

64. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2022/2023

Kategória F

Úlohy domáceho kola

1) Kolóna aut

Kolóna zásobovania pozostáva z $N = 81$ nákladných áut. Každé nákladné auto má dĺžku $L = 10,0$ m. Podľa predpisu sú rozostupy medzi autami (vzdialenosť medzi koncom vozidla a začiatkom nasledujúceho vozidla) $d = 40$ m a kolóna sa má pohybovať konštantnou rýchlosťou $v_0 = 40,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ak prvé vozidlo začne brzdiť, brzdné svetlá sa mu rozsvietia a okamžite začnú brzdiť aj ostatné vozidlá v kolóne. Každé vozidlo zastaví za dobu $t_b = 3,00$ s na vzdialenosti $s_1 = 30,0$ m. Pri rozbiehaní je situácia iná, lebo žiadne svetlá sa nerozsvietia a uplynie reakčná doba šoféra $t_r = 1,50$ s. Reakčná doba šoféra je doba, kým si všimne, že vozidlo bezprostredne pred nimi sa začalo pohybovať, a sám sa začne rozbiehať. Pri rozbiehaní z pokoja sa vozidlá správajú podobne ako pri brzdení, čo znamená, že za čas $t_b = 3,00$ s na vzdialenosti $s_1 = 30,0$ m dosiahnu rýchlosť v_0 .

- Urči dĺžku D_0 kolóny, ak sa pohybuje podľa predpisu. (Dĺžkou D_0 kolóny rozumieme vzdialenosť medzi začiatkom prvého a koncom posledného vozidla).
- Prvé vozidlo zastaví. Urči dĺžku D_b kolóny, keď sa zastaví aj posledné vozidlo.
- Prvé vozidlo sa znova dá do pohybu. Urči dĺžku D_c kolóny po tom, čo už všetky vozidlá dosiahnu rýchlosť pohybu v_0 .

Jednu minútu po rozbehnutí celej kolóny sú šoféri vozidiel vyzvaní, aby sa vozidlá zomkli na predpisové rozostupy za dobu $t_d = 2,00$ min.

- Všetky vozidlá (okrem prvého) takmer okamžite zrýchlia na takú rýchlosť rovnomerného pohybu, aby sa za dobu t_d priblížili k predchádzajúcemu vozidlu na predpisovú vzdialenosť d . (Čas prechodu na vyššiu rýchlosť neuvažuj). Akou rovnomernou rýchlosťou v_N sa musí pohybovať posledné vozidlo, aby splnilo výzvu presne za čas t_d ?
- Zostroj spoločný graf prejdenej dráhy s prvého a posledného vozidla kolóny ako funkciu času t od začiatku rozbiehania stojacej kolóny podľa časti c), až do dosiahnutia predpisových rozostupov podľa časti d). Graf zostroj tak, aby sa z neho dala priamo odčítať aj dĺžka konvoja pre každý okamih. Znázorni a označ v grafe rozhodujúce udalosti.

