

Úlohy 1. kola 59. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie B

1. Galileiho pokusy

V 17. století prováděl Galileo Galilei pokusy na důkaz toho, že pohyb kuličky po nakloněné rovině je rovnoměrně zrychlený. Použil k tomu $L = 5$ m dlouhý žlab, který na jednom konci podepřel ve výšce h , kterou postupně měnil. K měření času použil kyvadélko, závažíčko na niti, a měřil závislost dráhy kuličky na počtu n kyvů kyvadélka. Naměřené hodnoty jsou v tabulce.

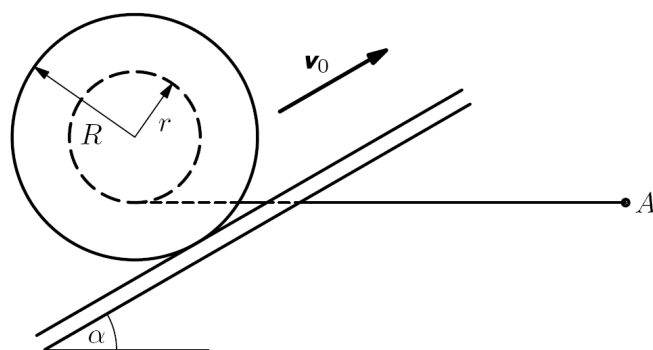
| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $h = 20$ cm | n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | s/m | 0,19 | 0,39 | 0,77 | 1,18 | 1,59 | 2,29 | 2,92 | 3,43 | 4,37 |
| $h = 30$ cm | n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | s/m | 0,27 | 0,64 | 1,17 | 1,79 | 2,47 | 3,51 | 4,31 | - | - |
| $h = 40$ cm | n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | s/m | 0,37 | 0,90 | 1,54 | 2,31 | 3,01 | 4,60 | - | - | - |

- Sestrojte graf závislosti dráhy s kuličky na druhé mocnině počtu kyvů kyvadélka n^2 a ukažte, že pohyb kuličky ve žlabu je opravdu rovnoměrně zrychlený. Využijte EXCEL nebo jiný tabulkový kalkulátor.
- Jak závisí zrychlení kuličky A na výšce h ? Sestrojte graf závislosti zrychlení A v jednotkách $\frac{m}{(\text{počet kyvů})^2}$ na výšce h . Využijte výsledků části a).
- Jakou dráhu by urazila kulička během 5 kyvů kyvadélka, kdyby výška nakloněné roviny byla 50 cm?
- Odvoďte vztah pro zrychlení kuličky na nakloněné rovině. Jaká je velikost tíhového zrychlení g^* v jednotkách $\frac{m}{(\text{počet kyvů})^2}$? Jakou délku l má nit kyvadélka? Kyvadélko považujte za matematické.

2. Valení cívky

Těžkou cívku, jejíž čela o poloměru R jsou spojena válcem o poloměru r , valíme bez prokluzování vzhůru po nakloněných kolejnicích se sklonem $\alpha = 30^\circ$ stálou rychlostí o velikosti $v_0 = 0,18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na konci A lanka namotaného na válec cívky přitom působí síla, která je dvakrát větší než tíha cívky. Volná část lanka je udržována ve vodorovné poloze (obr. 1).

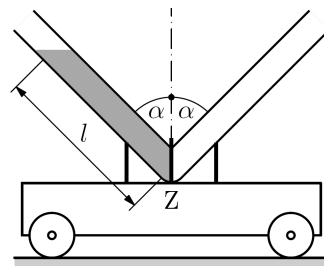
- Jaký je poměr $\frac{r}{R}$ poloměrů válce a čel cívky?
- Jakou rychlostí \mathbf{v} se vzhledem k vodorovné podložce pohybuje konec lanka A ?



Obr. 1

3. Vozík s trubicemi

Na vozíku je symetricky připevněna trubice tvaru V, jejíž ramena jsou odchýlena od svislého směru o úhel α (viz obr. 2). V nejnižším bodě je trubice přepažena záklopkou. Hmotnost vozíku i s trubicemi je M . Do levého ramene trubice nalijeme rtuť o hmotnosti m , která vytvoří sloupec délky l . Záklopku uvolníme.



Obr. 2

- Jaká bude největší rychlost w , kterou se vozík s trubicemi bude pohybovat vzhledem k podložce?
- V jaké vzdálenosti od původní polohy a po jaké době se vozík poprvé zastaví?

