

# Úlohy 1. kola 65. ročníku Fyzikální olympiády ve školním roce 2023/2024

*Databáze pro kategorie E a F*

Ve všech úlohách uvažujte tíhové zrychlení  $g = 9,8 \text{ N/kg} = 9,8 \text{ m/s}^2$  a hustotu vody  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1,0 \text{ g/cm}^3$ .

## FO65EF1-1: Praha–Košice

*J. Thomas*

Z Prahy vyjíždí vlak RJ 1003 RegioJet v 7:38 h. Poslední stanicí na českém území je Třinec centrum, kam přijíždí ve 12:01 h a odjíždí ve 12:02 h, do Košic přijíždí v 16:19 h. Vzdálenost Praha–Třinec je 401 km, Praha–Košice 703 km. Z Košic vyjíždí v opačném směru RJ 1012 v 7:53 h. Do Třince přijíždí v 11:52 h a odjíždí v 11:53 h, do Prahy přijíždí v 16:08 h.



- Vypočítejte průměrné rychlosti obou vlaků na celé trati, v části trati mezi Prahou a Třincem a v části mezi Třincem a Košicemi.
- Nakreslete do jednoho grafu závislost vzdálenosti vlaků od Prahy na čase a z grafu odhadněte, kde a kdy se vlaky míjejí. Pomocí jízdního řádu na internetu se pokuste odhadnout, poblíž jakého města k setkání dojde.

## FO65EF1-2: Zajíc a rys

*J. Thomas*

Rys pozoruje zajíce a má chuť na svačinu. Když je mezi nimi vzdálenost 30 m, rys vyběhne směrem k zajíci rychlostí 63 km/h. Tuto rychlost dokáže udržet po dobu 5,0 s, pak se musí zastavit.



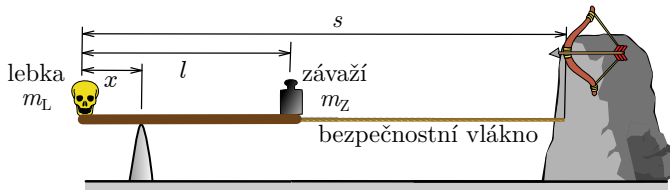
- Jakou rychlostí by musel zajíc začít utíkat, aby ho rys během této doby nedostihl?
- Mladý zajíc umí utíkat rychlostí 10 m/s. Po jaké době rys zajíce dostihne a jakou vzdálenost přitom musí uběhnout? Odpověď můžete najít početně nebo graficky.

## FO65EF1-3: Indiana Jones a zlatá lebka

*J. Thomas*

Indiana Jones objevil podzemní jeskyni, kde se nalézala zlatá lebka, kterou chtěl odnést s sebou. Lebka ale byla pojištěna proti krádeži zařízením na obr. 1. Jde o páku dlouhou  $l = 2,0 \text{ m}$ , na jejímž levém konci je položena zlatá lebka o hmotnosti  $m_L = 7,3 \text{ kg}$  a na pravém konci je vyvážena závažím o hmotnosti  $m_Z = 2,7 \text{ kg}$ . Páka je podepřena ve vzdálenosti  $x$  od levého konce a její hmotnost je zanedbatelná. Pravý konec je tenkým vláknem spojen s ochranným zařízením. Při přetržení nití jednak vystřelí samostříl vzdálený  $s = 5,0 \text{ m}$  od lebky na vetřelce otrávený šíp rychlostí  $v = 72 \text{ km/h}$ , jednak se otevrou 4 roury, kterými začne do jeskyně přitékat voda. Průřez každé roury je  $S = 2,5 \text{ dm}^2$  a voda v nich proudí rychlostí  $v_v = 3,0 \text{ m/s}$ .

