

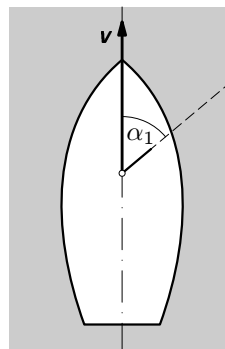
### Úlohy 1. kola 51. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie A

Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

#### 1. Vítr na lodi

Vlajka na stožáru lodi plující po jezeře stálou rychlostí  $\mathbf{v}$  o velikosti  $v = 20 \text{ km/h}$  vlála ve větru odchýlena o úhel  $\alpha_1 = 50^\circ$  od směru pohybu lodi (obr. 1). Pak byla při stálém kurzu velikost rychlosti lodi zvýšena na  $2v = 40 \text{ km/h}$  a odchylka vlajky se zvětšila na  $\alpha_2 = 100^\circ$ .

- Určete velikost a směr rychlosti větru  $\mathbf{u}$  vzhledem ke klidné hladině jezera.
- Jakou rychlostí by se musela loď v daném kurzu pohybovat, aby vlajka vlála kolmo k ose lodi?



Obr. 1

#### 2. Skok přes válec

Válec o poloměru  $R$  se valí po vodorovné rovině, na které sedí žába. Střed válce se pohybuje stálou rychlostí  $\mathbf{v}$ . S jakou nejmenší počáteční rychlostí  $\mathbf{u}_0$  musí žába vyskočit, aby přeskočila válec a dotkla se jej lehce jen v nejvyšším bodě? V jaké vzdálenosti od žáby se musí válec nacházet v okamžiku výskoku? Rozměry žáby zanedbejte.

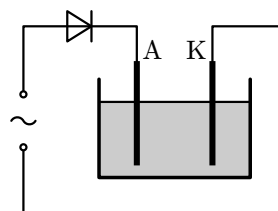
#### 3. Kamínek v pneumatice

Uvnitř pneumatiky kola automobilu o poloměru  $R$  se nachází malý kamínek, který tam zapadl při výměně ventilku. Při jaké minimální rychlosti automobilu bude kamínek obíhat spolu s jedním bodem pneumatiky, je-li součinitel smykového tření mezi kamínkem a pneumatikou  $f$ ?

#### 4. Elektrolýza

Elektrolytická vana s měděnými elektrodami a roztokem  $\text{CuSO}_4$  jako elektrolytem byla připojena přes diodu ke zdroji střídavého napětí s harmonickým časovým průběhem (obr. 2). Za 24 hodin se na katodě vyloučila měď o hmotnosti 8,54 g. Určete střední hodnotu  $I_{\text{stř}}$  a maximální hodnotu  $I_m$  procházejícího proudu. Diodu považujte za ideální. Potřebné údaje týkající se mědi vyhledejte v tabulkách.

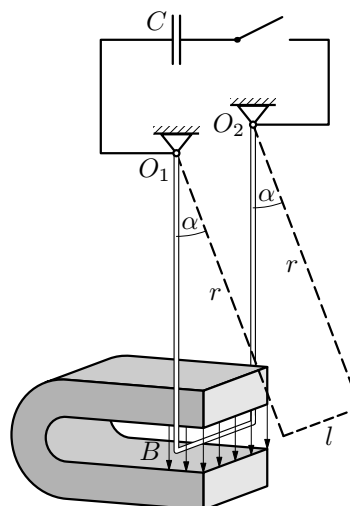
*Střední hodnota časově proměnného periodického proudu s periodou  $T$  je definována jako hodnota stálého stejnosměrného proudu, který přenese za dobu  $T$  stejný náboj jako uvažovaný proměnný proud.*



Obr. 2

#### 5. Balistická smyčka

Pravoúhlá smyčka zhotovená z měděného drátu, jehož průřez má plošný obsah  $S = 2,5 \text{ mm}^2$ , je otáčivě zavěšena v bodech  $O_1, O_2$ . Svislá ramena délky  $r = 30 \text{ cm}$  jsou dole spojena vodorovnou příčkou délky  $l = 6,0 \text{ cm}$ , která se nachází v homogenním magnetickém poli permanentního magnetu (obr. 3). Vybijeme-li přes smyčku kondenzátor o kapacitě  $C = 5,0 \text{ mF}$  nabitý na napětí  $U = 100 \text{ V}$ , vykývne smyčka okolo vodorovné osy  $O_1O_2$  ven z magnetu o úhel  $\alpha = 23^\circ$  a pak pokračuje v kývání. Určete magnetickou indukci  $B$  mezi póly magnetu a polaritu napětí na kondenzátoru před sepnutím spínače. Hustota mědi  $\rho = 8930 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Tření v bodech závěsu a odpor vzduchu zanedbejte.



