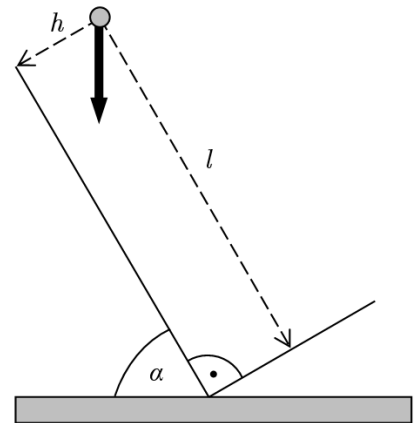


## Úlohy 1. kola 60. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie B

### 1. Odraz kuličky

Nad dvěma kovovými rovinami, které jsou navzájem kolmé a levá z nich svírá s vodorovnou rovinou úhel  $\alpha = 60^\circ$  je umístěna malá kovová kulička tak, že její vzdálenost od levé roviny je  $h = 0,20$  m a od pravé roviny je vzdálena o  $l = 1,00$  m (obr. 1). Kuličku pustíme tak, že se pohybuje volným pádem. Určete:



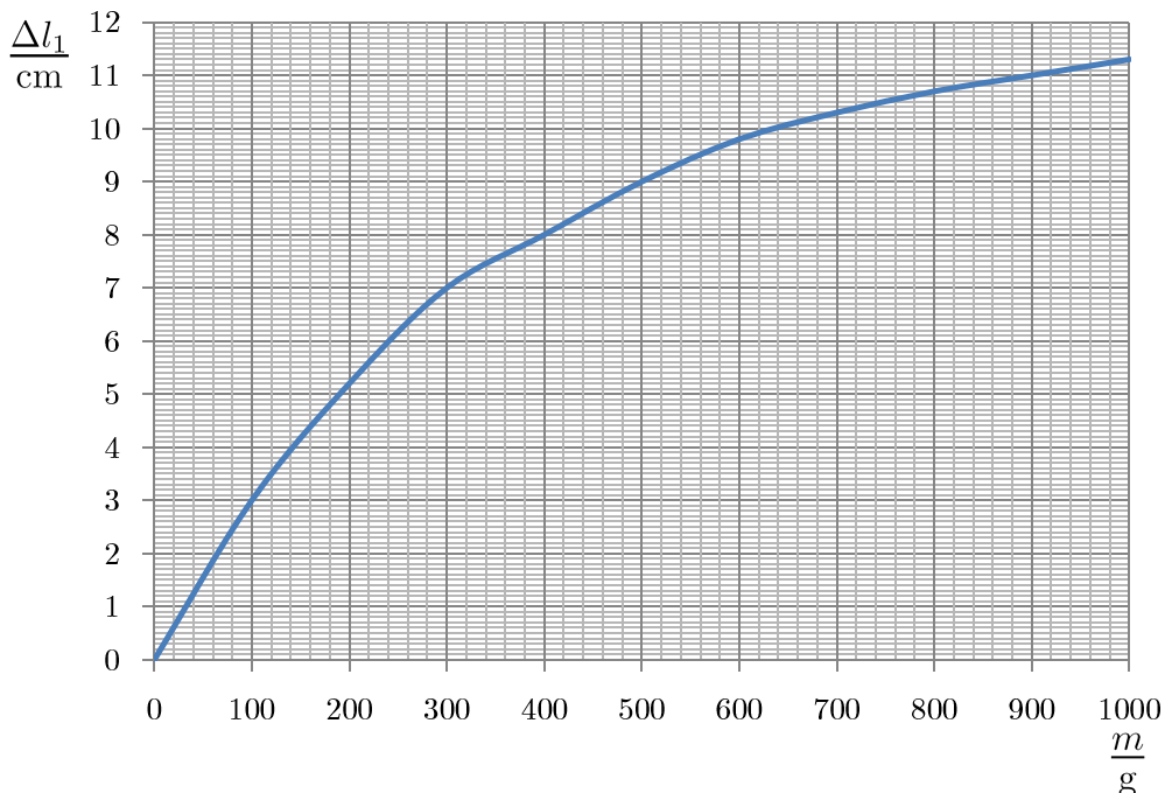
Obr. 1

- velikost rychlosti  $v_0$ , jakou kulička dopadne na levou rovinu, a dobu jejího letu  $t_0$ , než dopadne na levou rovinu,
- za jakou celkovou dobu  $T$  a v jaké vzdálenosti  $d$  od hrany spojující obě roviny kulička poprvé dopadne na pravou rovinu.