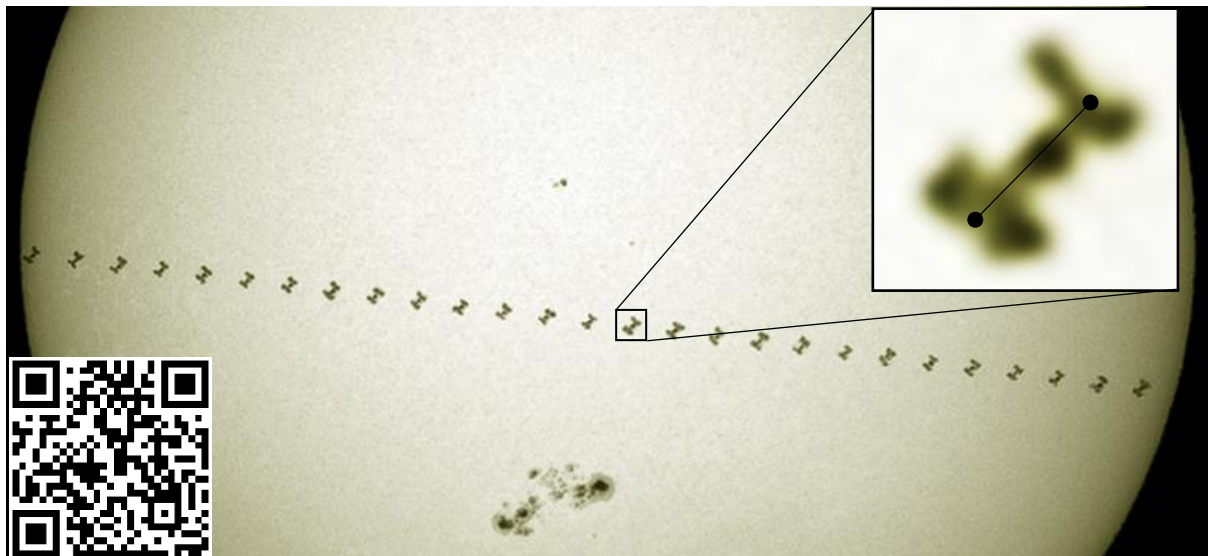
Poznámka: Odporúčame graf zostrojiť v jednotkách: dráha v km, čas v min.

2) ISS a Slnko

Od roku 1998 lieta okolo Zeme Medzinárodná vesmírna stanica (ISS), obr. F–1, a od roku 2000 s ľudskou posádkou, ktorá sa mení každého pol roka. ISS obieha okolo Zeme približne vo výške $h = 420$ km a okolo Zeme obehne približne za $T = 92,7$ minúty. Stanicu možno pozorovať v noci ako svetlý bod, pohybujúci sa po nočnej oblohe, žiariaci odrazeným slnečným svetlom. Výnimočne ju možno pozorovať aj cez deň, keď prechádza priamo medzi pozorovateľom na Zemi a Slnkom. Jeden taký prechod je zachytený kamerou a znázornený na obr. F–2. Vznikol zlúčením expozícií nasledujúcich za sebou s časovým odstupom $\Delta t = 40$ ms. Na svetlom pozadí Slnka vidíme jednotlivé polohy ISS. V obrázku je aj 10× zväčšený výrez obsahujúci stanicu. Skutočná dĺžka stanice $H = 109$ m (vyznačená dvojicou bodov a úsečkou na zväčšenine), ale stanica môže byť natočená šikmo vzhľadom na spojnicu Zem-Slnko, jej pozorovaná zdanlivá dĺžka je menšia. Ak porovnáme fotografiu na obr. F–1, a zväčšeninu na obr. F–2 vidíme, že tento sklon nemôže byť dramatický a rozdiel zanedbáme.



Obr. F–1 Medzinárodná vesmírna stanica ISS



Obr. F–2: Prechod ISS medzi Zemou a Slnkom. Q-kód je prepojenie na obrázok ISS:
<https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/iss056e201248.jpg>

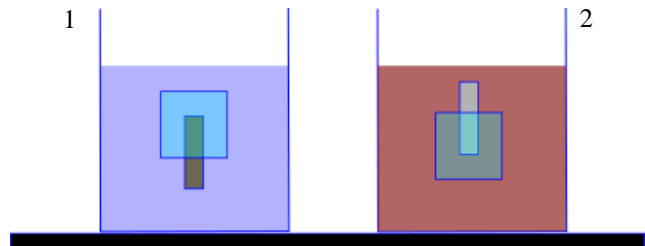
- Urči výpočtom vzdialenosť l , z ktorej by si sa musel pozerat' na obrázok F–2, aby Slnko na obrázku bolo rovnako veľké, akoby si sa pozeral na skutočné Slnko priamo (v žiadnom prípade ale neskúšaj pozerat' do Slnka nechráneným voľným okom).
- Odhadni vzdialenosť d ISS od fotoaparátu v okamihu fotografovania. Porovnaj zistenú vzdialenosť d s výškou h , v ktorej ISS letí nad povrchom Zeme, a rozdiel vysvetli pomocou obrázka s vyznačenou polohou Slnka, Zeme, ISS a kamery.
- Odhadni zo získaných výsledkov rýchlosť v pohybu ISS po jej orbitálnej trajektórii.
- Uved', aký objekt (jav) na Slnku ešte zachytáva fotografia F–2 a stručne ho opíš.

