

# Úlohy pro 47. ročník fyzikální olympiády, kategorie E, F

## EF 1. Sousední stanice

Dvě sousední stanice na železniční trati jsou od sebe vzdáleny přesně 4,0 km a elektrický vlak projede tuto vzdálenost za dobu 5,0 min. Vlak se pohybuje tak, že první třetinu celkové doby jízdy se rovnoměrně zrychluje, třetinu doby jede nejvyšší získanou rychlostí a třetinu doby rovnoměrně zpomaluje, až se zastaví.

- Urči průměrnou rychlost vlaku na trati mezi stanicemi.
- Načrtni graf  $v(t)$ .
- Po jaké dráze jede vlak rovnoměrně, po jaké dráze se zrychluje a po jaké zpomaluje?

## EF 2. Vlak projíždí

Kolem výpravčího stojícího na začátku nástupiště projel vlak o délce 250 m za 20 s.

- Za jak dlouho projede tento vlak podél nástupiště o délce 150 m?
- Jak dlouho míjel toto nástupiště cestující, sedící u okna ve 2. kupé třetího vagónu?
- V okamžiku, kdy konec vlaku minul konec nástupiště, zpozoroval strojvůdce „červenou“ na trati, ihned začal rovnoměrně brzdit a zastavil za dobu 50 s. Jak daleko byl strojvedoucí od výpravčího v okamžiku zastavení vlaku?

## EF 3. Zkouška motoru

Při zkoušce motoru se automechanik rozjížděl s automobilem rovnoměrně zrychleně ( $v \sim t$ ) a během 20 s dosáhl nejvyšší rychlosti. Touto rychlostí jel po dobu 40 s a urazil dráhu 1200 m, pak začal brzdit a rovnoměrně zpomaleně zastavoval po dobu 60 s.

- Načrtni graf rychlosti v závislosti na čase  $v(t)$ .
- Jakou největší rychlostí se automobil pohyboval?
- Po jaké dráze se automobil rozjížděl a po jaké dráze se zastavoval?
- Jaké průměrné rychlosti dosáhl automobil na zkušební trase?

## EF 4. Na dálnici

Po dálnici jel v automobilu neukázněný řidič stálou rychlostí 162 km/h, když náhle míjel hlídku dálniční policie, stojící u odpočívadla. Během následujících 40 s snížil rychlost na 126 km/h. Hlídka vyrazila 10 s po průjezdu řidiče a během 20 s získal její vůz rychlost 144 km/h, a touto rychlostí jel dále.

- Nakresli do téhož grafu  $v(t)$  pohyb obou automobilů.
- Dohoní hlídka silniční policie neukázněného řidiče ještě před výjezdem z dálnice ve vzdálenosti 8,0 km?

## EF 5. Osobní výtah

Klec osobního výtahu ve čtrnáctiposchodovém obytném domě má hmotnost 150 kg. Uveze tři dospělé osoby o celkové hmotnosti 250 kg. Ze sklepa až do nejvyššího podlaží urazí klec dráhu 45 m za dobu 90 s. Někdy jede výtah prázdný, jindy se třemi osobami.

- Jakou silou je napínáno lano, je-li výtah v klidu nebo pohybuje-li se rovnoměrně?
- Mění se tahová síla v laně při rozjíždění či zastavování?
- Jak se změní polohová energie klece a jakou práci vykoná elektromotor?
- Jaký je výkon elektromotoru pro zajištění provozu výtahu?
- Urči užitečnou i celkovou práci i motoru výtahu. Jaký je užitečný výkon?
- Navrhni, jakým způsobem lze zmenšit náklady na provoz výtahu.

## EF 6. Hydroelektrárna

O hydroelektrárně na řece Volha u města Volgograd víme, že má nejvyšší výkon 2540 MW, řeka má střední objemový tok 8 000 m<sup>3</sup>/s. Energie vodního toku lze využít na 60 %. Jak vysoko musí být hladina přehrady nad vstupem vody do turbín?