Řešte nejprve obecně, pak pro zadané hodnoty. Odraz kuličky od kovové roviny je dokonale pružný, odpor vzduchu proti pohybu kuličky můžeme zanedbat, tíhové zrychlení  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### 2. Guma a pružina

Na jeden konec silnější gumy zavěšujeme postupně závažíčka a měříme její prodloužení. Výsledek měření je zaznamenán v grafu.



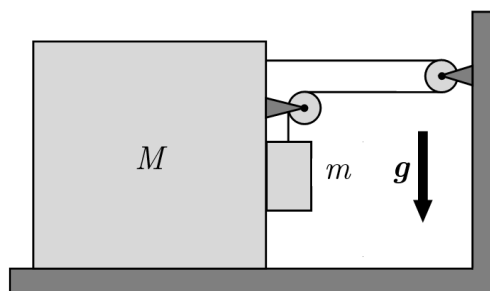
Obr. 2

- Gumu připojíme na konec stejně dlouhé pružiny o tuhosti  $k = 50 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Nakreslete graf závislosti prodloužení systému pružina – guma na hmotnosti zavěšeného závaží.
- Gumu připevníme vedle stejně dlouhé pružiny a na pevnou spojnicí zavěšujeme závaží tak, aby spojnice zůstávala vodorovná. Nakreslete graf závislosti prodloužení systému pružina – guma na hmotnosti zavěšeného závaží. Hmotnost pružiny a gumy samotné můžeme zanedbat. Tíhové zrychlení  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

### 3. Dvě tělesa a dvě kladky

V systému (obr. 3) se těleso o hmotnosti  $M$  může bez tření pohybovat po vodorovné podložce. Součinitel tření mezi tělesy o hmotnostech  $M$  a  $m$  je  $f$ . Nit je lehká a pevná, hmotnost kladek je zanedbatelná. Tíhové zrychlení je  $g$ .

- Sestavte úplnou soustavu rovnic popisující pohyb obou těles.
- Určete velikost síly, kterou je napínána nit, a velikost a směr zrychlení menšího tělesa.

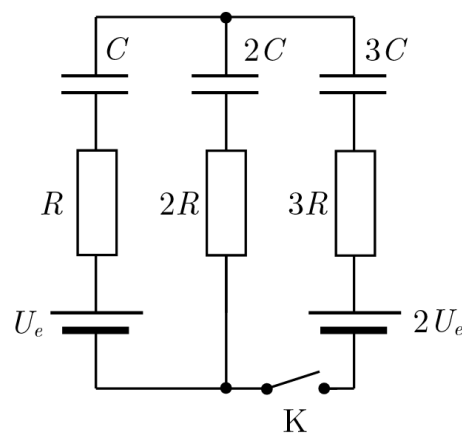


Obr. 3

### 4. Tři kondenzátory

Tři nenabitě kondenzátory o kapacitách  $C$ ,  $2C$  a  $3C$  zapojíme s rezistory o odporech  $R$ ,  $2R$  a  $3R$  podle schématu k ideálním zdrojům s elektromotorickým napětím  $U_e$  a  $2U_e$ . Klíč K je rozepnut. Určete:

- napětí na kondenzátoru s kapacitou  $C$  po ustavení rovnováhy před sepnutím klíče K,
- proud, který bude procházet odporem  $2R$  v okamžiku těsně po zapnutí klíče K,
- napětí na kondenzátoru s kapacitou  $C$  po ustavení rovnováhy v obvodu se zapnutým klíčem K.