Vzdialenosť Zeme od Slnka $L = 150$ miliónov km, priemer Slnka $D = 1,39$ miliónov km.

3) Neznáma kvapalina

Na stole sú dva rovnaké poháre 1 a 2. V pohári 1 je voda, v pohári 2 je neznáma kvapalina. V kvapalinách sa vznášajú telieska s rovnakým objemom a tvarom, tvorené rovnakými kockami ľadu, do ktorých sú dvoma tretinami dĺžky zamrznuté valčeky rovnakého tvaru, ale z rôznych materiálov.

V oboch prípadoch sa telieska vznášajú v kvapalinách v stabilnej polohe, ako ukazuje obr. F-3. Stabilnou orientáciou rozumieme to, že ak kocku mierne nakloníme z danej polohy, vráti sa do pôvodnej orientácie, akú ukazuje príslušný obrázok.



Obr. F-3

- a) V ktorom pohári je kvapalina s väčšou hustotou, aká je hustota valčekov v porovnaní s hustotou vody? Svoju odpoveď zdôvodni.

Kocky ľadu sa začnú roztápať, ale valčeky zatiaľ zostávajú zamrznuté v zvyšnom ľade. Voda z roztopeného ľadu sa v nádobe 2 od kocky oddelí, ale v kvapaline sa nerozpúšťa. V neznámej kvapaline sa vytvárajú izolované kvapky vody.

- b) Čo sa udeje s telieskami v pohároch 1 a 2? Budú sa naďalej vznášať, vyplávajú na voľnú hladinu, alebo klesnú na dno pohára? Svoju odpoveď zdôvodni.
- c) Čo sa udeje s kvapkami vody, ktoré vzniknú roztápaním sa ľadu v pohári 2? Budú sa v kvapaline vznášať, vyplávajú na voľnú hladinu, alebo klesnú na dno pohára? Svoju odpoveď zdôvodni.
- d) Urob si jednoduchý pokus. Do pohára nalej vodu, kvapkaj do nej stolný olej. Potom pokus opakuj s tým, že na začiatku pohár naplníš olejom, a do nej budeš kvapkať vodu. Potom opäť naplň pohár iba do polovice olejom, objem pohára doplň vodou a nechaj ho chvíľu stáť. Napíš, čo pozoruješ v jednotlivých prípadoch a uveď, ktorá z kvapalín má menšiu hustotu.

4) Napúšťanie vody

Zmrzlinár napúšťa do veľkej tepelne izolovanej nádoby z jedného kohútika teplú, z druhého studenú vodu. Z prvého kohútika tečie voda s teplotou $t_1 = 60,0\text{ }^\circ\text{C}$ a prietokom $O_1 = 2,0$ litre za minútu. Z druhého kohútika tečie voda s teplotou $t_2 = 11,0\text{ }^\circ\text{C}$ a prietokom $O_2 = 3,0$ litre za minútu. Teplú vodu napúšťa po dobu $T_1 = 4,0$ min, zatiaľ čo studenú vodu napúšťa po dobu $T_2 = 2,0$ min.

- a) Urči výslednú ustálenú teplotu vody v nádobe.
- b) Akú hmotnosť, a ako dlho musí zmrzlinár dopúšťať do nádoby teplú vodu, aby sa výsledná teplota vody v nádobe zvýšila o $\Delta t = 11,0\text{ }^\circ\text{C}$?
- c) Na akej teplote by sa ustálila premiešaná teplá a studená voda, pokiaľ by sa napúšťala do nádoby bez prerušenia z oboch kohútikov s uvedenými prietokmi (nadbytočná voda s vyrovnanou ustálenou teplotou by odtiekla do odtoku)?

