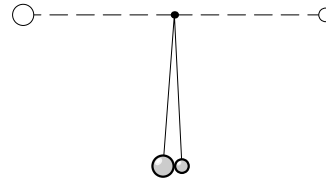


### Úlohy 1. kola 50. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie C

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

#### 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  $90^\circ$  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  $\alpha = 25^\circ$  byl nárazem uveden do pohybu vzhůru po nakloněné rovině. Po určité době se zastavil a klouzal zpět dolů. Pohyb nahoru trval  $t_1 = 1,20 \text{ s}$ , pohyb dolů  $t_2 = 3,00 \text{ s}$ .

- 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.
- Znárněte 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  $Q_V$ .

- Určete výšku  $H$  vodní hladiny v nádobě po jejím ustálení a velikost  $v_0$  rychlosti, kterou pak bude voda vytékat otvorem.
- V jaké vzdálenosti  $L$  od nádoby bude vytékající voda dopadat na vodorovnou rovinu?
- Určete velikost a směr rychlosti  $\mathbf{v}$  dopadu.

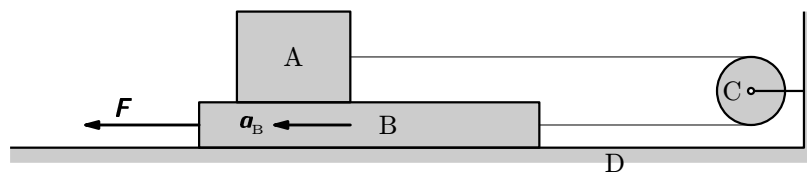
Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty  $d = 4,00 \text{ mm}$ ,  $h = 10,0 \text{ cm}$ ,  $Q_V = 1,20 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ . Odpor vzduchu zanedbejte. Vodu považujte za ideální kapalinu o hustotě  $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

#### 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  $F$  ve směru nitě, tj. rovnoběžně s podložkou, která uvádí kvádr B do rovnoměrně zrychleného pohybu se zrychlením  $a_B$ .

- 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.
- Určete velikost síly  $F$ .
- Určete sílu  $F_k$ , kterou působí stěna na osu kladky.
- Určete, jak by se musela zmenšit velikost síly  $F$  (označte ji  $F_T$ ), aby pohyby kvádrů byly rovnoměrné.

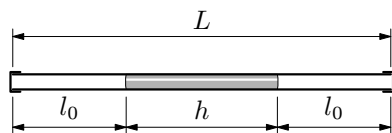
Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty  $m_A = 1,00$  kg,  $m_B = 2,00$  kg,  $f = 0,35$ ,  $a_B = 1,25$  m · s<sup>-2</sup>.



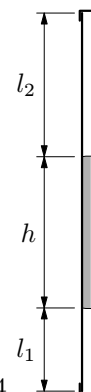
Obr. 2

#### 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



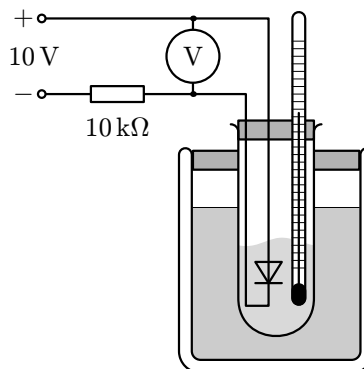
Obr. 4

- 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 spojnicí 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 zkoušet 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  $6,2 \text{ m} \times 15,8 \text{ m}$ , je hloubka vody  $1,8 \text{ m}$ . Teplota vody je  $t_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ , teplota vzduchu v hale je  $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- a) Určete, kolik tepla by voda odebrala vzduchu za 1 hodinu. Teplotu vody a vzduchu považujte v tomto časovém intervalu za stálou. Součinitel  $\alpha = 20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ .
- 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 odstavce přes noc a dopoledne, tj. během 18 hodin. Měrná tepelná kapacita vody je  $c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , hustota vody je  $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- c) Kolik méněkvalitního uhlí o výhřevnosti  $H = 12,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  na ohřev vody elektrickým ohřívacem padne, je-li účinnost elektrárny 36 % a účinnost tepelného zahřívání je 85 %?
- d) Stěny bazénu a dno jsou betonové o tloušťce  $d_1 = 12 \text{ cm}$  a oddělují vodu o teplotě  $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  od okolní půdy o teplotě  $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . 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  $\lambda_1 = 0,82 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , přestup tepla neuvažujte.
- e) Ve snaze zlepšit tepelné podmínky byl betonový korpus obklopen tepelnou a vodovzdornou izolací tloušťky  $d_2 = 5 \text{ cm}$  se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_2 = 0,11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Jak se změní údaje v části c) úlohy?
- f) Vysvětlete alespoň slovně, proč na rozdíl od tohoto bazénu voda v liti-  
nové vaně na koupání ( $\lambda_3 = 52 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) chladne podstatně rychleji. Uveďte několik důvodů a pokuste se alespoň v některém případě vyjádřit důvody i užitím fyzikálních zákonů.