Úlohy 1. kola 37. ročníku fyzikální olympiády

Kategorie D

1. Letadlo létá na trase Praha – Krakov. Rychlost letadla vzhledem k okolnímu vzduchu je stálá a má velikost 360 km$\cdot$h^{-1}. Obě letiště leží přibližně na téže rovnoběžce a jejich vzdálenost je 380 km.

   a) Určete dobu letu jedním směrem za bezvětří.

   b) Stanovte průměrnou rychlost letadla za bezvětří při letu z Prahy do Krakova a zpět bez přistání v Krakově.

   c) Stanovte průměrnou cestovní rychlost letadla za bezvětří při cestě z Prahy do Krakova a zpět, jestliže letadlo zůstane 30 minut na letišti v Krakově. Dobu přistávacího a vzletového manévru zanedbejte.

   d) Řešte úlohy a), b), c) v případě západního větru a v případě východního větru. Rychlost větru je v obou případech stálá a má velikost 20 m$\cdot$s^{-1}.

2. Volný pád ocelové kuličky byl při fotografování osvětlen stroboskopickým zařízením, které v pravidelných intervalech vydávalo světelné záblesky. Tři po sobě jdoucí polohy středu kuličky P_1, P_2, P_3 se nacházely ve vzdálenostech $P_1P_2 = s_1 = 21{,}5$ cm, $P_2P_3 = s_2 = 27{,}8$ cm.

   a) Určete periodu T záblesků.

   b) Jaká doba t uplynula od začátku pohybu do průchodu bodem P_1?

   c) V jaké výšce h nad bodem P_1 byla kulička uvolněna?

   d) Jaká byla velikost rychlosti v_1 kuličky v bodu P_1?

   f) Jak daleko od bodu P_3 bude další poloha středu kuličky P_4?

   Počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9{,}8$ m$\cdot$s^{-2}; odpor vzduchu zanedbáváme.

3. Vlak metra se po odjezdu ze stanice rozjížděl po dobu $t_1 = 35$ s rovnoměrně zrychleným pohybem, poté se dosaženou rychlostí $v = 60$ km$\cdot$s^{-1} pohyboval po dobu $t_2 = 1$ min 35 s rovnoměrným pohybem a na posledním úseku dlouhém $s_3 = 200$ m se pohyboval rovnoměrně zpomaleným pohybem až do zastavení.

   a) Určete průměrnou rychlost v_p jízdy vlaku.

   b) Určete průměrnou rychlost $v_p^{'}$ vlaku během času $t^{'} = 1$ min před zastavením.

   c) Určete průměrnou rychlost $v_p^{''}$ vlaku na úseku dlouhém $s^{''} = 1$ km od výchozí stanice.

d) Sestrojte na milimetrový papír grafy závislostí rychlosti a dráhy na čase.

e) Z jednoho z grafů určete čas, po který se pohyboval rychlostí menší než v_p.

f) Z jednoho z grafů určete vzdálenost, kterou urazil vlak rychlostí větší než v_p.

4. Automobil projíždí zatáčkou tvaru půlkružnice o poloměru 100 m stálou rychlostí 90 km·h^{-1}. Hmotnost automobilu je 1200 kg.

   a) Jak dlouho projíždí automobil zatáčkou?

   b) Jaká nejmenší „boční“ třecí síla musí působit na automobil, aby nedostal smyk?

   Řidič vjede do zatáčky rychlostí 90 km·h^{-1}, ale postupně rovnoměrně rychlost snižuje na velikost 54 km·h^{-1} v polovině zatáčky.

   c) Jaká brzdící a jaká urychlující síla působila na automobil?

   d) Jaká dostředivá síla působila na automobil na začátku a v polovině zatáčky?

   e) Určete velikost tečného, dostředivého a celkového zrychlení bezprostředně po vjezdu automobilu do zatáčky. Celkové zrychlení automobilu je vektorovým součtem tečného a dostředivého zrychlení.

   f) Je uvedená technika jízdy vhodná pro bezpečnější průjezd zatáčkou? Zdůvodněte.

5. Po kolejích se pohybuje setrvačností lokomotiva rychlostí o velikosti $v =$ 2,1 m·s^{-1}. Na koleji stojí osamělý vagón a souprava tří navzájem spojených vagónů. Hmotnost každého vagónu je m, hmotnost lokomotivy $6m$. Lokomotiva narazí do osamělého vagónu a automaticky se s ním spojí. Pak tato souprava narazí do soupravy tří vagónů.