- Indiana Jones má kožený váček o hmotnosti  $m_v = 470 \text{ g}$ , do kterého se vejde  $V_p = 5,9$  litru písku, který má hustotu  $\rho = 1,22 \text{ g/cm}^3$ . Bude to stačit k tomu, aby nahradil lebku na levé straně páky bez porušení rovnováhy?



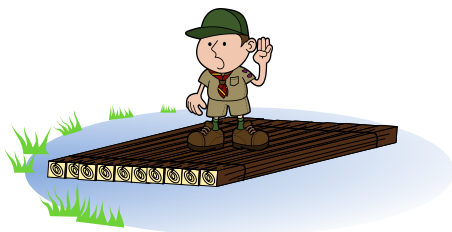
Obr. 1: K úloze FO65EF1-3

- V jaké vzdálenosti  $x$  je páka podepřena?
- Kolik milisekund času by měl Indiana Jones na to, aby uhnul otrávenému šípu, pokud by se vlákno přetrhlo?
- Pokud se uhne otrávenému šípu, kolik času má na opuštění jeskyně, než se celá zaplní vodou? Celý prostor jeskyně má objem  $V_j = 35 \text{ m}^3$ .

#### FO65EF1-4: Na skautském táboře

*J. Thomas*

Na skautském táboře na břehu jezera se skauti rozhodli postavit si vor. K dispozici měli dřevěné trámy o čtvercovém průřezu se stranou  $a = 20 \text{ cm}$  a o délce  $l = 2,0 \text{ m}$  ze dřeva o hustotě  $\rho_d = 670 \text{ kg/m}^3$ . Skautům se podařilo spojit  $n = 10$  trámů vedle sebe.



- Jaký byl objem  $V$  a jaká byla hmotnost  $m$  postaveného voru?
- Do jaké hloubky  $h$  se potopil vor při jeho spuštění na vodu?
- Průměrná hmotnost jednoho skauta je  $m_1 = 50 \text{ kg}$ . Kolik skautů uveze vor, aniž by se potopil?

#### FO65EF1-5: Vodní elektrárna

*I. Volf*

Na řece Colorado byla postavena přehrada Glen Canyon Dam, nad kterou se vytvořilo velké přehradní jezero Lake Powell o délce 299 km. V hydroelektrárně s výškou hráze 710 ft (stop) bylo instalováno 8 turbogenerátorů poháněných Francisovými turbínami, každý o výkonu 165 MW. V letech 1980–2013 se průměrná roční výroba elektrické energie pohybovala kolem 4 717 000 000 kWh. Voda je z přehrady ke generátorům přiváděna dvěma tunely s celkovým maximálním průtokem  $200\,000 \text{ ft}^3$  vody za sekundu.



- I když je v místě elektrárny zvyk udávat délkové rozměry ve stopách, uveďte výšku hráze i průtok v mezinárodní soustavě jednotek SI. Údaje k převodu jednotek najdete v tabulkách nebo na internetu.
- Jaký je celkový instalovaný výkon v této hydroelektrárně?
- Jaký je součinitel využití elektrárny (poměr počtu hodin, kdy elektrárna pracuje, k celkovému počtu hodin v roce)? Proč nepracuje elektrárna plynule po celý rok?

- d) V důsledku klimatických změn a snížení stavu vody v povodí řeky v posledních letech poklesla využitelná kapacita elektrárny na 59 % původního výkonu. S jakým využitelným výkonem lze tak nyní počítat?
- e) Jaký je hydrostatický tlak u dna hráze?

### FO65EF1-6: Stavební panely

*I. Volf*

Stavební jeřáb rovnoměrným pohybem zvedá na stavbě obytného domu stropní panely o hmotnosti 2 400 kg z povrchu země do osmého poschodí ve výšce 27,60 m.



