Úlohy 1. kola 59. ročníku fyzikální olympiády. *Kategorie C*

V úlohách počítejte s hodnotou $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

1. Rozjíždějící se cyklista

Cyklista se rozjíždí rovnoměrně zrychleně po rovné silnici, na jejímž kraji jsou pravidelně rozmístěné značky. Čas jízdy od první ke druhé značce je $t_1 = 2{,}0$ s, od druhé ke třetí značce $t_2 = 1{,}0$ s.

a) Jaká bude doba jízdy cyklisty t_3 od třetí ke čtvrté značce?

b) S jakým zrychlením se pohyboval cyklista a jaká byla jeho rychlost u páté značky, bylo-li dodatečně zjištěno, že vzdálenost mezi značkami je $s = 6{,}0$ m?

2. Válec na nakloněné rovině ve vagónu

Plošinu vagónu tvoří nakloněná rovina se sklonem $\alpha = 5{,}0°$, rovina stoupá od předního konce vagónu k zadnímu konci. V nejnižším místě plošiny se nachází plný homogenní válec, jeho geometrická osa je kolmá k bočním stěnám vagónu. Vagón je tažen lokomotivou po přímých vodorovných kolejích.

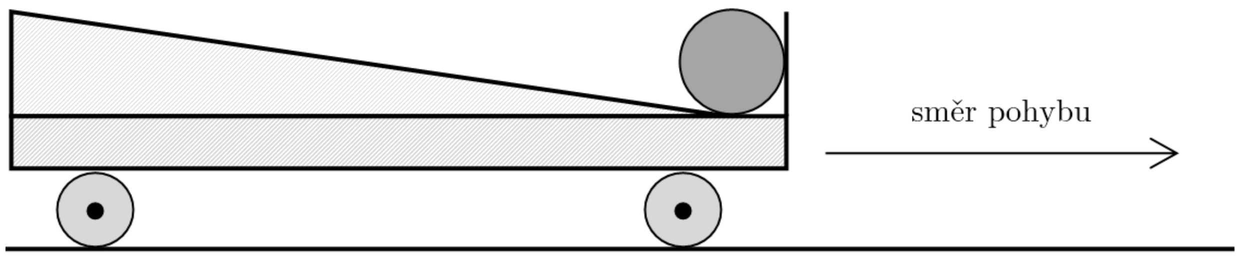
a) Určete maximální velikost a_m zrychlení, s nímž se může vagón při rozjíždění pohybovat, aby se válec neuvedl do pohybu.

Vagón se pohybuje z klidu rovnoměrně zrychleným pohybem se zrychlením o velikosti $a = 1{,}6a_m$, od okamžiku dosažení rychlosti o velikosti $v = 11{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ se dále pohybuje rovnoměrně.

b) Určete minimální délku l nakloněné roviny, při níž válec z vagónu nevypadne.

c) Určete celkovou dráhu s vagónu, na které je válec ve vagónu mimo svoji počáteční polohu.

Řešte nejprve obecně, pak pro dané hodnoty.



Obr. 1

3. Kruhový děj

S jednoatomovým ideálním plynem provedeme následující cyklický děj: Nejprve za stálého tlaku p_1 zvýšíme jeho objem z objemu $V_1 = 2{,}00$ l na objem $V_2 = 16{,}0$ l, pak zmenšíme tlak plynu za stálého objemu na $p_2 = 50{,}0$ kPa a nakonec plyn adiabaticky stlačíme na počáteční objem a tlak.

a) Nakreslete p–V diagram s obecným vyznačením tlaků p_1 a p_2 a objemů V_1 a V_2 a určete počáteční tlak plynu p_1.

b) Určete celkovou práci vykonanou plynem během kruhového děje a teplo, které během kruhového děje musíme plynu dodat.

c) Určete účinnost kruhového děje.

Úlohy a) a b) řešte obecně, pak pro dané hodnoty.

Vnitřní energie plynu s jednoatomovými molekulami $U = \dfrac{3}{2}nRT$, $\kappa = 1{,}67$.