## EF 7. Skříňka s knihami

Skříňka s knihami má těžiště přibližně ve středu svého kolmého vodorovného řezu; hmotnost této skříňky je 240 kg. Skříňka stojí na čtyřech nožkách, každá se dotýká podlahy rovnou ploškou, obsah dotykové plošky o obsahu každé nožky 4 cm<sup>2</sup> a do podlahové krytiny se vytlačily důlky. Dana tvrdila, že by bylo lepší pod každou z nožek dát plechovou podložku o obsahu 15 cm<sup>2</sup>, Anička by nohy odstranila vůbec a po kratších stranách skříňky by dala lišty o rozměrech 40 cm x 2 cm. Tatínek Mirek potom rozhodl, že dá lišty o šířce 2 cm podél celého obvodu podstavy o rozměrech 120 cm x 40 cm. Zjistí, jak se tyto úpravy projeví postupně na tlakové síle působící na podlahu a na tlaku v místě dotyku linolea s nábytkem. Urči poměr tlaku v nové situaci a tlaku původního.

## EF 8. Tepelná elektrárna

Tepelná elektrárna má pět turbín, každou o výkonu 110 MW. Spaluje méněkvalitní uhlí o výhřevnosti 12 MJ/kg, účinnost spalování a následného využití tepla je 36 %.

- Urči denní spotřebu uhlí pro tuto elektrárnu.
- Odhadni, kolik uhlí uspoříme užitím atomové elektrárny o celkovém výkonu 2200 MW.
- Při spalování uhlí vznikají plyny, popílek a zbytky (popel). Popiš, jak tepelná elektrárna přispívá k znečištění životního prostředí a ke globálnímu oteplování. K odpovědi prostuduj vhodnou literaturu anebo užij informací z internetu.

## EF 9. Rozmarná společnost

Na odpolední slavnosti chtěli účastníci nejprve kávu. Proto maminka dala do elektrické konvice 1,2 l vody teploty 15 °C,  $c = 4200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ . Než konvice byla připojena k elektrické síti, změnili rozhodnutí a chtěli chlazený nápoj. A tak maminka přidala k vodě 150 g ledu o teplotě 0 °C,  $l_t = 330 \text{ kJ}/\text{kg}$ . Nakonec však přece jen chtěli kávu, proto maminka konvici s vodou i s ledem připojila k síti. O konvici víme, že má příkon  $P = 2000 \text{ W}$ , účinnost využití tepla 85 %.

- Jak dlouho by trvalo původní zahřátí vody na teplotu 100 °C?
- Jakou výslednou teplotu by měla voda po roztátí ledu? Roztaje všechn led?
- Jak dlouho trvalo nakonec zahřátí vody s ledem na teplotu 100 °C?

## EF 10. Ultralehké letadlo

Ultralehké letadlo Global Flyer, s nímž Steve Fosset obletěl svět za méně než 80 h, má dolet za bezvětří 33 800 km, rychlost 440 km/h. Letadlo startovalo na letišti Salina (Kansas, USA) a mělo původně plánovanou trasu míst, nad nimiž mělo proletět: Montreal, Londýn, Paříž, Řím, Káhira, Manama (SAE), Karáčí, Kalkata, Šanghaj, Tokio, Honolulu, Los Angeles a zpět letiště Salina.

- Najdi všechna místa na mapách a vyznač do jedné mapy světa. Jaké měřítko má mapa a jak se podle mapy zjišťují skutečné vzdálenosti?
- Uveď délku trasy, kterou Fosset naplánoval; jak dlouho měl být na trase?
- Odhadni, jakou dráhu a za jak dlouho by Fosset urazil při cestě kolem světa, kdyby letěl po 38. rovnoběžce, kolem níž všechna místa přibližně leží?
- Jaký vliv na let letadla má oblast, kde vane západní vítr? Vysvětli alespoň slovně.

## EF 11. Cesta z kopce do kopce

Když jede automobil do mírného kopce stálou rychlostí 54 km/h, musí mít jeho motor výkon

20 kW pro udržení rovnoměrného pohybu. Když jede z téhož kopce dolů, má motor výkon jen 10 kW při stálé rychlosti 72 km/h. Jaký výkon musí mít motor automobilu, aby udržel jízdu automobilu po rovině stálou rychlostí 63 km/h? Předpokládejme, že odporová síla proti pohybu je ve všech případech stejná.

