

65. ročník Fyzikálnej olympiády  
v školskom roku 2023/2024  
kategória F  
texty úloh domáceho kola

**1) Dlhá výmena**

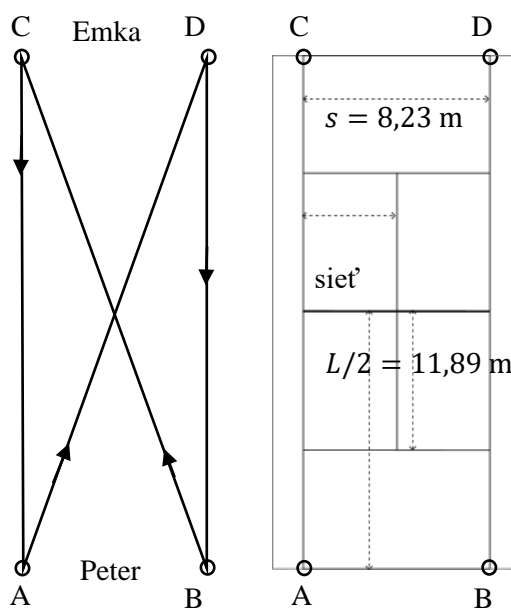
Na obr. F-1 sú zobrazené rozmery tenisového kurtu. Pri dvojhre sa hrá len na časti bez bočných pásov, hrá sa teda na ploche širokej  $s = 8,23$  m (vzdialenosť medzi A a B) a dlhej (od základnej čiary k základnej čiare)  $L = 23,78$  m (vzdialenosť od A po C). Vzďialenosť medzi bodmi A a D je  $d = 25,16$  m.

Dolný hráč, Peter, na základnej čiare AB udiera do lopty veľkou silou – vodorovná rýchlosť lopty je po týchto úderoch  $v_1 = 72,0$  km/h a je konštantná počas celého letu loptičky.

Horná hráčka, Emka, posiela zo základnej čiary CD loptu späť vodorovnou rýchlosťou  $v_2 = 54,0$  km/h.

Loptička sa pohybuje ako ukazuje obrázok (ADBCA).

Peter udrie do loptičky v bode A, a zostane v bode A až do okamihu, než Emka v bode D udrie do loptičky a pošle ju do bodu B. Do bodu B Peter dobehne súčasne s loptičkou. Emka zatiaľ čaká v bode D až do okamihu, než Peter odpáli loptu do bodu C. Do bodu C dobehne súčasne s loptičkou.



Obr. F-1

- a) Akou priemernou rýchlosťou  $v_{P1}$  sa musí pohybovať Peter medzi bodmi A a B, a akou priemernou rýchlosťou  $v_{E1}$  Emka medzi bodmi C a D?

Po určitom čase, v dlhej výmene, hráči vyrážajú do druhého bodu bez vyčkávania, okamžite po tom, čo oni sami odpálili loptičku.

- b) Akou priemernou rýchlosťou  $v_{P2}$  sa musí pohybovať Peter medzi bodmi A a B, a akou priemernou rýchlosťou  $v_{E2}$  Emka medzi bodmi C a D?
- c) Na aké hodnoty  $v_{P3}$  a  $v_{E3}$  sa zmenia rýchlosti v bode b) zadania, ak aj Emka začne posielať loptičky rýchlosťou  $v_1$ ?

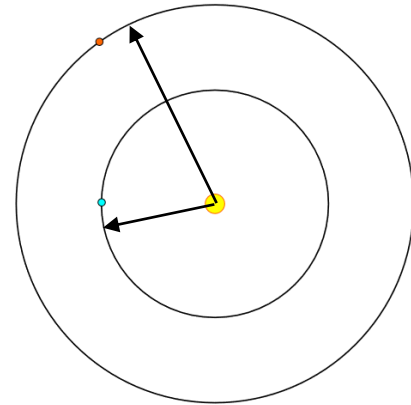
## 2) Mars Express

*Mars Express bol vypustený Európskou vesmírnou agentúrou (ESA) 2. júna 2003, čo agentúra oslávila 2. júna 2023 celodenným živým vysielaním z Marsu. Od začiatku vedeckých operácií v roku 2004 poskytuje Mars Express úchvatné pohľady na Mars v troch rozmeroch. Poskytol najkompletnejšiu mapu chemického zloženia atmosféry, študoval vnútorní mesiac Marsu Phobos v bezprecedentných detailoch, a sledoval históriu vody na celej planéte. Dokázal, že Mars kedysi poskytoval podmienky prostredia, ktoré mohli byť vhodné pre život.*

Zem a Mars obiehajú okolo Slnka približne na kružnicových trajektóriách so stredom v Slnku. Priemerná vzdialenosť Zeme od Slnka je  $r_Z \approx 150$  mil. km, a priemerná vzdialenosť Marsu od Slnka  $r_M \approx 228$  mil. km.

