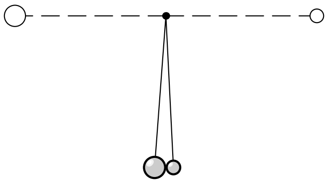
Úlohy 1. kola 50. ročníku fyzikální olympiády. *Kategorie C*

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

1. Ráz kyvadel

Dvě kuličky o hmotnostech m, $3m$ zanedbatelných rozměrů jsou zavěšeny ve společném bodě na vláknech stejné délky. Kuličky vychýlíme z rovnovážné polohy s napnutými vlákny v navzájem opačných směrech o úhel velikosti $90°$ a poté je současně uvolníme (obr.1). Popište chování kuliček za předpokladu, že každý ráz kuliček je dokonale pružný.



Obr. 1

2. Pohyb po nakloněné rovině

Špalík položený na dolní konec nakloněné roviny se sklonem $\alpha = 25°$ byl nárazem uveden do pohybu vzhůru po nakloněné rovině. Po určité době se zastavil a klouzal zpět dolů. Pohyb nahoru trval $t_1 = 1{,}20$ s, pohyb dolů $t_2 = 3{,}00$ s.

a) Určete součinitel f smykového tření mezi špalíkem a nakloněnou rovinou, velikost v_0 počáteční rychlosti špalíku, velikost v_1 jeho rychlosti při návratu na dolní konec nakloněné roviny a největší vzdálenost d_m špalíku od dolního konce nakloněné roviny.

b) Znázorněte graficky, jak se měnila vzdálenost d špalíku od dolního konce nakloněné roviny v závislosti na čase.

3. Výtok kapaliny otvorem

Větší nádoba tvaru válce stojí na vodorovné rovině. Na boku má malý kruhový otvor o průměru d, jehož střed se nachází ve výšce h nad dnem. Do nádoby přitéká voda se stálým objemovým průtokem Q_V.

a) Určete výšku H vodní hladiny v nádobě po jejím ustálení a velikost v_0 rychlosti, kterou pak bude voda vytékat otvorem.

b) V jaké vzdálenosti L od nádoby bude vytékající voda dopadat na vodorovnou rovinu?

c) Určete velikost a směr rychlosti $\boldsymbol{v}$ dopadu.

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $d = 4{,}00$ mm, $h = 10{,}0$ cm, $Q_V = 1{,}20\ \mathrm{dm^3 \cdot min^{-1}}$. Odpor vzduchu zanedbejte. Vodu považujte za ideální kapalinu o hustotě $\varrho = 1000\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.

4. Soustava těles spojených vláknem

Soustavu těles na obr. 2 tvoří kvádr A o hmotnosti m_A, kvádr B o hmotnosti m_B, pevná kladka C zanedbatelné hmotnosti a dokonale ohebné neroztažitelné vlákno zanedbatelné hmotnosti. Součinitelé smykového tření mezi oběma kvádry a mezi kvádrem B a vodorovnou podložkou D mají stejnou hodnotu f. Na kvádr B působí stálá síla $\boldsymbol{F}$ ve směru nitě, tj. rovnoběžně s podložkou, která uvádí kvádr B do rovnoměrně zrychleného pohybu se zrychlením $\boldsymbol{a}_B$.

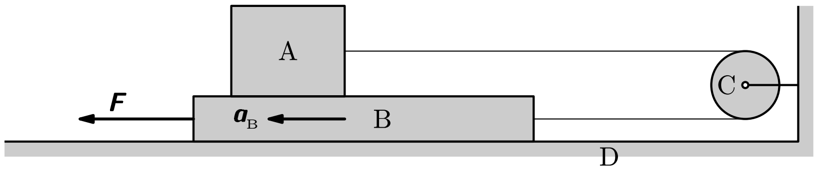
a) Vyjmenujte všechny síly, které působí na jednotlivá tělesa soustavy. Do obrázku zakreslete síly, které působí na kvádry A, B a na kladku rovnoběžně s podložkou.

b) Určete velikost síly $\boldsymbol{F}$.

c) Určete sílu $\boldsymbol{F}_k$, kterou působí stěna na osu kladky.

d) Určete, jak by se musela zmenšit velikost síly $\boldsymbol{F}$ (označte ji F_r), aby pohyby kvádrů byly rovnoměrné.

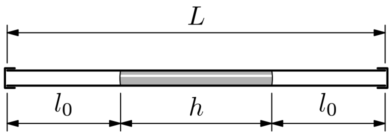
Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $m_A = 1{,}00$ kg, $m_B = 2{,}00$ kg, $f = 0{,}35$, $a_B = 1{,}25\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.



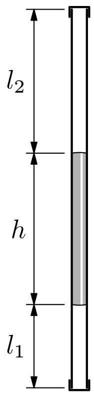
Obr. 2

5. Rtuťový sloupec v trubici

Ve vodorovné skleněné trubici stálého průřezu S, jejíž celková délka je L, oddělíme rtuťovým sloupcem délky h za atmosférického tlaku dva vzduchové sloupce stejné délky $l_0 = (L - h)/2$ a konce trubice uzavřeme (obr. 3). Pak trubici opatrně otočíme do svislé polohy a počkáme, až se teplota v celé trubici vyrovná s teplotou okolí. Atmosférický tlak během experimentu měříme rtuťovým barometrem, jehož rtuťový sloupec má výšku h_0.