### EF 12. Atmosférický tlak

Když horolezci stoupají do hor, mění se jimi měřený tlak vzduchu s rostoucí výškou  $h$  podle vzorce  $p = p_0 / e^{0,000125h}$ ,  $p_0 = 101,3$  kPa je tlak atmosférický v nulové nadmořské výšce.

- Tvrdí se, že ve výšce 5 500 m je atmosférický tlak poloviční než v nadmořské výšce nulové. Ověř toto tvrzení.
- Jaký je atmosférický tlak za oknem letadla Jumbo Jet, které letí ve výšce 11,0 km?
- Odhadni, jaký je atmosférický tlak na sedmitisícovce.
- Načrtni změny tlaku  $p(h)$  do grafu pro výšky od 0 m do 22 km. Ověř svůj odhad v c).

Poznámka: Hodnotu čísla  $e$  najdeš na svém kalkulátoru: na displeji ponech jedničku a zmáčkni  $e^x$ . Libovolnou hodnotu výrazu  $e^x$  zjistíš stejným postupem: na displej napíšeš číslo a zmáčkneš  $e^x$ . Na některých kalkulátorech musíš nejprve zmáčknout shift nebo  $2^{nd}$ .

Pamatuj: Kalkulátor je tvůj dobrý kamarád, ale musíš se s ním nejprve dobře seznámit.

### EF 13. Drátěný čtverec

Martina a Vlastík sestrojili na zahradě kolem záhonů drátěný čtverec ABCD s jednou úhlopříčkou AC tak, že do země do rohů zatloukli čtyři dřevěné tyčky o výšce 30 cm. Pak kolem tyček natáhli neizolovaný drát o průměru 0,4 mm. Délka strany čtverce byla 6,0 m, délka úhlopříčky AC byla 8,5 m. Drát, který použili, měl měrnou rezistivitu  $0,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ , tedy drát o délce 1,0 m a průřezu  $1,0 \text{ mm}^2$  má odpor 0,50  $\Omega$ . Potom se rozhodli připojit vzniklou soustavu odporů ke zdroji o napětí 12,0 V a vytvořili tak zařízení podobné elektrickému ohradníku.

- Jaký elektrický odpor má každá se stran čtverce? Jaký elektrický odpor má úhlopříčka AC? Výsledek zaokrouhli na desetiny ohmu.
- Jaký odpor má drátěný ohradník ABCD s jednou úhlopříčkou AC, připojí-li se zdroj k bodům AB, AC, AD? Jaký proud by procházel přívodními měděnými vodiči, jejichž odpor nebudeme uvažovat?
- Jaký odpor má soustava drátů, jestliže elektrický zdroj připojili k bodům B, D? Pro řešení úloh si nakresli odpovídající elektrické schéma.

### EF 14. Valení

Válec o poloměru  $r = 2,5$  cm se valí po vodorovné rovině. Budeme sledovat při pohybu bod X na obvodu válce od okamžiku, kdy projde nejnižší polohou na své trajektorii. Válec si znázorníme kruhem o poloměru  $r$ . Rovinu bude představovat přímka na dlouhém papíru, který získáme slepením dvou listů papíru A4 podél kratší strany. Na obvodu kruhu vystříháme malý otvor pro umístění špičky tužky. Modelujeme valení válce po rovině opatrným odvalováním kruhu po přímce a zaznamenáváme co nejčastěji polohu bodu X na podložním papíru. Na papír se vejdou asi třiapůl otočky kruhu. Poté vzniklé body spojíme plynulou křivkou, která se jmenuje cykloida (kotála).

Na list papíru A3, který získáme ze dvou papírů formátu A4 slepením podél delší strany, znázorníme kružnici o poloměru  $R = 3 r = 7,5$  cm a sestrojíme křivku, která vznikne při sledování bodu X vyznačeného na obvodu původního kruhu o poloměru  $r$  při odvalování kruhu *vně* a potom *uvnitř* nakreslené kružnice. Modelujeme tak valení menšího válce po válci o větším poloměru. Vzniklé body spojíme opět plynulou čarou.

Na druhou stranu papíru se pokusíme sestroit stejným postupem trajektorie bodu X při pohybu původní kružnice po kružnici o poloměru  $R = 2 r = 5,0$  cm i pro  $R = r = 2,5$  cm. Jak by dopadl pokus při volbě  $R = 4,0$  cm?