Až astronauti pristánú na Marse, budú mať sťaženú komunikáciu so Zemou kvôli vzdialenosti. Rýchlosť svetla a rádiových vln vo vákuu je približne  $c \approx 300\,000$  km/s.

Ak položia otázku riadiacemu centru na Zemi, medzi odoslaním otázky a obdržaním odpovede uplynie minimálne doba  $t$ , aj keby riadiace centrum zodpovedalo otázku okamžite (napr. preposlala vysielaný signál späť). Nazvime tento čas „dobou oneskorenia“



Obr. F-2

- a) Aká je najmenšia vzdialenosť  $r_1$  a aká najväčšia vzdialenosť  $r_2$  medzi Zemou a Marsom? Aká je najkratšia možná doba oneskorenia  $t_1$  a aká najväčšia možná doba oneskorenia  $t_2$ ? Zakresli obrázok s trajektóriami oboch planét, na ktorom znázorniš vzájomnú polohu planét pre tieto prípady.

Slnko je silným zdrojom rádiového žiarenia, ktoré ruší signál prijímaný zo Zeme (rušenie je najsilnejšie, keď Mars, Zem a Slnko sú na jednej priamke).

- b) Zakresli do obrázku s trajektóriami planét vzájomnú pozíciu Zeme a Marsu, v ktorej, podľa teba, je signál zo Zeme najmenej rušený rádiovým žiarením zo Slnka. Svoju odpoveď zdôvodni. Aká je doba oneskorenia  $t_b$  v tomto prípade? (Vzdialenosť určí z obrázku meraním.)
- c) Akou uhlovou rýchlosťou, pri pohľade od Slnka, sa pohybuje na pozadí vzdialených hviezd Zem ( $\omega_Z$ ) a akou Mars ( $\omega_M$ )? Koľko dní ( $T_c$ ) bude trvať situácia, keď doba oneskorenia nie je dlhšia ako  $t_b$ ?

Vzdialenosti vyjadrí v miliónoch kilometroch a časy v sekundách a tiež v minútach a sekundách. Doba obehu Zeme okolo Slnka  $T_Z = 365,25$  dní, doba obehu Marsu  $T_M = 686,98$  dní (siderické doby obehu, voči vzdialeným hviezdám). Uhlové rýchlosti vyjadrí v jednotkách  $^\circ/\text{deň}$  (tj. uhlový stupeň/deň).

*Smerová anténa sondy mieri stále k Zemi a v tomto smere má maximálnu účinnosť príjmu.*

### 3) Závažie v nádobe

Na obr. F-3 je znázornená nádoba s obdĺžnikovým dnom, ktorého rozmery sú  $a = 600 \text{ mm}$  a  $b = 900 \text{ mm}$ . Tiaž nádoby je  $G_n = 500 \text{ N}$ . Máme aj oceľové závažie, ktoré má tiaž  $G_z = 200 \text{ N}$ .

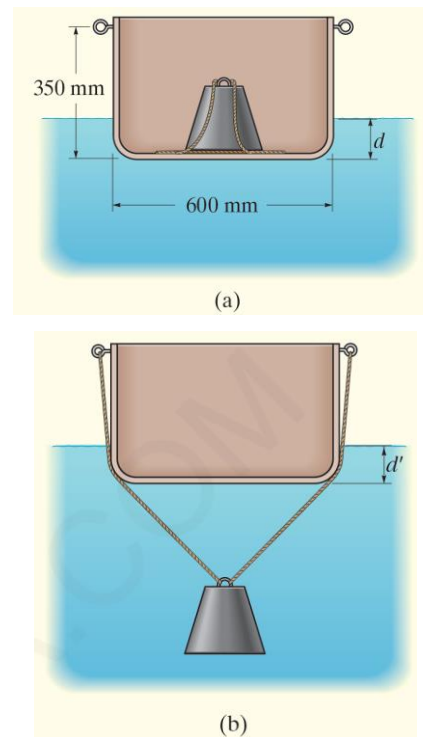
Najprv dáme závažie do stredu nádoby a nádobu položíme na vodu, obr. F-3a.

a) Do akej hĺbky  $d$  sa nádoba ponorí do vody?

Po vykonaní úlohy v časti a) závažie zavesíme na tenké vlákno, ktorého konce pripevníme k uchám nádoby. Závažie zavesíme tak, aby viselo pod nádobou, ktorá pláva na vode, obr. F-3b.

b) Ponorí sa takto nádoba viac, alebo menej než v prípade v časti a) zadania. Vypočítaj hĺbku ponoru  $d'$  nádoby.

*Poznámka:* Objem vlákna a tiaž vlákna je zanedbateľne malá. Hustota zliatiny, z ktorej je zhotovené závažie,  $\rho = 8000 \text{ kg/m}^3$ , hustota vody  $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$ , gravitačná konštanta  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .



