

63. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2021/2022

Katégória D

Domáce kolo – text úloh

1) Vzťažné sústavy

Celý rad astronomických úkazov súvisí s pohybom Galaxie, Slnka, Zeme a Mesiaca vo vesmíre. Astronómovia zistili, že Slnčná sústava obieha okolo centra Galaxie približne rýchlosťou $v_S \approx 220$ km/s s dobou obehu $T_S \approx 240$ miliónov rokov.

- Určte približnú vzdialenosť r_{SG} Slnka od centra Galaxie. Vzdialenosť vyjadrite v jednotkách ly (light year = svetelný rok).
- Z pohybu Slnka určte hmotnosť Galaxie, ak predpokladáte, že takmer celá hmota Galaxie je sústredená v jej centrálnej oblasti. Výsledok porovnajte s udávanou hodnotou (napr. na internete) a rozdiel zdôvodnite.

Pre opis dejov používame vzťažné sústavy, medzi ktorými majú osobitný význam inerciálne vzťažné sústavy, pre ktoré boli vyslovené Newtonove pohybové zákony. Často používame laboratórnu vzťažnú sústavu, pevne spojenú so zemským povrchom.

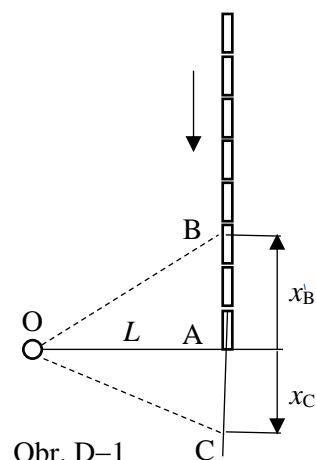
- Určte zotrvačné sily, ktoré pôsobia na teleso jednotkovej hmotnosti, v dôsledku i) pohybu Slnčnej sústavy okolo stredu Galaxie, ii) pohybu Zeme okolo Slnka a iii) rotácie Zeme okolo vlastnej osi. Výsledky porovnajte s gravitačnou silou na povrchu Zeme.
- Posúďte, ktorú zo vzťažných sústav možno považovať za inerciálnu a v akých prípadoch.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty. Nezadané hodnoty veličín vyhľadajte vo vhodných zdrojoch informácií.

2) Zmeškaný vlak

Kedysi jazdili na lokálnych tratiach vlaky s otvorenými plošinami na koncoch vozňov, na ktoré bolo možné naskočiť, aj keď sa vlak už pomaly rozbíhal. Kým rýchlosť vlaku voči nástupištiu neprekročí $v_1 = 12,0$ km/h, naskočenie na plošinu sa považovalo za bezpečné.

Meškajúci cestujúci prichádzal k zastávke vlaku po ceste kolmej na železničnú trať. V zastávke už stál vlak s počtom $N = 6$ vozňov, vrátane lokomotívy, pričom začiatok lokomotívy stál presne oproti ceste, po ktorej prichádzal cestujúci, obr. D-1. Dĺžka vozňa i lokomotívy $d = 10$ m. V snahe stihnúť vlak, cestujúci začal bežať kolmo na vlak stálou rýchlosťou $v = 8,5$ km/h. V okamihu, keď bol v bode O vo vzdialenosti $L = 50$ m od vlaku, začal sa vlak rozbíhať rovnomerne zrýchleným pohybom. Cestujúci dobehol k vlaku práve vo chvíli, keď okolo neho prechádzal stred vlaku, a snažil sa naskočiť na zadnú plošinu pred ním prechádzajúceho vozňa.



Obr. D-1

- a) Určte zrýchlenie a a rýchlosť v_A vlaku v okamihu, keď cestujúci dobehol k vlaku (do bodu A). Bola rýchlosť vlaku dostatočne nízka pre bezpečné naskočenie do vlaku?