Hustota vody $\rho = 1,0\text{ kg/L}$, merná tepelná kapacita vody $c = 4,2\text{ kJ/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$. Zmrzlinár napúšťa vodu z kohútikov vždy vyššie opísaným objemovým prietokom (O_1, O_2).

5) Nebo plné satelitov

UNOOSA (United Nations Office for Outer Space Affairs – Úrad OSN pre vesmírne záležitosti) eviduje celkom 7 389 umelých satelitov nad povrchom Zeme, z ktorých 4 852 je aktívnych. Satelity lietajú v rôznych výškach. Uvažujme, že každý satelit lieta po kružnicovej trajektórii, ktorej stred je stredom Zeme. V tabuľke F-1 sme uviedli počty aktívnych satelitov v danej výške nad povrchom Zeme.

- Aký veľký objem (v jednotkách km^3) pripadá na jeden aktívny satelit vo vrstve. V ktorej výške sú aktívne satelity „najhustejšie“?
- Navrhni nejakú fyzikálne prijateľnú metódu k odhadu priemernej vzdialenosti l medzi susednými aktívnymi satelitmi vo vyššie určenej vrstve.
- V ktorej vrstve budú všetky satelity najhustejšie (spolu aktívne a neaktívne), a aká bude priemerná vzdialenosť l_{na} medzi susednými satelitmi v tejto vrstve (pomer neaktívnych k aktívnym satelitom je číslo rovnaké pre každú vrstvu)?

Objem V gule s polomerom R je $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, kde $\pi \approx 3,1415$ je tzv. Ludolfovo číslo. Kocka, ktorej strana má dĺžku a , má objem $V = a^3$ a $a = \sqrt[3]{V}$. Zoznám sa s funkciou $\sqrt[3]{x}$ kalkulátoru.

Časti a), b) a c) vypočítaj do vzdialenosti 40 000 km nad povrchom. Výsledky a) a c) doplň do ďalších dvoch stĺpcov v tabuľke.

Porado vé číslo vrstvy	Výška nad povrchom (v km)	Počet aktívnych satelitov
1	150-200	5
2	200-300	189
3	300-400	191
4	400-500	579
5	500-600	2 156
6	600-700	281
7	700-800	94
8	800-900	50
9	900-1000	15
10	1 000-10 000	592
11	10 000-20 000	38
12	20 000-30 000	91
13	30 000-40 000	569
14	40000 a viac	2
	spolu	4 852

