

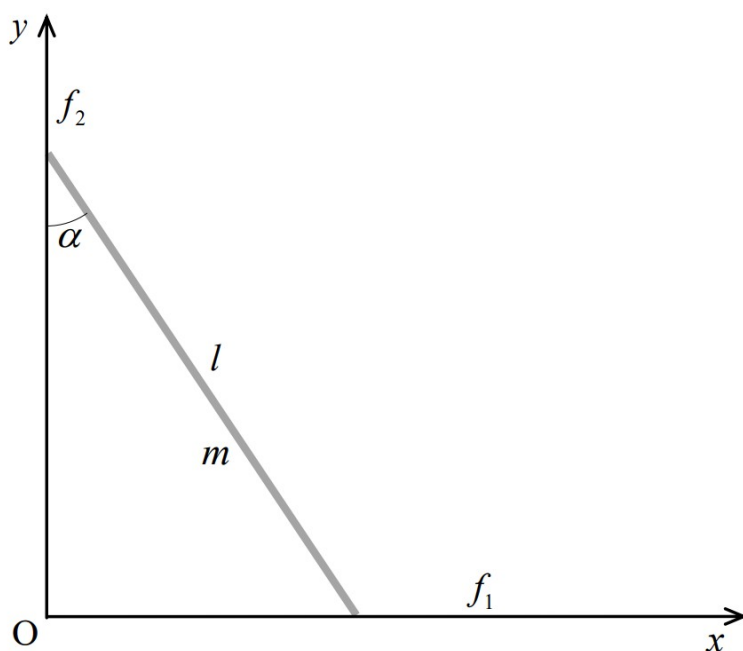
Úlohy 1. kola 67. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie B

Není-li uvedeno jinak, v úlohách uvažujte velikost tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Tyč opřená o stěnu

Homogenní tyč délky l a o hmotnosti m se jedním koncem opírá o vodorovnou podlahu a druhým koncem o svislou stěnu. Součinitel smykového tření mezi tyčí a podlahou je $f_1 = \frac{1}{4}$, mezi tyčí a svislou stěnou $f_2 = \frac{1}{5}$. Uvažujme krajní rovnovážnou polohu tyče, kdy je úhlová odchylka α tyče od stěny maximální. V soustavě souřadnic Oxy podle Obr. 1 označíme $\mathbf{F}_1 = (F_{1x}, F_{1y})$ sílu, kterou na tyč působí podlaha, a $\mathbf{F}_2 = (F_{2x}, F_{2y})$ sílu, kterou na tyč působí svislá stěna.

- Určete úhel α a souřadnice F_{1x} , F_{1y} , F_{2x} , F_{2y} sil $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$, které vyjádřete obecně i číselně ve tvaru zlomku jako násobky velikosti mg tíhové síly tyče.
- Určete velikosti F_1 , F_2 sil $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$ a směrové úhly (orientovaný úhel mezi danou silou a osou x) β_1 , β_2 těchto sil.



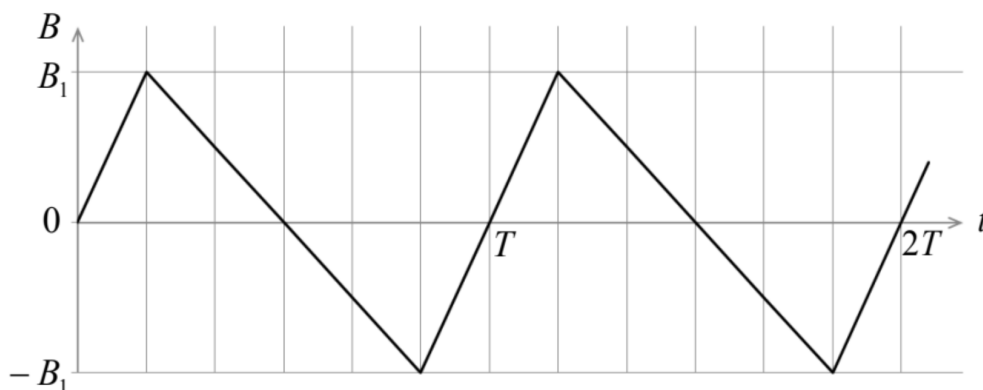
Obr. 1

2. Elektromagnetická indukce ve vodivém rámečku

Měděný rámeček tvaru čtverce s vrcholy A, B, C, D a s délkou strany $a = 60 \text{ mm}$ se nachází v časově proměnném homogenním magnetickém poli. Rovina rámečku je kolmá k magnetické indukci, jejíž velikost se mění periodicky s časem podle grafu, kde $B_1 = 0,50 \text{ T}$, $T = 0,30 \text{ s}$, viz Obr. 2. Odpor každého ze čtyř přímých vodičů rámečku je $R_1 = 0,90 \text{ m}\Omega$.