- a) Jakou práci musí jeřáb vykonat při zvednutí jednoho panelu?
- b) Jestliže zvedání trvá 72 s, jaký užitečný výkon musí jeřáb podat?
- c) Jestliže mechanická účinnost jeřábu je 60 %, jaký musí být příkon jeřábu, tj. výkon elektromotoru, který zajišťuje zvedání těles?
- d) Rozměry jednoho panelu jsou 300 cm × 240 cm × 14 cm. Jakou práci vykoná jeřáb při zvednutí všech stropních panelů, má-li půdorys domu rozměry 15 m × 24 m?
- e) Jakou práci v kWh vykoná při zvednutí všech panelů elektromotor jeřábu?

### FO65EF1-7: Big Ben

*I. Volf, L. Richterek*

V britské metropoli je známá věž westminsterského paláce se zvonek Big Ben (na památku diamantového výročí panování anglické královny byla v roce 2012 přejmenována na Elizabeth Tower), na které jsou čtyři ciferníky věžních hodin. Minutová ručička ciferníků má délku 14 ft (stop), hodinová má délku 9,0 ft. Celá věž je vysoká 316 ft.



- a) Jak velkou rychlostí se pohybují koncové body minutové a hodinové ručičky těchto věžních hodin? Údaje k převodu jednotek najdete v tabulkách nebo na internetu.
- b) Martina byla se školou na zájezdu v Londýně a věž s hodinami vyfotila tak, že na snímek o velikosti 10 cm × 15 cm se právě vešla celá věž podél delší strany fotografie. Jak dlouhé v mm jsou ručičky hodin na této fotografii? Předpokládejte, že fotografovala ve směru kolmém na jednu stěnu věže.
- c) V pravé poledne ukazují obě ručičky hodin směrem vzhůru. Za jak dlouho budou opět ukazovat obě stejným směrem?

### FO65EF1-8: Cyklista jede z kopce

*I. Volf*

Cyklista jede z kopce o sklonu  $p = 0,12$  (tj. poté, co urazí 100 m, klesne jeho těžiště o 12 m). Kopec si pro zjednodušení modelujeme nakloněnou rovinou, hmotnost cyklisty i s kolem je  $m = 75$  kg.



- a) Pokud při pohybu nebudeme uvažovat žádné odporové síly, načrtněte cyklistu jako těleso na nakloněné rovině a určete, jaké síly na toto těleso působí.

- b) Jak určíme sílu  $F_p$ , která působí na cyklistu směrem z kopce dolů?
- c) Ve skutečnosti na cyklistu působí za jízdy ještě odporová síla  $F_o = kv^2$ , kde  $v$  je okamžitá rychlost cyklisty. Součinitel  $k$  závisí na tvaru tělesa, obsahu kolmého průřezu a hustotě vzduchu, číselně uvažujme  $k = 0,30$ , volíme-li jednotky veličin v SI, tj. sílu v newtonech a rychlost pohybu cyklisty v m/s. Potom musíme počítat s výslednou silou směrem z kopce dolů  $F = F_p - F_o$ . Jak velká síla působí na cyklistu směrem dolů z kopce při rychlosti  $v_1 = 5,0$  m/s a při rychlosti  $v_2 = 15$  m/s?
- d) Určete největší rychlost, které kvůli odporu vzduchu může cyklista dosáhnout při dlouhém sjezdu z kopce.

### FO65EF1-9: Voda z ledovce

*L. Konrád (FO SR)*

Jeden ze zvažovaných projektů na zabezpečení pitné vody navrhuje získávat vodu z polárních ledovců. Předpokládá se přitážením velkého bloku ledu k pobřeží, kde led působením sluneční energie postupně roztaje a voda se potrubím rozvede do míst spotřeby. Uvažujte blok ledu tvaru hranolu o rozměrech  $100 \text{ m} \times 250 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ .