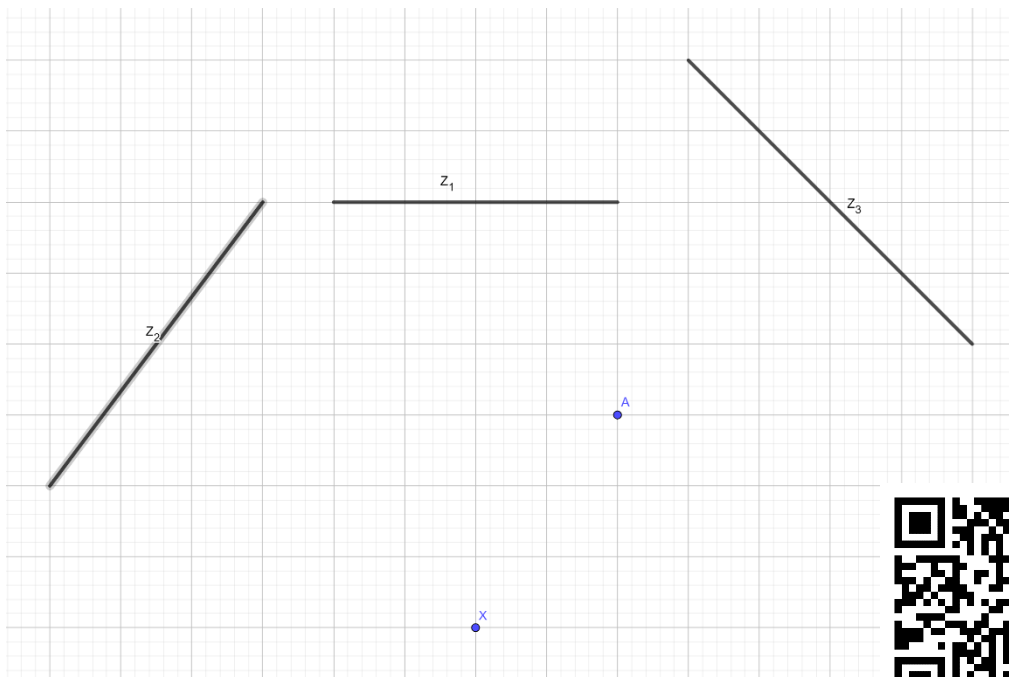
Tab. F-1

6) Zrkadlá

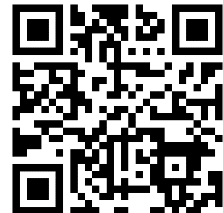
Na obr. F-4 stojí Adam v bode A. Má pred sebou tri rovinné zrkadlá (Z_1, Z_2, Z_3) a vidí v nich neznámu osobu, ktorá stojí v bode X.

- Prekresli obrázok vo vhodnej mierke na papier a zostroj obrazy X_1, X_2, X_3 neznámej osoby X v zrkadlách Z_1, Z_2, Z_3 . Popíš konštrukciu a vo všetkých prípadoch zostroj lúče, vychádzajúci z bodu X a odrážajúci sa od jednotlivých zrkadiel do bodu A.
- V ktorom zrkadle vidí Adam obraz neznámej osoby v bode X ako najmenší, a v ktorom ako najväčší? Fyzikálne zdôvodni.

Poznámka: Ku konštrukcii odporúčame použiť, napr. program Geogebra (<https://www.geogebra.org/geometry>), samozrejme, lúče je možné zostrojiť aj ručne, rysovacími pomôckami.



Obr. F-4



7) Zostroj kalibrovaný teplomer – experimentálna úloha

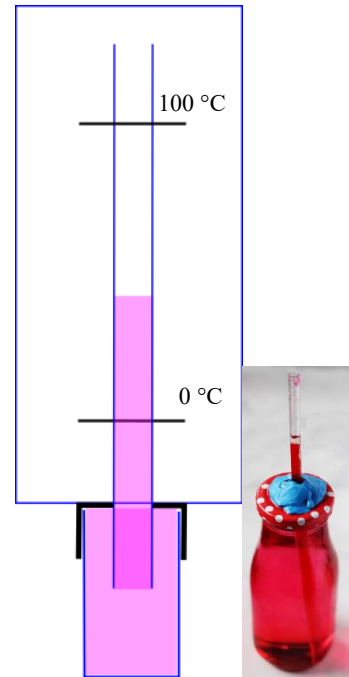
Ak sa zmení teplota kvapaliny, zmení sa aj jej objem. Najčastejšie sa pri zvýšení teploty objem kvapaliny zvýši. Relatívna zmena objemu kvapalín je výrazne vyššia, ako relatívna zmena objemu pevných telies. Táto vlastnosť sa využíva pri konštrukcii teplomerov.

Kvapalina (napr. olivový olej) má objem $V_0 = 10,00$ ml, a pri zvýšení teploty o $\Delta t = 5,0$ °C sa jej objem zvýši o $\Delta V = 0,035$ ml. Táto zmena sa vyjadruje vzťahom

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta t,$$

kde veličinu β nazývame *koeficient objemovej rozťažnosti*. Každá kvapalina má iný koeficient objemovej rozťažnosti, a jej hodnotu môžeme nájsť vo fyzikálnych tabuľkách.