Aká situácia by nastala, keby sa cestujúci rozhodol naskočiť na plošinu posledného vozňa. Mal by dve možnosti, buď bežať po úsečke OB do bodu B naproti vlaku alebo po úsečke OC do bodu C v smere pohybu vlaku.

- b) Určte vzdialenosti x_B a x_C bodov B a C od bodu A. Určte rýchlosti v_B a v_C vlaku v okamihu, keď cestujúci dosiahne koniec vlaku v bode B alebo v bode C. Uvážte, či naskočenie do idúceho vlaku je v jednotlivých prípadoch bezpečné.
- c) Ktorý z troch prípadov naskočenia v bodoch A, B, C sa javí pre cestujúceho ako najmenej riskantný. Svoju odpoveď zdôvodnite.

3) Gule v mori

V mori je slaná voda, ktorej hustota sa mení s hĺbkou. Do hĺbky približne $h_1 = 300$ m sa mení hustota vody iba minimálne a má hodnotu $\rho_1 \approx 1,0240 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. V prechodnej vrstve, do hĺbky približne $h_2 = 1000$ m, hustota s narastajúcou hĺbkou rastie približne lineárne až na hodnotu $\rho_2 \approx 1,0280 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Vo väčších hĺbkach už zostáva hustota približne konštantná.

Z výskumnej lode, ktorá sa nachádzala nad oceánskou hĺbočinou, spustili do vody dve pevné duté kovové gule, vzájomne spojené tenkým spojovacím lankom s dĺžkou $a = 25$ m. Guľa (1) mala hmotnosť $m_1 = 14,50$ kg a priemer $d_1 = 300,0$ mm, guľa (2) mala hmotnosť $m_2 = 34,40$ kg a priemer $d_2 = 400,0$ mm. Na guľu (1) je malé očko, za ktoré je zavesená na tenkom vlákne, a na ktorom dvojicu guľí spúšťali do mora.

Najprv ponorili guľu (2), a guľu (1) držali tesne nad hladinou.

- a) Určte silu F_{L1} , ktorou je napínané spojovacie lanko medzi guľami, a silu F_{V1} , ktorou je napínané závesné vlákno.

Následne spustili aj guľu (1) tesne pod hladinu.

- b) Určte silu F_{L2} , ktorou je napínané spojovacie lanko medzi guľami a silu F_{V2} , ktorou je napínané závesné vlákno.

Dvojicu guľí spúšťali do veľkej hĺbky, až guľa (1) dosiahla hĺbku h_3 pod voľnou hladinou, keď sila napínajúca závesné vlákno poklesla na nulovú hodnotu $F_V = 0$.

- c) Akou veľkou silou F_V je napínané nosné vlákno, keď guľa (1) je v prechodnej vrstve v hĺbke h pod voľnou hladinou?
- d) Určte hĺbku h_3 a silu F_{L3} , ktorou je napínané spojovacie vlákno medzi guľami v okamihu, keď nosné vlákno prestalo byť zaťažované guľami ($F_V = 0$).

Hmotnosť lanka a vlákna neuvažujte. Kovové gule sú pevné, nemenia svoje rozmery pod narastajúcim tlakom vody. Gravitačné zrýchlenie $g = 9,807 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4) Sánkari

Na kopci za mestom sa deti tešili z novej snehovej nádielky na svahu s dĺžkou 250 m a uhlom sklonu $\alpha = 8,0^\circ$. Traja kamaráti s hmotnosťami $m_1 = 40,0$ kg, $m_2 = 46,0$ kg a $m_3 = 55,0$ kg mali k dispozícii dvoje sane s rovnakou hmotnosťou $m = 6,0$ kg – jedny prvého chlapca a druhé druhého chlapca. Išli sa spúšťať, pričom tretí chlapec si sadol raz k prvému, raz k druhému.

Najprv sa spustili obidve sane vedľa seba a merali si čas, za ktorý prešli celú dĺžku svahu.