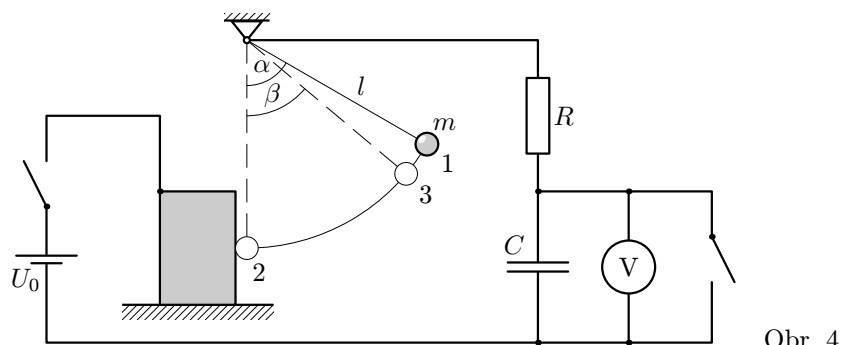
Obr. 3

#### 6. Praktická úloha: Určení doby nárazu

Provedte pokus podle obr. 4. Kovovou kuličku o hmotnosti  $m$  zavěšenou na tenkém měděném drátu délky  $l$  vychýlíte z rovnovážné polohy a necháte kolmo dopadnout na svislou stěnu masivního kovového tělesa, kde se pružně odrazí. Přitom se na krátkou dobu uzavře elektrický obvod a kondenzátor o kapacitě  $C$  se nabije přes rezistor o odporu  $R$ . Časová konstanta  $\tau = RC$  obvodu musí být

dostatečně velká, aby napětí  $U$ , které na kondenzátoru vznikne, bylo mnohem menší než napětí  $U_0$  zdroje. V takovém případě platí pro dobu vzájemného působení obou těles

$$t \approx \tau \cdot \frac{U}{U_0}. \quad (1)$$



Obr. 4

*Úkoly:*

- Odvoďte vztah (1).
- Určete dobu, po kterou byla obě tělesa během odrazu ve vzájemném dotyku.
- Určete průměrnou velikost sil vzájemného působení během odrazu.

*Pokyny k provedení úlohy:*

- Pečlivé připojení měděného závěsu ke kuličce a čistota povrchu těles musí zajistit dobrý kontakt během nárazu. Závěs upevněte ke stojanu pomocí tyčky z izolantu.
- Vhodná časová konstanta  $\tau$  obvodu je okolo 10 ms. Zvolte např.  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$ . Hodnoty přeměřte, protože zvláště kondenzátory jsou vyráběny s velkou tolerancí.
- Digitální voltmetr by měl mít vstupní odpor nejméně  $10 \text{ M}\Omega$ , aby vybíjení kondenzátoru po nárazu probíhalo co nejpomaleji.
- Pro výpočet průměrné velikosti síly musíte zjistit velikost změny hybnosti kuličky při odrazu. Rychlost při dopadu kuličky na stěnu a po odrazu od ní můžete určit z délky závěsu a úhlů  $\alpha$  a  $\beta$ , o které je vychýlen před uvolněním kuličky a v poloze, do které se vychýlí po odrazu. K tomu použijte úhломěr umístěný v těsné blízkosti závěsu.

### 7. Automobil (za jízdy po přímé trati)

Automobil má motor o maximálním výkonu  $P_m = 95$  kW a jeho hmotnost s jednou osobou je  $m = 1\,000$  kg. K uvedení do pohybu odbrzděného automobilu se zařazeným „neutrál“ na vodorovné silnici musel přivolaný pomocník vyvinout ve vodorovném směru sílu o velikosti  $F_0 = 120$  N. Předpokládejte, že velikost odporové síly je popsána funkcí

$$F_t = Av^2 + F_0,$$

kde  $A$  je konstanta a  $v$  je velikost okamžité rychlosti.

- a) Řidič provedl experiment: vyjel na vrchol kopce, z něhož se přímočará vozovka svažuje pod stálým úhlem  $\alpha = 4,0^\circ$ . Automobil po rozjezdu z kopce a po zařazení „neutrálu“ dosáhl stálé rychlosti  $v_1 = 72$  km/h. Určete konstantu  $A$ .
- b) Jaký musí být výkon  $P_1$  motoru, aby se automobil pohyboval stálou rychlostí  $v_1 = 72$  km/h po vodorovné vozovce?
- c) Při jízdě stálou rychlostí musí motor pracovat se stálým výkonem. Sestrojte graf závislosti výkonu  $P$  motoru na rychlosti  $v$  a určete maximální rychlost  $v_m$  při výkonu  $P_m$ .
- d) Automobil podle bodu a) sjel k úpatí kopce a pokračoval v jízdě se zařazeným „neutrál“ po vodorovné přímé vozovce. V jaké vzdálenosti  $l_0$  od úpatí se zastavil bez použití brzdy?