- Sestrojte na časovém intervalu $\langle 0; T \rangle$ s konkrétními číselnými hodnotami (včetně znaménka) graf závislosti $u_i = u_i(t)$ indukovaného napětí v rámečku na čase.
- Určete obecně i číselně práci W elektrického proudu během jedné periody T .

- c) Nyní z rámečku mezi vrcholy A a D odstraníme měděný vodič a nahradíme jej odporovým vodičem z nikelinu stejné délky. Odpor nikelinového vodiče je $R_2 = 23R_1$. Určete obecně i číselně práci W' elektrického proudu během jedné periody T .
- d) Určete napětí U_{AB} , U_{BC} , U_{CD} , U_{DA} mezi dvojicemi sousedních vrcholů měděného rámečku a napětí U'_{AB} , U'_{BC} , U'_{CD} , U'_{DA} mezi dvojicemi sousedních vrcholů kombinovaného rámečku, jestliže hodnota celkového indukovaného napětí na rámečku je U . Výsledek vyjádřete jako číselný násobek napětí U .



Obr. 2

3. Cyklistická časovka a vítr

Cyklista absolvoval časovku délky $s = 36,00$ km, přičemž trasa vedla po přímé vodorovné silnici k otočce a zpět. Po celou dobu jízdy foukal vítr stálou rychlostí ve směru od startu k otočce. Cyklista dosáhl na trase k otočce času $t_1 = 21$ min 36 s, v opačném směru času $t_2 = 33$ min 45 s. Výkon cyklisty byl po celou dobu jízdy stálý.

- a) Určete velikost u rychlosti větru.
- b) Určete čas t_0 , kterého by za jinak stejných podmínek cyklista dosáhl v časovce za bezvětří, a porovnejte jej s celkovým časem za větru.

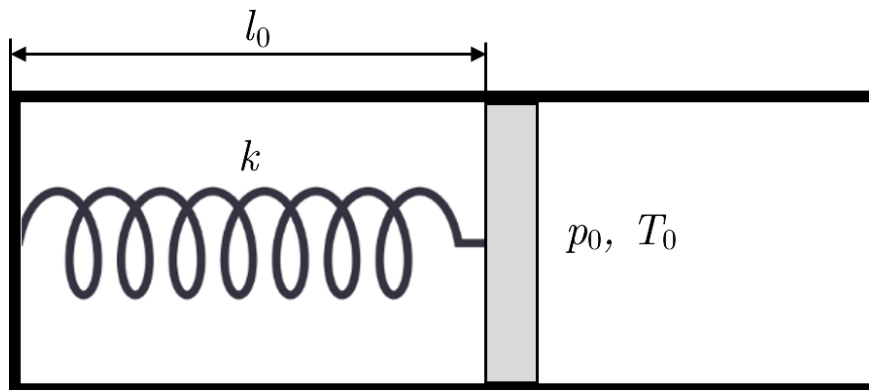
Odporová síla vzduchu působící proti pohybu cyklisty je přímo úměrná druhé mocnině rychlosti, tj. $F_{\text{odp}} = kv^2$. Valivý odpor zanedbejte. Dobu rozjezdu a dobu otočky považujte za zanedbatelné.

4. Vzduch pod pístem

Ve vodorovně položené válcové nádobě se nachází pod pístem zanedbatelné hmotnosti suchý vzduch. Průřez válcové nádoby je S . Tření mezi válcem a pístem je zanedbatelné. Píst je spojen se základnou válce pružinou o tuhosti k , viz Obr. 3. Je-li uvnitř válce, stejně jako v jeho okolí, normální atmosférický tlak $p_0 = 100$ kPa a teplota $t_0 = 20^\circ\text{C}$, je pružina v nenapjatém stavu a její délka je l_0 . Parametry soustavy jsou voleny tak, že platí $p_0 S = kl_0$.