Keď si sadol tretí chlapec k prvému (na jeho sane), prešli voľným pohybom dráhu $d = 200$ m za dobu $t_1 = 19$ s a na zvyšku svahu brzdili. Druhý chlapec zišiel po tej istej dráhe za čas $t_2 = 22$ s.

- Určte faktory trenia f_1 a f_2 medzi snehom a sklznicami prvých a druhých saní
- Tretí chlapec si potom presadol k druhému chlapcovi (na druhé sane) a zjazd opakovali po tej istej dráhe dĺžky d . Za aký čas t_3 prešli dráhu prvé sane a za aký čas t_4 druhé sane?

Neskôr, dlhším špagátom spojili sane tak, aby na seba počas zjazdu zo svahu nenarážali. Tretí chlapec si opäť sadol raz k prvému, raz k druhému.

- V akom poradí spojili sane, aby špagát zostal počas celého zjazdu napnutý? Určte veľkosť F sily, ktorá špagát počas zjazdu napínala.
- Určte časy t_5 a t_6 zjazdu úseku svahu dĺžky d , ak tretí chlapec sedel s prvým alebo druhým chlapcom na ich saniach.

Predpokladajte, že sánky sa pohybujú na svahu d rovnomerne zrýchleným pohybom, odpor vzduchu neuvažujte. Tiažové zrýchlenie $g = 9,8$ m·s⁻².

5) Odpojené vagóny

Na vodorovnej pláni sa pohybovala po priamej trati vlaková súprava rovnomerným pohybom rýchlosťou $v_0 = 80$ km/h. Súprava pozostávala z $N = 60$ rovnakých vagónov, každý s hmotnosťou $m = 50$ t (naložených uhlím). Vlak ťahala lokomotíva s hmotnosťou $M = 100$ t, okamžitý výkonom jej motorov $P = 300$ kW.

- Určte celkovú treciu silu F_m medzi poháňanými kolesami lokomotívy a koľajnicami.
- Určte faktor f_1 valivého trenia vagónov.

V určitom okamihu došlo k pretrhnutiu spoja medzi vagónmi a odtrhlo sa $n = 20$ vagónov. V okamihu prerušenia spoja sa automaticky zapínajú núdzové brzdy odtrhutej časti. Odtrhnuté vagóny sa zastavili rovnomerne spomaleným pohybom na dráhe $d = 250$ m.

- Určte faktor f_2 trenia medzi brzdiacimi kolesami vagónov a koľajnicami.
- Na akú hodnotu v_1 by sa zvýšila rýchlosť zvyšku vlaku po odtrhnutí jeho časti, ak by sa výkon lokomotívy nezmenil? Na akú hodnotu P_1 by musel klesnúť výkon lokomotívy, aby sa zvyšok vlaku pohyboval naďalej pôvodnou rýchlosťou v_0 ?

Uvažujte rovnaký faktor valivého trenia lokomotívy a vagónov, $g = 9,8$ m·s⁻².

6) Zrážky mincí

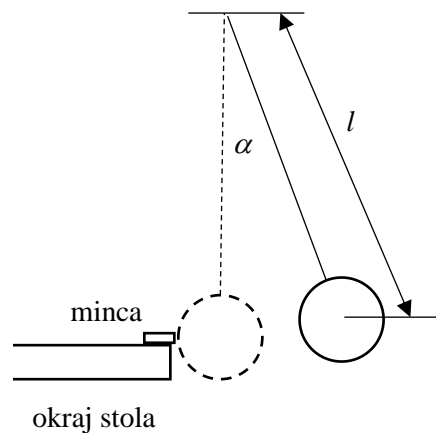
Dievčatá z prvého ročníka gymnázia počuli na hodine fyziky o zrážkach telies. Rozhodli sa urobiť si vo fyzikálnom laboratóriu pokus so zrážkou s euromincami. Najvhodnejšie sa im javili mince 0,10 € a 0,50 € z rovnakého materiálu, tzv. severského zlata. Je to zliatina zložená z 89 % Cu, 5 % Al, 5 % Zn a 1 % Sn (ide o % hmotnosti).

a) Vyhľadajte hustoty jednotlivých kovov a vypočítajte hustotu ρ_{SZ} severského zlata.