Sklenená nádoba, v ktorej olej máme, sa tiež rozťahuje, ale jej vnútorný objem, sa mení výrazne menej než objem kvapaliny v nej. Aby sa veľmi malá zmena objemu kvapaliny dobre pozorovala, použijeme tenkú trubičku, do ktorej sa kvapalina z nádoby vytláča. Pri malom vnútornom priemere trubičky spôsobí i malá zmena celkového objemu kvapaliny veľké posunutie jej hladiny v trubičke.



Obr. F–5

Úloha

Zostrojť tzv. kalibrovaný teplomer.

Pomôcky

Malá sklenená nádoba (napr. po liekoch) s objemom okolo 10 ml a uzáverom, olivový olej, tenká priehľadná trubička (vnútorný priemer 2-3 mm, dĺžka 20-25 cm – napr. tenká priehľadná slamka), tesnenie. Pevný umelohmotný štít, na ktorý sa dá písať. Dôležité je, aby nádoba mala pevné steny a pevný uzáver.

Postup

Uzáver fľaštičky prevrtaj a trubičku zasuň do otvoru v uzávere. Medzeru medzi trubičkou a uzáverom dokonale utesni, napr. plastelínou, lepidlom z horko vzdušnej pištole, alebo iným vhodným spôsobom, tak aby okolo trubičky olej nemohol z fľaštičky unikať, ani aby sa do fľaštičky nedostal vzduch. Do dolnej časti trubičky natiahni olej do polovice celej dĺžky, a takto pripravený uzáver nasad' na fľaštičku naplnenú po vrch olejom. Dbaj o to, aby vo fľaštičke nezostal vzduch. (Zmontovanie môžeš urobiť po ponorení do oleja vo väčšej nádobe.) Ak sa bude meniť objem oleja vo fľaštičke, olej sa začne vytláčať do trubičky. Očisti fľaštičku, aby ti neklžala v ruke.

K vrchnáku a k trubičke pripevni pevný štítok (umelohmotný alebo papierový), na ktorý budeš kresliť stupnicu.

Kalibrácia

Takto pripravený teplomer ponor do zmesi vody a ľadu, ktorá má pri normálnom tlaku teplotu 0 °C. Po ustálení výšky stĺpca v trubičke označíme na trubičke aj na štítku teplotu 0 °C (obr. F–5). Potom do väčšej nádoby s vodou ponor svoj teplomer až po uzáver a nádobu daj na varič. Potom vodu zohrievaj, až kým sa nezačne variť. Pozoruj, ako hladina oleja v trubičke stúpa, až sa zastaví, keď sa voda v nádobe začne variť. Na trubičke aj na štítku označ čiarkou teplotu 100 °C. Potom nechaj nádobu s vodou vychladnúť, vyber štítok a vzdialenosť medzi ryskami 0 °C a 100 °C rozdeľ pomocou pravítka najprv

na 10 dielikov (po 10 °C), a potom ešte čo najjemnejšie, ako sa bude dať. Štítok potom nasad' do pôvodnej polohy a máš pripravený vlastný kalibrovaný teplomer.

Úlohy k používaniu teplomeru

1. S použitím vlastného teplomera zmeraj teplotu studenej a teplej vody vo vodovode. Výsledky merania zaznamenaj!
2. Do pohára, do ktorého vojde aj tvoj teplomer, napusti studenú vodu z vodovodu. Zmeraj jej teplotu s teplomerom, s ktorým si tesne pred tým meral teplotu teplej vody z vodovodu. Zapiš výsledok. Vysvetli, prečo sa výsledok líši od výsledku merania z bodu 1.
3. Zmeraj vonkajšiu teplotu vzduchu okolo obeda v tieni a na slnku.
4. Sleduj a zapisuj vonkajšiu teplotu vzduchu na danom tienistom mieste behom celého týždňa vždy v rovnakom čase ráno, okolo obeda a večer. Hodnoty zapiš do prehľadnej tabuľky aj s hodnotami teploty udávanými na internete v tvojom meste a porovnaj ich.
5. Opíš výhody a nevýhody svojho teplomeru.