- a) Jak závisí tlak uvnitř válce na vzdálenosti pístu od základny válce l ?

- b) Jak závisí vzdálenost l pístu od základny válce na termodynamické teplotě T uvnitř válce?
- c) Při jaké teplotě t_1 v nádobě se objem vzduchu zvětší o $x = 20 \%$? Určete změnu vnitřní energie ΔU při tomto ději a teplo Q , které bylo k této změně nutno dodat.



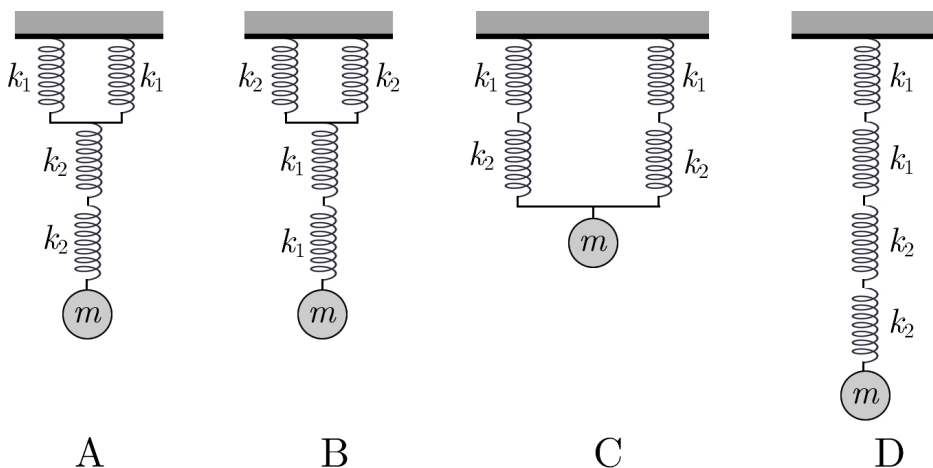
Obr. 3

Vzduch považujte za ideální plyn s dvouatomovými molekulami. Část c) řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty: $l_0 = 20,0 \text{ cm}$, $S = 10,0 \text{ cm}^2$.

5. Dva páry pružin

Dvě pružiny o tuhosti k_1 a dvě stejně dlouhé pružiny o tuhosti k_2 jsou zavěšeny s pomocí lehké příčky v různých zapojeních podle schémat A, B, C a D (viz Obr. 4), a na spodních koncích zatíženy břemenem určité hmotnosti m . Hmotnosti samotných pružin a spojovací příčky jsou zanedbatelné.

- a) Určete obecně tuhosti k_A , k_B , k_C a k_D takto vzniklých oscilátorů.
- b) Při splnění podmínky $\frac{k_1}{k_2} = 2$ je prodloužení jedné ze soustav dvojnásobné v porovnání s jinou soustavou. O které dvě soustavy se jedná?
- c) Jaké budou periody kmitů soustav A, B a C po zavěšení tělesa o stejné hmotnosti m při splnění podmínky $\frac{k_1}{k_2} = 2$, je-li perioda v případě D rovna $T_D = 2,0 \text{ s}$?



Obr. 4

6. Praktická úloha: Měření galvanického článku s přírodním elektrolytem

Ponoříme-li do elektrolytu dvě elektrody s různými elektrochemickými potenciály, vznikne mezi nimi napětí. Elektrolytem může být libovolné prostředí obsahující volně pohyblivé ionty. K přírodním elektrolytům můžeme řadit vodu z vodovodu nebo vodu studniční i šťávu z různých druhů ovoce a zeleniny. Pro svorkové napětí zdroje platí

$$U = U_e - R_i \cdot I, \quad (1)$$

kde U_e je elektromotorické napětí zdroje, R_i vnitřní odpor zdroje a I proud procházející obvodem.

Potřeby: Dvě elektrody z různých kovů (nejlépe měď a zinek), brambor (jablko, citron), digitální multimetr, reostat.