Obr. 4

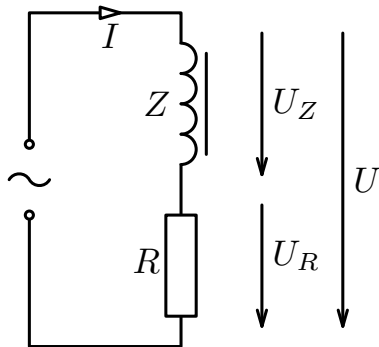
### 5. Částice v elektrickém poli

Proton vlétne mezi rovnoběžné desky kondenzátoru, které mají délku  $l = 5,0 \text{ cm}$  rychlostí  $v = 1,0 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  pod úhlem  $\alpha = 30^\circ$  vzhledem k povrchu desek. Intenzita homogenního elektrického pole mezi deskami kondenzátoru má velikost  $E = 600 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ . Náboj protonu  $Q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , hmotnost protonu  $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ . Určete:

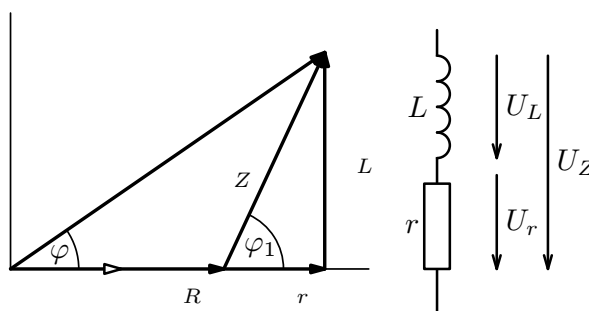
- dobu letu  $t$  protonu v elektrickém poli,
  - velikost a směr rychlosti protonu  $\mathbf{v}_1$  při jeho výstupu z elektrického pole,
  - vzdálenost  $d$ , o kterou se proton posunul vzhledem k deskám kondenzátoru.
- Řešte nejprve obecně, pak pro zadané hodnoty.

## 6. Praktická úloha: Měření v obvodu s tlumivkou

Některé spotřebiče jsou ke zdroji střídavého napětí připojeny sériově s tlumivkou – cívku, která omezuje procházející proud (obr. 5). Vlastnosti takového obvodu můžeme popsat pomocí fázorového diagramu (obr. 6). Přitom předpokládáme, že skutečná cívka o impedanci  $Z$  se chová jako sériové spojení ideální cívky o indukčnosti  $L$  a rezistoru o rezistanci  $r$ . Celkové napětí předbíhá před proudem fázově o  $\varphi$ , napětí na cívce o  $\varphi_1$ .



Obr. 5



Obr. 6

Celkové napětí obvodu vyjádříme pomocí kosinové věty:

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_Z^2 + 2U_R U_Z \cos \varphi_1} = I \sqrt{R^2 + Z^2 + 2RZ \cos \varphi_1}$$

Z toho

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + Z^2 + 2RZ \cos \varphi_1}}$$

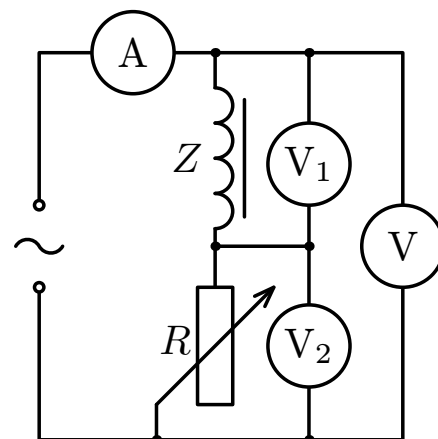
Pro výkon spotřebiče platí  $P = RI^2 = \frac{RU^2}{R^2 + Z^2 + 2RZ \cos \varphi_1} =$

$$= \frac{RU^2}{R^2 + Z^2 - 2RZ + 2RZ(1 + \cos \varphi_1)} = \frac{1}{R} \frac{U^2}{(R - Z)^2 + 2Z(1 + \cos \varphi_1)}$$

Budeme-li do obvodu s toutéž cívku zapojovat různé spotřebiče, dosáhneme maximálního výkonu  $P_{\max} = \frac{U^2}{2Z(1 + \cos \varphi_1)}$  při rezistanci  $R = Z$ .