Obr. F-3

### 4) Koráľkový prsteň

Na tenkom vlákne sú tri koráľiky a, b, c. Vlákno s koráľikmi vytvára prsteň. Koráľiky majú objem  $V_a = 2,00 \text{ cm}^3$ ,  $V_b = 1,00 \text{ cm}^3$  a  $V_c = 0,50 \text{ cm}^3$ . Objem aj hmotnosť vlákna sú zanedbateľne malé. Koráľiky sú z rôznych materiálov s hustotami sú  $\rho_1 = 0,50 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ,  $\rho_2 = 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  a  $\rho_3 = 2,00 \text{ g/cm}^3$ , pričom každý z koráľikov je z iného materiálu. Prsteň dáme do nádoby s dostatočným množstvom vody.

a) Urči počet odlišných prípadov priradenia hustôt jednotlivým koráľikom prsteňa.

b) V ktorých prípadoch vypláva prsteň na voľnú hladinu vody (nedotýka sa dna pohára)?

c) V ktorých prípadoch klesne prsteň na dno pohára (nedotýka sa voľnej hladiny)?

d) V ktorých prípadoch sa bude prsteň vo vode vznášať (nedotýka sa dna ani voľnej hladiny)?

Odpovede fyzikálne zdôvodni.

Vzdialenosť medzi krajnými koráľikmi je výrazne menšia, než hĺbka vody v pohári. Hustota vody  $\rho = 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

## 5) Čaj v miske

K príprave zeleného čaju sa odporúča väčšinou použiť vodu, ktorá má teplotu  $t_1 = 90,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Zelené čaje sa lúhujú len pár minút a hotový čaj má v kanvici stále teplou  $t_1$ . Takto horúci ho ale nie je vhodné piť.

Porcelánová čajová miska, ktorú Emka použije na čaj, má teplotu  $t_2 = 10,0\text{ }^\circ\text{C}$  a hmotnosť  $m = 117,70\text{ g}$ .

a) Do misky, nalejeme  $V = 130\text{ ml}$  čaju. Na akej teplote  $t_a$  sa ustáli teplota misky?

Čajová miska je takto horúca do ruky, preto Emka naleje menej čaju a nevyčká, aby sa teploty vyrovnali.

b) Aký objem  $V_b$  čaju musí Emka naliať do misky s teplotou  $t_2 = 10,0\text{ }^\circ\text{C}$ , aby sa čaj naliaty do misky z kanvice ochladil na  $t_v = 40,0\text{ }^\circ\text{C}$  a šálka sa zohriala len na  $t_3 = 20,0\text{ }^\circ\text{C}$ .

c) Emka má rada čerstvo urobený čaj, preto ho hneď vypije a doleje do misky čaj z kanvice, kde čaj má stále teplotu  $t_1 = 90,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Emka prileje do misky s teplotou  $t_3 = 20,0\text{ }^\circ\text{C}$  toľko čaju, aby sa čaj z kanvice ochladil na  $t_v = 40,0\text{ }^\circ\text{C}$  a šálka sa zohriala len na  $t_4 = 35,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Koľko tepla odovzdá čaj miske v tomto deji?

Hmotnostná (merná) tepelná kapacita porcelánu  $c_p = 1085\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$  a čaju  $c = 4180\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ . Hustota čaju  $\rho = 1,00\text{ g}/\text{cm}^3$ . Výmenu tepla s okolím považujte za zanedbateľnú. Predpokladaj, že pri zohrievaní misky je v každom okamihu teplota v celom objeme porcelánu rovnaká. Podobne aj teplota čaju sa mení v celom jeho objeme rovnako.

## 6) Formula 1 – Silverstone

Prvé preteky Formule-1 sa konali v roku 1950 v Silverstone (Veľká Británia). V roku 2022 mal okruh dĺžku  $\ell = 5,891\text{ km}$  a bolo ho treba prejsť  $N = 52$ -krát.

Podľa pravidiel F-1 sa počas súťaže do vozidiel nedoplňuje palivo, preto pretekárske autá sú na začiatku ťažké (až 20% hmotnosti predstavuje palivo). S každým kolom, ako klesá ich hmotnosť, sa stávajú rýchlejšími. Vďaka znižujúcej sa hmotnosti sa rýchlosť pretekárskeho auta zvýši v každom kole o  $\Delta v_m$ . Ale na druhej strane, najlepšiu príľnavosť majú pneumatiky keď sú úplne nové. Opotrebením sa zhoršuje ich schopnosť udržať auto na ceste. Opotrebovaním kolies sa rýchlosť znižuje v každom kole o  $\Delta v_p$ . Pre jednoduchosť budeme predpokladať, že  $\Delta v_m = \Delta v_p$ , teda rýchlosť vozidla je medzi dvomi výmenami pneumatík konštantná.