Příprava galvanického článku: Připravte si elektrody z měděného a zinkového plechu, doporučené rozměry jsou 50 mm × 10 mm. Zinkový plech můžete získat z pláště starého monočlánku, případně jej můžete nahradit pozinkovaným klempířským plechem nebo plechem hliníkovým. Elektrody očistěte jemným smirkovým plátnem a zasuňte do bramboru (jablka, citronu) polovinou délky 1 cm až 2 cm od sebe.

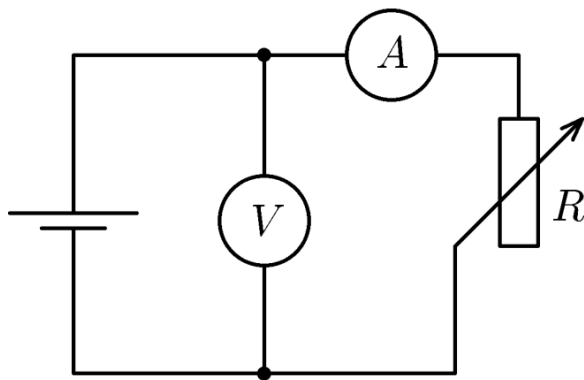
Provedení úlohy:

- Voltmetrem změřte svorkové napětí. Vzhledem k zanedbatelné velikosti proudu procházejícího voltmetrem pokládejte toto napětí za elektromotorické. Změřené napětí porovnejte s tabulkovým rozdílem elektrochemických potenciálů obou použitých kovů.
- Změřte vnitřní odpor zdroje R_i metodou zkratového proudu. K elektrodám článku připojte samotný ampérmetr a změřte zkratový proud I_k . Vzhledem k malému napětí článku nemůžeme zanedbat napětí na ampérmetru a jeho odpor R_A . Platí

$$U_e = (R_i + R_A)I_k, \quad R_i = \frac{U_e}{I_k} - R_A.$$

Odpor ampérmetru v multimetru R_A zjistěte v jeho návodu k použití.

- V zapojení podle obr. 5 proměřte závislost svorkového napětí zdroje na odebíraném proudu a sestrojte jeho zatěžovací charakteristiku. Použijte reostat s celkovým odporem asi $10R_i$.
- Ze vztahu (1) odvoďte, že zdroj dodává do vnější části obvodu maximální výkon, jestliže $U = U_e/2$. Nastavte takový odpor reostatu, aby tato podmínka byla přibližně splněna a po dobu 30 minut sledujte svorkové napětí zdroje a odebíraný proud. Hodnoty zapisujte po 1 minutě. Určete náboj, který za tuto dobu prošel obvodem, a práci vykonanou ve vnější části obvodu.



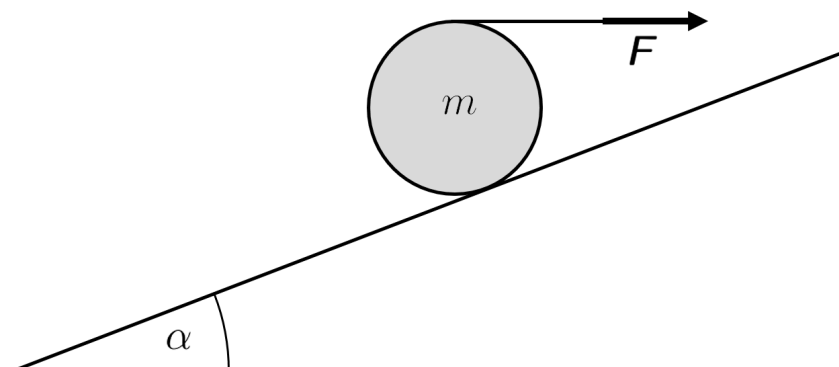
Obr. 5

e) Zhodnoťte přesnost získaných výsledků.

7. Koule na nakloněné rovině

Na nakloněné rovině s úhlem sklonu $\alpha = 30^\circ$ leží koule o hmotnosti $m = 0,5 \text{ kg}$. V rovnováze je udržována silou $\mathbf{F}$, která má vodorovný směr, viz Obr. 6.

- Určete velikost a směr všech sil, které na kouli působí.
- Jakou podmínku musí splňovat součinitel tření f mezi koulí a nakloněnou rovinou, aby koule byla v klidu?



Obr. 6