*Úkoly:*

- Sestavte obvod podle obr. 7. Použijte robustnější síťový transformátor s vstupním napětím 24 V, cívku z rozkladného transformátoru o 600 závitů s rovným jádrem, reostat o odporu 100  $\Omega$ , ampérmetr a tři stejné voltmetry (v nouzi vystačíme s jedním voltmetrem).
- Postupně po malých krocích zmenšujte odpor reostatu a údaje měřicích přístrojů zapisujte do tabulky. Z naměřených hodnot pokaždé vypočítejte odpor spotřebiče (reostatu) a jeho výkon.



Obr. 7

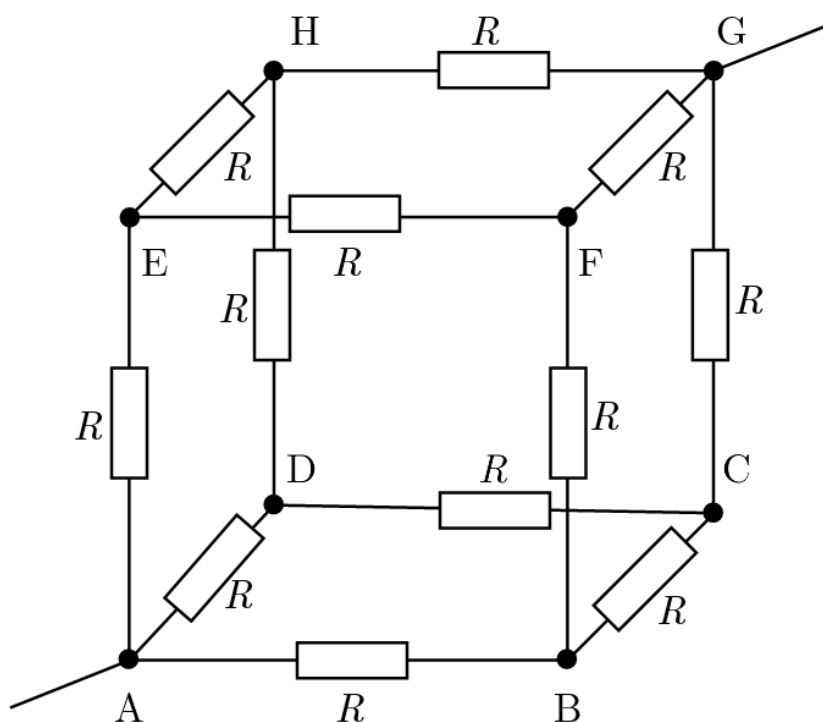
$I/A$	$U/V$	$U_R/V$	$U_Z/V$	$R/\Omega$	$P/W$

- c) Sestrojte graf závislosti výkonu reostatu na jeho odporu a ověřte, že je maximální, když  $R = Z$  (tj. když  $U_R = U_Z$ ).
- d) Pro případ, že  $R = Z$ , určete také celkový činný výkon  $P_{\text{celk}} = UI \cos \varphi$  v obvodu a účinnost  $\eta = P_{\text{max}}/P_{\text{celk}}$  celého obvodu.
- e) Z hodnot naměřených při maximálním výkonu spotřebiče určete indukčnost  $L$  ideální cívky a rezistanci  $r$  rezistoru, jejichž sériovým spojením bychom mohli danou skutečnou cívku nahradit.

## 7. Chybějící rezistory

Hrany krychle ABCDEFGH jsou obsazeny stejnými rezistory o velikosti  $R$  (obr. 8).

- a) Jaký bude celkový odpor mezi body A a G, jestliže nahradíme rezistory mezi body A a E a mezi body C a G příčkou se zanedbatelným odporem?
- b) Jaký proud bude procházet přívodními vodiči, víme-li, že většinou rezistorů protéká proud  $I = 2 \text{ A}$ ?
- c) Jaký bude celkový odpor mezi body A a G, jestliže tentokrát příčkou se zanedbatelným odporem nahradíme tři rezistory, mezi body A a E, mezi body C a D a mezi body F a G?
- d) Jaký proud bude procházet přívodními vodiči, víme-li, že většinou rezistorů protéká proud  $I = 2 \text{ A}$ ?
- e) Jaký proud bude v obou případech procházet vodičem, který spojuje body A a E?



Obr. 8