Pretekár na čele preteku, nikým nerušený, absolvuje prvých  $n_1 = 42$  kôl za čas  $t_1 = 1\text{ h } 11\text{ min } 7,284\text{ s}$ . Po výmene pneumatík prejde 43. kolo za čas  $t_m = 1\text{ min } 30,813\text{ s}$  (najkratší čas v preteku).

a) Určí rýchlosť  $v_1$  pretekára v prvej etape (do výmeny pneumatík).

b) O koľko ( $\Delta v_m$ ) by narastala jeho rýchlosť v každom kole, keby sa nezhoršovala kvalita pneumatík?

Podľa pravidiel sú pretekári povinní počas preteku aspoň raz vymeniť pneumatiky. Výmena pneumatík trvá v depe síce len pár sekúnd, ale celková časová strata je  $t_d = 20,00\text{ s}$ , lebo v uličke pred depami je obmedzená rýchlosť.

c) Pretekár sa rozhodne meniť pneumatiky len raz. Čo vedie k lepšiemu výsledku – vymeniť pneumatiky po prvom kole, alebo jedno kolo pred koncom? Odpoveď zdôvodni výpočtom.

d) Aký by bol výsledný čas  $t_{p2}$  pretekára, pokiaľ by urobili 2 výmeny pneumatík: prvú po  $n_2 = 21$ -kole, druhú po  $n_3 = 42$ -kole?

Všetky rýchlosti vyjadri v jednotkách m/s aj km/h, a všetky časy v sekundách, ako aj v hodinách, minútach a sekundách.

*Poznámka:* Rýchlosť pretekára jedného kola je konštantná. Pri každej výmene pneumatík je časová strata  $t_d$ .

## 7) Ľadové kryhy – experimentálna úloha

*Pri brehoch Antarktídy vznikajú ľadové kryhy. Pozorovania ukazujú, že zamrzaním morskej vody vzrastie slanosť, a tým aj hustota vody, ktorá zostane po zamrzaní. Táto hustejšia voda klesá pri brehoch Antarktídy a tlačí pred sebou ostatné masy vôd. Tento mechanizmus je jedným z hnacích motorov morských prúdov na našej planéte. Morské prúdy sú prepojené a objímajú celú planétu. Podporujú správnu funkciu ekosystému planéty.*

Pokúste sa zodpovedať otázku, či ľadové kryhy vznikajúce z morskej vody sú menej slané, ako morská voda, z ktorej vznikajú.

*Pomôcky:*

Plastická nádoba dostatočnej výšky, ktorá sa zmestí do mrazáku, napr. odrezaná časť PET fľaše, voda, soľ.

*Postup:*

- 1) Priprav morskú vodu (na 1000 g vody 25-30 g kuchynskej soli, resp. morskej soli).
- 2) PET fľašu rozrež tak, aby od dna mala vhodnú výšku - aby po naplnení morskou vodou sa zmestila do príslušného boxu mrazáku.
- 3) Do odrezku fľaše nalej morskú vodu – nenapln ju úplne, voľná hladina morskej vody nech je 2–3 cm od okraja odrezku.
- 4) Vlož morskou vodou naplnený odrezok fľaše do mrazáku.
- 5) Nechaj morskú vodu zamrznúť.
- 6) Po zamrznutí vyber ľad z odrezku, oddeľ hornú časť ľadu od dolnej, a nechaj ich roztopiť sa v samostatných nádobách. Po roztopení sa rozhodni, či voda z hornej vrstvy ľadu, ktorá zamrzla skôr, a voda z dolnej vrstvy, ktorá zostala najdlhšiu dobu nezamrznutá, majú rovnakú koncentráciu soli (slanosť).
- 7) Zapiš svoje rozhodnutie a zdôvodnenie.

*Poznámka:* V plastickej fľaši (odrezku) zamrzne slaná voda približne za 12-16 hodín. Zamrznutie začne zhora a z boku od stien. Preto porovnávame slanosť vo vrchnej časti so slanosťou v spodnej, prípadne v strednej časti. O slanosti môžeš rozhodnúť ochutnávaním. Ochutnávanie môžeš urobiť objektívnejším, ak urobíš 10 – 20 vzoriek po dvojiciach (jedna vzorka z hornej a druhá vzorka z dolnej časti) a dáš ochutnať nezainteresovaným ľuďom (členom rodiny, spolužiakom a podobne).

---

Fyzikálna olympiáda – 65. ročník – úlohy domáceho kola kat. F

Autori úloh: Boris Lacsný 1, 3, 4, Aba Teleki 2, 5, 6, 7

Recenzia úloh: Ivo Čáp

Redakcia: Ivo Čáp

Úlohy preložil: Aba Teleki

Vydal: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2023