}$$

### 3. ZÁVĚR

Tato úloha se potýkala s velkou možností zapsání chybných výsledků. Práce byla celkově zaměřena na měřicí odvětví, čili chyby mohly způsobit velké rozdíly od reálného výsledku. Podle konečných hodnot úloh můžeme pozorovat velké řádové stupně, což odpovídá realitě.