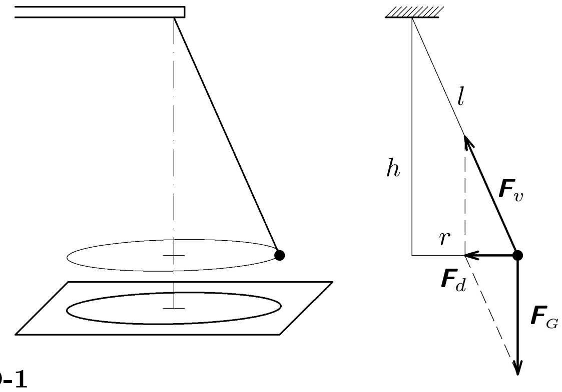
   a) Také druhé spojení proběhne automaticky. Určete rychlosti před rázem a po rázu.

   b) Druhé spojení nenastane a po rázu se obě soupravy rozjedou. Určete velikosti rychlostí a směr pohybu souprav po rázu. Ráz považujte za dokonale pružný.

6. *Praktická úloha.* **Určení tíhového zrychlení pomocí kuželového kyvadla**

Teorie

Kuličku kuželového kyvadla, jehož vlákno má délku l, uvedeme do rovnoměrného pohybu po vodorovné kuhové trajektorii o poloměru r (Obr. D-1). Na kuličku působí tíhová síla $\boldsymbol{F}_G$ a síla vlákna $\boldsymbol{F}_v$. Jejich výslednice je dostředivá síla $\boldsymbol{F}_d$, která kuličce uděluje dostředivé zrychlení.



Obr. D-1

Z podobnosti trojúhelníků odvodíme:

$$\frac{F_G}{F_d} = \frac{m_g}{ma_d} = \frac{gT^2}{4\pi^2 r} = \frac{h}{r}\,,$$

$$\boxed{g = \frac{4\pi^2 h}{T^2}}\,,$$

kde $h = \sqrt{l^2 - r^2}$ je vzdálenost bodu závěsu od roviny trajektorie.

Úkol:

Pomocí kuželového kyvadla určete tíhové zrychlení v budově školy. Zjištěnou hodnotu porovnejte s tabulkovou hodnotou co nejméně vzdáleného místa v ČR. (Použijte např. MFCh tabulky z r. 1970.)

Pomůcky:

olověná kulička se silonovým vláknem, stojan, tyčka s dírkou na konci, čtvrtka s narýsovanou kružnicí, tyčový metr, stopky.

Provedení úlohy

- Olověnou kuličku vhodnou pro zhotovení kuželového kyvadla lze koupit v prodejně rybářských potřeb. Vlákno kyvadla provlékneme dírkou vyvrtanou na konci dostatečně tuhé tyčky, kterou upevníme do stojanu. Po nastavení vhodné délky kyvadla upevníme provléknutou část vlákna k tyčce například pomocí kolíčku na prádlo.
- Na stůl položíme čtvrtku s narýsovanou kružnicí např. o poloměru 15 cm tak, aby se její střed nacházel přesně pod bodem závěsu kyvadla. V jednom bodu kružnice nakreslíme orientační značku. Kuličku uvedeme do pohybu po kruhové trajektorii, která bude co nejpřesněji probíhat nad narýsovanou kružnicí. Pomocí stopek změříme dobu deseti oběhů a určíme periodu kyvadla T.
- Změříme délku l kyvadla jako vzdálenost středu kuličky od bodu závěsu a vypočítáme vzdálenost h bodu závěsu od roviny trajektorie.
- Měření provedeme pro 5 různých délek kyvadla. Pokaždé upravíme upevnění tyčky ve stojanu tak, aby trajektorie kuličky probíhala co nejblíže k narýsované kružnici. Naměřené a vypočítané hodnoty zapíšeme do tabulky:

č.	$\frac{T}{\text{s}}$	$\frac{l}{\text{m}}$	$\frac{r}{\text{m}}$	$\frac{h}{\text{m}}$	$\frac{g}{\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$	$\frac{\Delta g}{\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$
1						
2						
3						
4						
5						
aritmetický průměr $\overline{g}$ =						
průměrná odchylka Δg =						

- Výsledek vyjádříme ve tvaru $g = \overline{g} \pm \Delta g$ a porovnáme s tabulkovou hodnotou.

7. Země se pohybuje kolem Slunce přibližně po kružnici o poloměru $r_Z = 149{,}6 \cdot 10^6$ km s dobou oběhu $T_Z = 365{,}24$ dne. Jupiter má dobu oběhu kolem Slunce $T_J = 11{,}862$ roku. V roce 1610 objevil Galileo Galilei čtyři největší Jupiterovy měsíce: Io (doba oběhu $T_1 = 1{,}769$ d, poloměr oběžné trajektorie $r_1 = 5{,}86\, R_J$, kde R_J je poloměr Jupitera), Europa ($T_2 = 3{,}551$ d), Ganymed ($T_3 = 7{,}155$ d) a Kallisto($T_4 = 16{,}69$ d).

   a) Určete velikost hlavní poloosy oběžné trajektorie Jupitera.

   b) Stanovte vzdálenosti Jupiterových měsíců od jeho středu.

   c) Určete střední hustotu Jupitera.