- a) Určete hmotnost  $m$  ledového bloku.
- b) Určete objem  $V_0$  části bloku vyčnívající nad hladinu vody v moři v čase, kdy z bloku odtálo zanedbatelné množství ledu.
- c) Určete objem  $V$  vody, která vznikne, když celý blok ledu roztaje.
- d) K roztátí ledovce by se využila energie slunečního záření. Na plochu  $S_1 = 1,0 \text{ m}^2$  kolmou na směr slunečních paprsků dopadá každou sekundu záření s energií  $E_1 = 1,37 \text{ kJ}$  (tzv. solární konstanta). Jaká energie záření  $E$  dopadne za jednu sekundu na horní plochu ledového bloku o rozměrech  $100 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ , pokud budeme předpokládat kolmý dopad paprsků?
- e) Jaký objem  $V_1$  by se získal každou sekundu při tání ledového bloku, jestliže by se reálně využilo pouze 30 % energie slunečního záření dopadajícího kolmo na jeho horní plochu?
- f) Jaké by byly možné problémy při realizaci takového projektu?

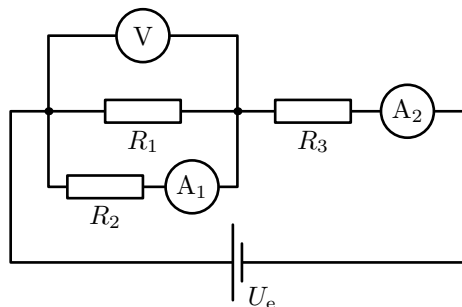
Hustota ledu  $\rho_L = 910 \text{ kg/m}^3$ , hustota sladké vody  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , hustota mořské vody  $\rho_M = 1025 \text{ kg/m}^3$ , měrné skupenské teplo tání ledu  $l_L = 334 \text{ kJ/kg}$ .

### FO65EF1-10 Výkon v obvodu

*J. Thomas*

V elektrickém obvodu podle obr. 2 je odpor  $R_1$  stejný jako odpor  $R_3$ . Ampérmetry ukazují proud  $I_1 = 0,2 \text{ A}$  a  $I_2 = 1,2 \text{ A}$ , voltmetr ukazuje napětí  $U = 12 \text{ V}$ . Zdroj napětí i měřicí přístroje můžeme považovat za ideální. Určete:

- a) proud procházející odporem  $R_1$ ,
- b) velikost odporu  $R_1$ ,
- c) napětí  $U_e$  zdroje,
- d) výkony  $P_1$ ,  $P_2$  a  $P_3$  spotřebičů s odpory  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$ .



Obr. 2: K úloze FO65EF1-10

### FO65EF1-11 (experimentální úloha): Sekundové kyvadlo

Dnes definujeme jednotku délky metr v soustavě SI pomocí času a rychlosti světla. V roce 1671 francouzský mnich a astronom Jean Picard navrhl definovat základní jednotku délky také pomocí času jako délku tzv. sekundového kyvadla. Sekundovému kyvadlu trvá polovina kmitu z jedné krajní polohy do druhé přesně jednu sekundu (celý kmit, tj. tam a zpět do původní polohy, pak trvá 2,0 s). Kyvadlo sestavíme z tenké niti pevně uchycené na jednom konci a malého závaží upevněného na druhém konci nitě.

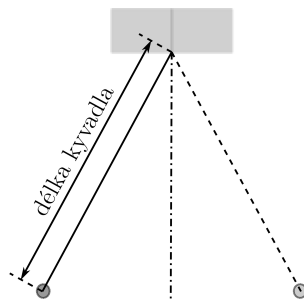
*Úkol:* Sestavte sekundové kyvadlo a zjistěte, o kolik se jeho délka liší od 1,00 m; popište podrobně postup, jak jste co nejpřesněji určili délku kyvadla.

*Pomůcky:* Tenká, ohebná, ale pevná nit délky alespoň 1,5 m, malé těleso (kovová kulička s dírkou nebo závěsem, větší matička nebo jiný poměrně těžký, ale rozměry malý předmět), stopky nebo aplikace stopek na mobilním telefonu, délkové měřidlo (např. svinovací metr, ale pouze na závěrečnou kontrolu, během experimentu se nesmí používat).