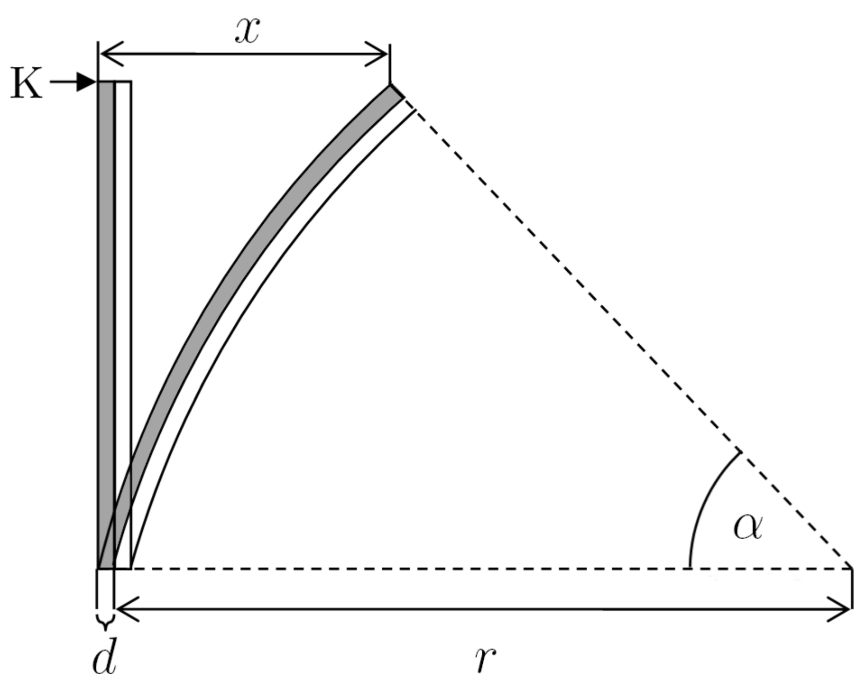
4. Bimetalový pásek

Bimetalový pásek má v přímém tvaru délku $l_0 = 12$ cm se skládá ze dvou částí, měděné a zinkové. Tloušťka obou částí je $d = 1{,}0$ mm. Součinitele teplotní délkové roztažnosti zinku $\alpha_{\mathrm{Zn}} = 3{,}0 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$, mědi $\alpha_{\mathrm{Cu}} = 1{,}7 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$. Pásek rovnoměrně zahřejeme o $\Delta t = 60\ °\mathrm{C}$. Určete:

a) Rozdíl délek měděné a zinkové části po zahřátí,

b) poloměr křivosti r prohnutého pásku po zahřátí a odpovídající středový úhel α.

c) O jakou vzdálenost x se při zahřátí posunul bod, dotýkající se kontaktu na konci pásku?



Obr. 2

5. Kalorimetry a součástky

Tepelně izolovaná nádoba – kalorimetr – je až po okraj plná vody o teplotě $t_1 = 19{,}0\ °\mathrm{C}$. Když do kalorimetru vhodíme jednu kovovou součástku o hustotě $\rho = 2\ 700\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$ a teplotě $t = 99{,}0\ °\mathrm{C}$, část vody přeteče a teplota vody po ustavení rovnováhy stoupne na $t_2 = 32{,}2$ °C. Když pokus opakujeme se stejným množstvím stejně teplé vody, ale do kalorimetru vhodíme dvě stejné a stejně zahřáté součástky, bude výsledná teplota v kalorimetru $t_3 = 48{,}8$ °C.

a) Jaká je měrná tepelná kapacita c materiálu, z něhož jsou zhotoveny součástky?
b) Jaký je poměr hmotnosti vody v kalorimetru před vhozením součástky a hmotnosti kovové součástky?
c) Jaká by byla výsledná teplota t_4, kdybychom do kalorimetru místo dvou vhodili tři stejné a stejně zahřáté součástky?

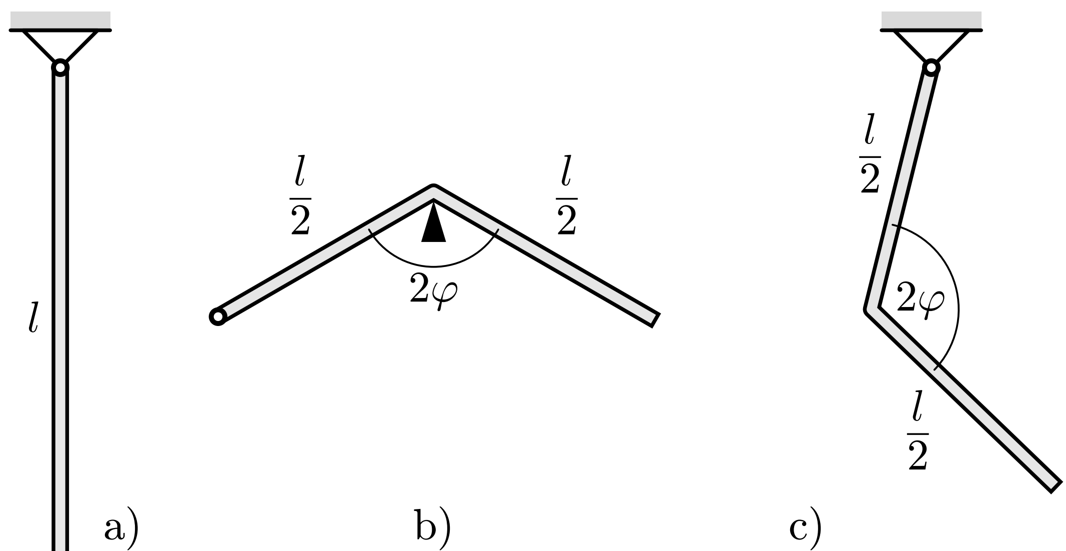
Úlohy a) a b) řešte nejprve obecně, část c) řešte číselně s použitím výsledku části a).