Tření a kapilární jevy můžeme zanedbat. Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty: $M = 500 \text{ g}$, $m = 180 \text{ g}$, $l = 20 \text{ cm}$, $\alpha = 45^\circ$.

4. Obvod s rezistory

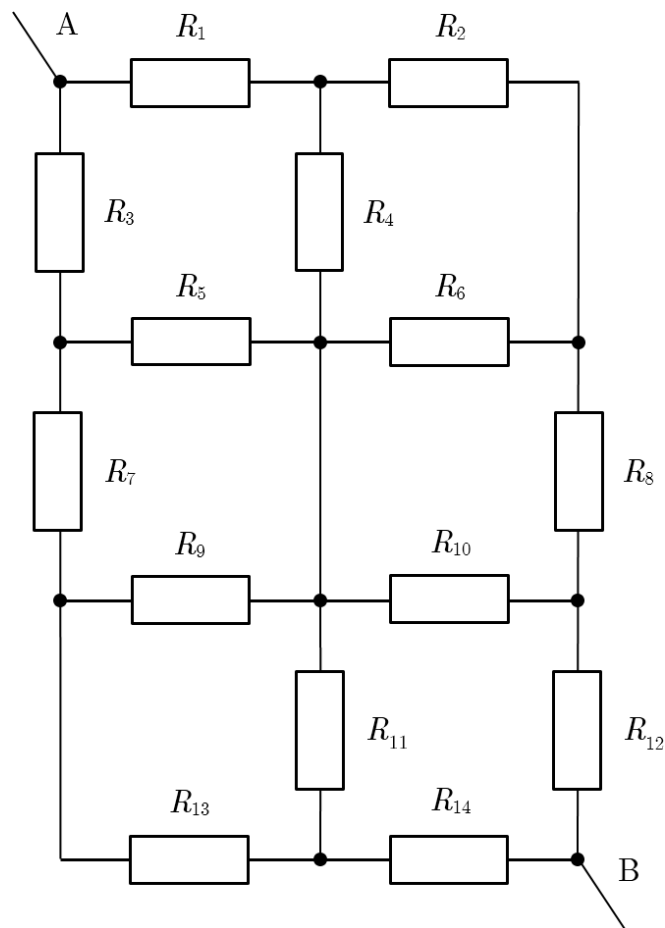
Čtrnáct stejných rezistorů s odporem $R = 100 \Omega$ je zapojeno podle obrázku 3. K bodům A a B je připojen ideální zdroj s elektromotorickým napětím $U_e = 25 \text{ V}$. Určete

- celkový odpor mezi body A a B,
- napětí a proud v každém rezistoru.

5. Žárovka s cívkou a kondenzátorem

Žárovka se jmenovitým příkonem $P_0 = 15 \text{ W}$ a se jmenovitým napětím $U_0 = 24 \text{ V}$ je připojena ke zdroji střídavého napětí s efektivní hodnotou $U_1 = 60 \text{ V}$ a s frekvencí $f = 50 \text{ Hz}$ a v sérii s cívkou svítí s předepsanými jmenovitými hodnotami.

- Určete indukčnost cívky.
- Určete kapacitu kondenzátoru, který musíme sériově k žárovce s cívkou připojit, aby svítila stejně po připojení ke zdroji střídavého napětí s efektivní hodnotou $U_2 = 40 \text{ V}$.



Obr. 3

- c) Pro obě zapojení určete fázové posunutí mezi proudem a napětím.
d) Pro dané hodnoty obou zapojení sestrojte do jednoho obrázku fázorový diagram impedancí a jejich složek.

Úlohy a), b), c) řešte nejprve obecně, pak pro dané hodnoty. Elektrický odpor vodiče cívky zanedbejte.