*Postup:* Na jeden konec niti upevníme tělísko (např. matičku), druhý konec pevně uchytíme (na stojan, hřebík apod.), ale *neodstřihujeme*, abychom mohli měnit délku mezi bodem závěsu a tělískem.

Tělísko visící na konci nitě vychýlíme do krajní polohy a pustíme, aby volně kývalo. Změříme dobu, za kterou kyvadlo vykoná jednu polovinu kmitu z jedné krajní polohy do druhé. Aby měření bylo přesnější, necháme kyvadlo udělat 10 polovin kmitu

#### A. Teleki (FO SR)



1. krajní poloha; 2. krajní poloha

(tj. 5 celých kmitů), změříme tuto dobu a dělením určíme trvání poloviny kmitu. Měření zaznamenáme přehledně do tabulky.

Délku nitě (našeho kyvadla) měníme tak, abychom dosáhli toho, že polovina kmitu bude co nejlíže k 1,00 s. Výslednou délku nitě pak přeměříme délkovým měřidlem a zjistíme, o kolik procent se délka našeho sekundového kyvadla liší od 1,00 m. Zamyslete se nad možnými nepřesnostmi ve svém měření.

*Poznámka:* Aby kmity kyvadla trvaly vždy stejnou dobu, měly by být malé, tj. maximální výchylka nitě od svislé rovnovážné polohy by v krajní poloze neměla výrazně přesáhnout 15°.

## FO65EF1-12 (experimentální úloha):

### Odpor elektrolytu

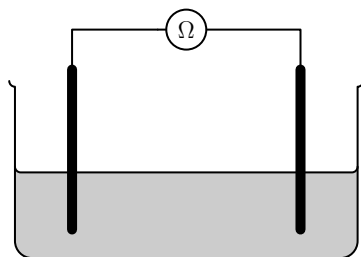
*L. Richterek*

*Cíl:* Ověřte závislost odporu na délce vodiče a průřezu vodiče (ponořené části elektrody).

*Pomůcky:* Nádoba (např. podélný kelímek od rostlinných tuků typu RAMA), kuchyňská sůl, voda (lze vyzkoušet i různé minerální vody), 2 elektrody (lze vyrobit z alobalu), multimetr, vodiče.

*Úkoly:*

- Do nádoby nalijte vodu (něco přes polovinu výšky), připojte k elektrodám multimetr v zapojení k měření odporu a změřte elektrický odpor. Postupně přidávejte 1, 2, 3, 4 a 5 lžiček soli, vždy sůl řádně zamíchejte a změřte odpor roztoku. Jak se po přidání soli mění?
- Připravený elektrolyt nevylévejte a opět připojte k elektrodám multimetr v zapojení k měření odporu. Elektrody dejte blízko k sobě a zaznamenejte hodnotu odporu. Zvětšujte postupně vzdálenost elektrod (alespoň 5 různých vzdáleností) a měřte odpor. Ověřte jeho závislost na vzdálenosti mezi elektrodami.



Vzdálenost elektrod / cm					
Odpor / Ω					

- Jak závisí odpor obvodu na hloubce ponoření elektrod?
- Doplňující úkol:* Změřte odpor mezi konci jednoho prstu ruky, mezi koncem prstu ruky a loktem, mezi stejnými prsty na pravé a levé ruce spolužáka.

Leták pro kategorie E a F připravila komise pro výběr úloh při ÚKFO České republiky ve složení Dagmar Kaštilová, Věra Koudelková, Richard Polma, Jindřich Pulíček, Miroslav Randa a Lukáš Richterek. V ilustracích byly použity volně šiřitelné obrázky z Wikipedie a portálu [freesvg.org](http://freesvg.org), [obrazky.superia.cz](http://obrazky.superia.cz), [pixabay.com](http://pixabay.com) a [www.vecteezy.com](http://www.vecteezy.com).