Upozornění: Konstrukce musíš provádět co nejpřesněji; je-li poloměr kružnice celistvým násobkem poloměru původního kruhu, co musí platit o jejich obvodech?

### EF 15. Jak pružný je míček?

V této úloze budeme potřebovat dostatečně elastický míček (tenisák, plnopryžový míček, tzv. *hopík*, míček pro stolní tenis), délkové měřítko (skládací nebo svinovací metr nebo alespoň dřevěnou tyčku o délce 150 cm s vyznačenými značkami po 5 cm). Míček umístíme do výšky  $h_0$  (sledujeme jeho dolní okraj) nad vodorovnou podložku (betonová podlaha, dlaždice, parkety aj.), uvolníme a budeme sledovat největší výšku  $h$ , do které po odrazu vystoupí.

- Provedeme několik pokusů s různými míčky a stejnou podložkou či se stejným míčkem, ale s různými podložkami a zapíšeme naměřené údaje do vhodné tabulky. Opakujeme vždy alespoň desetkrát pro různé počáteční výšky  $h_0$ .
- Porovnáme získané výsledky použitím veličiny  $k = h / h_0$ .
- Polohová energie míčku vzhledem k podložce je  $E_p = m g h$ , pohybovou energii určíme  $E_k = 1/2 m v^2$ . Určíme vztah pro výpočet rychlosti dopadu míčku, popř. rychlosti odrazu míčku od podložky, využijeme-li platnosti zákona zachování mechanické energie. Jak lze vysvětlit, že počáteční a koncová výška míčku po odrazu od podložky se výrazně liší?
- Ve všech případech naměřených počátečních a koncových výšek polohy míčku určíme rychlost  $v_0$  dopadu a rychlost  $v$  odrazu míčku i jejich podíl  $k^* = v / v_0$ . Lze odhadnout, jak spolu souvisejí veličiny  $k$  a  $k^*$ ?
- Odhadněme, jak se mění výška poté, co míček koná po sobě následující odrazy. Výsledek úvahy zakresli do vhodného grafu.

### EF 16 Určujeme ohniskovou vzdálenost spojně čočky

Budeme potřebovat lupu nebo spojnou čočku (asi 4 až 5 dioptrií), délkové měřidlo a bílý papír, který bude sloužit jako stínítko pro zobrazování.

- Papír umístíme tak, aby byl kolmý na spojnici daného místa a vzdáleného zdroje světla (Slunce, žárovka, místní osvětlení). Zobrazíme tento zdroj světla pomocí lupy nebo čočky na stínítko. Odhadneme ohniskovou vzdálenost čočky a její optickou mohutnost. Použijeme-li jako světelný zdroj Slunce, nesmíme je zobrazovat dlouhou dobu. Jaké mohou být důsledky? **Nikdy se nedívej přes čočku na Slunce!**
- Jako zdroj můžeme použít svíčku (kalíšek) a budeme zobrazovat plamen svíčky na svislém stínítku. Zjistíme vzdálenost  $a$  předmětu, vzdálenost  $b$  obrazu od čočky. Jak potom určíme ohniskovou vzdálenost užití čočky? Vzdálenosti svíčky od čočky postupně měníme, abychom získali hodnověrnější údaje. **Při pokusu bud' opatrný!**
- Jestliže vzdálenost čočky a stínítka bude stálá a dostatečně velká, potom můžeme umístit čočku do dvou různých poloh, v nichž se nám podaří získat ostrý obraz plamene. Nakreslíme k tomu obrázek a danou skutečnost vysvětlíme. Jak nyní lze určit ohniskovou vzdálenost čočky?

Při řešení experimentálních úloh nezapomeňte, že veličiny měříme s určitou nepřesností, že při měření téže veličiny tedy získáme vždy několik navzájem různých hodnot, z nichž je třeba stanovit aritmetický průměr a vypočítat (nebo alespoň hodnověrně odhadnout) neurčitost získaného výsledku. Výsledkem měření je potom nejen získaná průměrná hodnota, ale také meze, v nichž lze s největší pravděpodobností očekávat správnou hodnotu měření.