Měrná tepelná kapacita vody je $c_v = 4\ 200\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}}$, hustota vody $\rho_v = 1000\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$. Ztráty tepla do okolí jsou zanedbatelné.

6. Kyvadla

Teoretické úkoly:

a) Určete délku l tenké tyče kývající okolo osy umístěné na jejím konci, aby doba kmitu byla přesně $T_1 = 1$ s (obr. 3a).
b) Stejnou tyč uprostřed ostře ohneme a v místě ohybu položíme na tenký břit (obr. 4b). Určete úhel ohybu 2φ, aby doba kmitu byla opět přesně $T_2 = 1$ s.
c) Ohnutou tyč z úlohy b) upevníme otáčivě na konci (obr. 4c). Určete dobu kmitu tohoto kyvadla T_3.

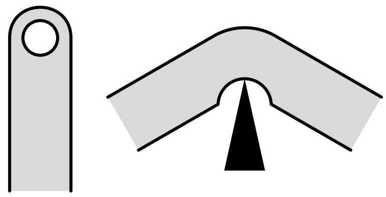


Obr. 3

Praktické úkoly: Zhotovte kyvadla popsaná v teoretické části, změřte jejich doby kyvu a naměřené hodnoty porovnejte s teoretickými předpoklady.

Pokyny k provedení:

a) Kyvadla zhotovíme z drátu o průměru asi 2 mm z hliníku, mědi nebo oceli. Konec rozklepáme a vyvrtáme do něj otvor o průměru asi 1 mm a přebytečný materiál opilujeme tak, že vznikne malé očko (obr. 4a). Od jeho středu naměříme délku kyvadla vypočtenou v teoretickém úkolu a), drát přestřihneme a kyvadlo vyrovnáme. Jako osu kyvadla použijeme špendlík zabodnutý kolmo do svislé desky.



a) b)

Obr. 4

b) Nalezneme střed drátu a drát ohneme podle výsledku výpočtu v teoretickém úkolu b). Místo ohybu mírně propilujeme, aby vznikl žlábek (obr. 4b). Tím zabráníme vychylování kyvadla z roviny kolmé k ose. Jako břit použijeme nůž upnutý do svěráku.

c) Ohnutý drát z úlohy b) necháme kývat okolo osy tvořené špendlíkem jako v úloze a).

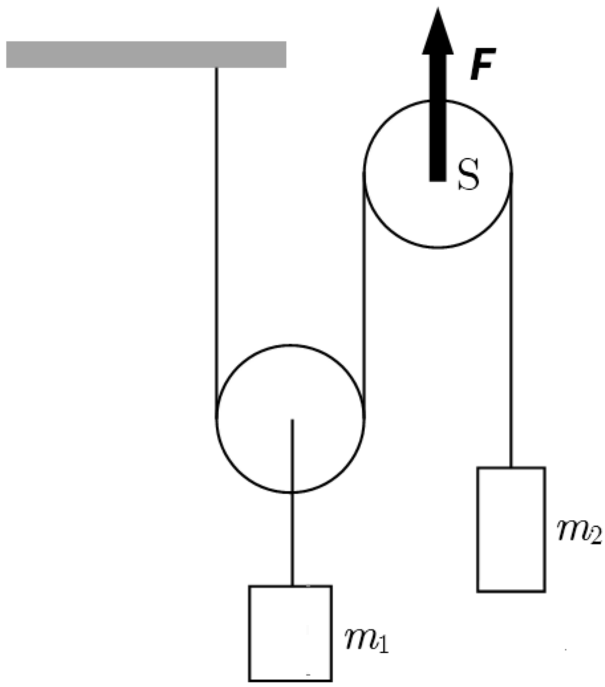
7. Dvě závaží na kladkách

V soustavě dvou těles o hmotnostech m_1 a m_2 a dvou kladek jsou hmotnosti nití a kladek zanedbatelné. Nit je pevná a neroztažitelná. Na horní kladku působí v jejím středu S síla $\boldsymbol{F}$ (obr. 3). Určete

a) velikosti sil napínajících nitě, na kterých visí závaží,

b) velikosti zrychlení těles a_1 a a_2,

c) velikost zrychlení středu S horní kladky.



Obr. 5