Na internete si zistili, že 0,10 € minca má hmotnosť $m_{10} = 4,10$ g, priemer $d_{10} = 19,75$ mm a výšku $h_{10} = 1,93$ mm. Minca 0,50 € má hmotnosť $m_{50} = 7,80$ g, priemer $d_{50} = 24,25$ mm a výšku $h_{50} = 2,38$ mm.

b) Z hmotnosti a rozmerov určte hustotu ρ_{10} a ρ_{50} oboch mincí. Hustoty porovnajte s hustotou ρ_{SZ} a rozdiely vysvetlite.

Zrážkový experiment urobili na hladkej vodorovnej doske laboratórneho stola. Zabezpečili aby začiatočná rýchlosť mincí bola vždy rovnaká. Postavili na kraj stola stojan a uchytili doň lanko so zavesenou guľou s hmotnosťou značne väčšou ako hmotnosť mincí, obr. D–2. Vzďialenosť bodu závesu guľe od ťažiska guľe je $l = 50$ cm. Mincu položili na okraj stola tak, že málo prečnievala cez hranu stola. Potom guľu na lanku vychýlili vždy o uhol $\alpha = 15^\circ$ a pustili. Nárazom uviedla mincu do pohybu a zarazila sa o hranu stola.



Obr. D–2

c) Určte začiatočnú rýchlosť v_0 mince po náraze guľe.

Najprv pokus opakovali s oboma mincami. v oboch prípadoch mince zastavili v rovnakej vzdialenosti $d_1 = 70$ cm od hrany stola.

d) Určte faktor trenia f medzi mincami a povrchom stola.

Potom postavili na okraj stola 0,10 € mincu a druhú do dráhy mince do vzdialenosti $d_2 = 30$ cm od okraja stola. Nárazom guľe uviedli mincu do pohybu. Mince postavili tak, aby ich zrážka bola stredová a mince sa pohybovali po jednej priamke. Potom pokus opakovali s tým, že mince vymenili.

e) Určte vzájomné vzdialenosti d_3 a d_4 mincí po ich zastavení po zrážke v oboch prípadoch.

Pozn.: Všetky zrážky považujte za dokonale pružné.

7) Meranie hustoty telesa – experimentálna úloha

Úloha:

Zmerajte hustotu rôznych telies dvomi rôznymi metódami.

Zvoľte telesá z rôznych materiálov a rôznych tvarov, napr. valček, kocka, kameň, plastelína a pod.

Odporúčané metódy merania

1. Prvá metóda spočíva vo výpočte hustoty z hmotnosti a objemu telesa. Hmotnosť určte vážením. Objem telesa pravidelného tvaru určte z jeho rozmerov. Objem telesa nepravidelného tvaru určte ponorením do vody v odmernom valci a určením objemu vytlačenej vody.
2. Teleso zavesíte na silomere a určte tiaž T_1 telesa vo vzduchu. Potom zavesené teleso ponorte do vody a určte jeho tiaž T_2 na silomere. Pomocou hodnôt T_1 , T_2 a hustoty vody určte hustotu telesa.

Hustoty získané obidvomi metódami porovnajte a prípadné rozdiely zdôvodnite. Pre zvýšenie presnosti meranie viackrát opakujte a vypočítajte strednú hodnotu výsledkov pre danú metódu a dané teleso.

Pozn.: Môžete vymyslieť aj inú metódu.

63. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie D

Autori návrhov úloh:	Lubomír Konrád (2 až 6), Ivo Čáp (1, 7)
Recenzia:	Aba Teleki, Lubomír Mucha
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2021