6. Měření modulu pružnosti v tahu tyče

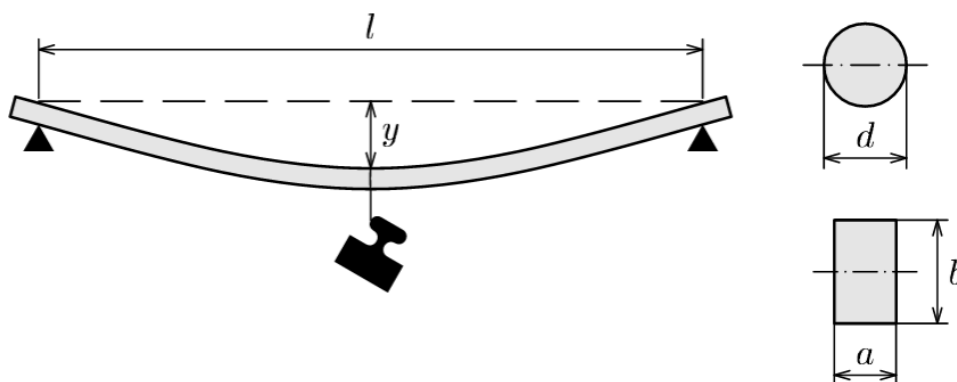
Teorie: Tyč délky l podepřenou na koncích zatížíme uprostřed silou o velikosti F realizovanou pomocí závaží (obr. 4). Velikost průhybu je určena vztahem

$$y = \frac{Fl^3}{48EJ},$$

kde E je *Youngův modul pružnosti v tahu* materiálu tyče a J je *plošný moment setrvačnosti průřezu tyče*, který vypočítáme jako

$$J = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{u tyče kruhového průřezu,}$$

$$J = \frac{ab^3}{12} \quad \text{u tyče obdélníkového průřezu (} b \text{ je výška tyče).}$$



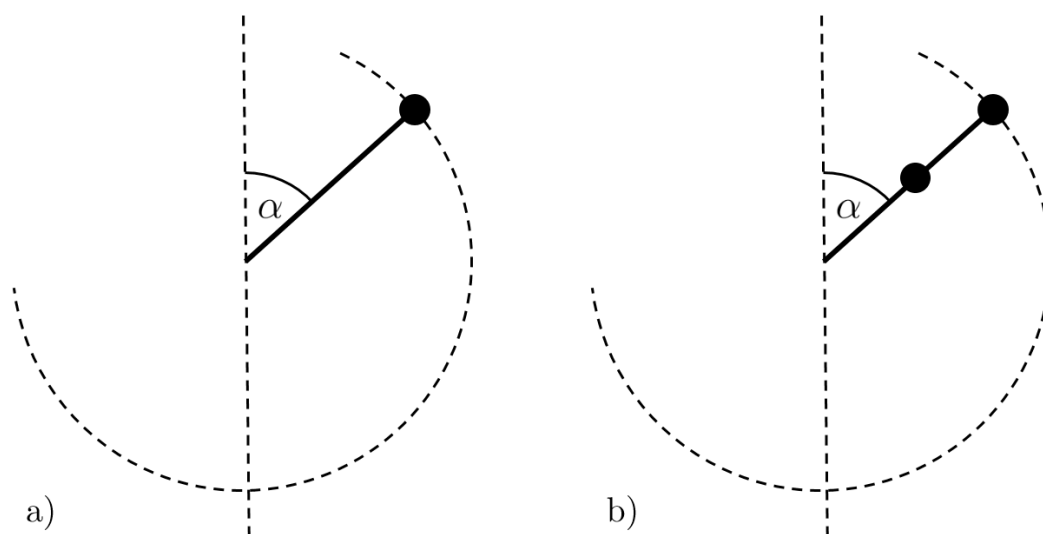
Obr. 4

Úkol: Navrhňte a prakticky realizujte měření modulu pružnosti v tahu na základě uvedených vztahů. Jako tyče použijte silnější ocelové dráty různého průměru a délky. Měření případně opakujte i pro dráty z jiného materiálu. Zhodnoťte přesnost měření. Získané výsledky porovnejte s tabulkovými hodnotami.

7. Otáčení tyče se závažím

Homogenní pevná tyč o délce l a hmotnosti m se může volně otáčet kolem vodorovné osy, která prochází jedním jejím koncem. Na druhém konci tyče je připevněno závaží malých rozměrů o stejné hmotnosti. Tyč vychýlíme z rovnovážné polohy tak, že svírá se svislým směrem úhel α (obr. 5a).

- Jakou úhlovou rychlostí ω bude tyč procházet stálou rovnovážnou polohou po jejím uvolnění?
- Jaká bude doba kmitu T tohoto fyzického kyvadla při malých výchylkách?
- Jak se změní výsledky, přidáme-li do středu tyče druhé závaží stejné hmotnosti (obr. 5b)?



Obr. 5