Obr. 3



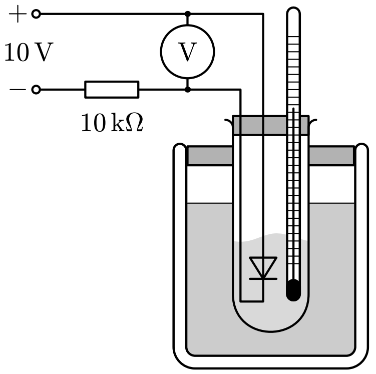
Obr. 4

a) Určete délky l_1, l_2 vzduchových sloupců ve svisle otočené trubici (obr. 4).
b) Jakou délku by musel mít rtuťový sloupec v trubici, aby platilo $l_1 = l_0/2$?

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $L = 100$ cm, $h = 40$ cm, $h_0 = 76$ cm.

6. *Praktická úloha:* **Polovodičová dioda jako senzor teploty**

K vývodům menší křemíkové diody připájejte vodiče a zasuňte ji spolu s přesným teploměrem do zkumavky s malým množstvím silikonové vazelíny. Zkumavku ponořte do termosky s vodou, která slouží jako termostat (obr. 5). Diodu připojte ke stabilizovanému zdroji napětí přes rezistor, jehož odpor v kiloohmech je číselně roven napětí zdroje ve voltech. Napětí na diodě měřte digitálním voltmetrem. Polaritu zdroje volte tak, aby přechod PN diody byl zapojen v propustném směru. Napětí na diodě bude menší než 1 V a obvodem bude procházet téměř konstantní proud přibližně 1 mA. Měňte teplotu lázně a sledujte, jak se mění napětí na diodě v závislosti na teplotě. Měřte i v tajícím ledu a nakonec zkumavku umístěte do baňky s vařící vodou.



Obr. 5

Zpracování výsledků měření:

Výsledky měření zpracujte v Excelu. Změřené hodnoty zapište do tabulky a sestrojte graf, který zobrazí teplotu čidla jako funkci napětí. Ověřte, že tato funkce je lineární. Zvolte typ grafu *XY bodový*, podtyp *bodový* (tj. bez spojnice datových bodů) – zobrazí se soustava izolovaných bodů. Po kliknutí pravým tlačítkem myši na některý z nich zvolte z nabídky *Přidat spojnici trendu*, dále *Typ trendu – Lineární*. V *Možnostech* zaškrtněte *Zobrazit rovnici regrese* a *Zobrazit hodnotu spolehlivosti R*. V grafu se zobrazí přímka a její funkční předpis. Můžete zkusit i jiné typy trendu s cílem, aby spojnice trendu co nejlépe procházela datovými body a hodnota spolehlivosti se co nejvíce přiblížila k jedné.

Rovnici regrese pak přepište do fyzikálně správného tvaru. Posuďte, s jakou přesností lze použít toto pokusné zařízení k praktickému měření teploty.

7. Bazén

V domácím soukromém bazénu, který má vnitřní rozměry 6,2 m × 15,8 m, je hloubka vody 1,8 m. Teplota vody je $t_0 = 15\ ^\circ\mathrm{C}$, teplota vzduchu v hale je $t_1 = 25\ ^\circ\mathrm{C}$.

a) Určete, kolik tepla by voda odebrala vzduchu za 1 hodinu. Teplotu vody a vzduchu považujte v tomto časovém intervalu za stálou. Součinitel $\alpha = 20\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$.

b) Protože se v hale udržuje stálá teplota vzduchu, je vhodné vodu v bazénu zahřát na stejnou teplotu. Určete výkon tepelného průtokového zařízení, udržujícího cirkulaci a ohřev vody, aby se zvýšení teploty vody podařilo dosáhnout v odstávce přes noc a dopoledne, tj. během 18 hodin. Měrná tepelná kapacita vody je $c = 4\,180\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}}$, hustota vody je $\varrho = 1000\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.

c) Kolik méněkvalitního uhlí o výhřevnosti $H = 12,5\ \mathrm{MJ \cdot kg^{-1}}$ na ohřev vody elektrickým ohřívačem padne, je-li účinnost elektrárny 36 % a účinnost tepelného zahřívání je 85 %?

d) Stěny bazénu a dno jsou betonové o tloušťce $d_1 = 12$ cm a oddělují vodu o teplotě $t_1 = 25\ ^\circ\mathrm{C}$ od okolní půdy o teplotě $t_2 = 5\ ^\circ\mathrm{C}$. Kolik tepla by stěnami a dnem uniklo za 1 hodinu, za 1 den? Jaký tepelný výkon musí mít zařízení, aby tento únik tepla byl kompenzován? Součinitel tepelné vodivosti betonu $\lambda_1 = 0{,}82\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$, přestup tepla neuvažujte.

e) Ve snaze zlepšit tepelné podmínky byl betonový korpus obklopen tepelnou a vodovzdornou izolací tloušťky $d_2 = 5$ cm se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda_2 = 0{,}11\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$. Jak se změní údaje v části c) úlohy?

f) Vysvětlete alespoň slovně, proč na rozdíl od tohoto bazénu voda v litinové vaně na koupání ($\lambda_3 = 52\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$) chladne podstatně rychleji. Uveďte několik důvodů a pokuste se alespoň v některém případě vyjádřit důvody i užitím fyzikálních zákonů.