

# Úlohy pro 48. ročník fyzikální olympiády, kategorie E, F

Úlohy, které máš řešit jako soutěžní, stanoví tvůj učitel fyziky; to však neznamená, že nemůžeš vyřešit všechny předložené úlohy, ty další se ti nepočítají jako soutěžní. Při řešení některých úloh je vhodné použít počítače; požádej proto svého učitele informatiky na vaší škole, zda můžeš tyto úlohy zpracovat v počítačové učebně.

## EF1: Elektrický vlak

Délka elektrické vozové soupravy je 150 m. Souprava stojí na prvním nástupišti tak, že lokomotiva přední částí je právě na úrovni začátku střechy nástupiště. Vlak se rozjíždí z klidu, po době 20 s dosáhne rychlosti 54 km/h, pak se zrychlování změní a na konci 30. s má již rychlost 90 km/h a jede stálou rychlostí dalších 90 s. Pak začne rovnoměrně brzdit a během 60 s zastaví v následující stanici.

- Nakresli graf změn rychlosti v závislosti na čase.
- Z grafu zjistí, jak daleko je lokomotiva od původního místa v okamžiku, kdy se změnilo tempo zrychlování vlaku.
- Jakou dráhu ujel vlak, než zastavil v následující stanici?
- Jakou průměrnou rychlostí jel vlak po celou trasu?

## EF2: Stavba hotelu

Přímo proti oknům hotelu Meritus Mandarin v Singapuru, v němž byli ubytováni vedoucí delegací na 38. mezinárodní fyzikální olympiádě, pracovali stavební dělníci ve 25. poschodí. V přízemí nově stavěné budovy jsou plánovány obchody, a proto je výška přízemí 6,0 m, na každé další poschodí připadá 3,5 m. Dělníci se dostávají na vrchol stavby vnějším výtahem na boku budovy.

- Jako vysoko jsou stavební dělníci nad okolním terénem?
- Kdyby neopatrnému dělníkovi vypadl z kapsy šroubovák, jakou rychlostí by dopadl na zem?
- Jakou rychlostí se musí pohybovat výtah, když stihne trasu urazit za 2,5 min?
- Dokázal by hráč golfu odpálit míček na vrchol stavby, popř. až do plánovaného 35. poschodí? Nejlepší hráči golfu dokážou odpálit míček rychlostí až 65 m/s.
- Zjistí, zda z vrcholu výškové budovy, která bude mít 35 poschodí, bude možno obhlédnout celý ostrovní stát Singapur, jehož plošný obsah je 640 km<sup>2</sup>. Modeluj ostrov kruhovým nebo eliptickým tvarem a pracuj s atlasem nebo mapou na počítači.

K řešení můžeš použít skutečnosti, že polohovou energii tělesa lze určit ze vztahu  $E = m g h$ , pohybovou ze vztahu  $E = \frac{1}{2} m v^2$ .

## EF3: Pravidelný let BA 011

Při pravidelném letu BA 011 z Londýna do Singapuru vylétá letadlo britských aerolinií z letiště Londýn–Heathrow ve 21 h 25 min a přistává v Singapuru–Changi následující den v 17 h 15 min. Při startu oznámila informační TV předpokládanou vzdálenost až do přistání 6768 mil (anglických). Trasa podle mapky vedla v okolí následujících míst: Londýn, Berlín, Kyjev, Islamabad, Dillí, Kalkata, Kuala Lumpur, Singapur–Changi. Na zpáteční cestu vyráží letadlo ve 23 h 59 min a v Londýně přistává v 6 h 45 min. Zpáteční cesta vede přes Kuala Lumpur, Indický poloostrov, Dubaj, Damašek, Ankaru, přeletí Černé moře a pokračuje v okolí Bukurešti, Budapešti, Vídně, Mnichova, Rotterdamu na londýnské letiště, přičemž urazí přibližně tutéž dráhu.

- Obkresli z mapy Asie obrys Eurasie a vyznač obě trasy plynulou čarou; měřením si ověř údaje o délce trasy.
- Vysvětlí rozdíl v době letu v obou směrech letu; proč se udává někdy start v čase World Time (WT).
- Určí průměrnou rychlost letadla v každém z obou směrů letu. Na čem závisí rychlost letadla?

Při řešení pracuj se zeměpisným atlasem nebo s globusem.

## EF4: Kameraman na cestách

Kameraman a režisér dokumentárního filmu o deštných pralesích se jednoho dne vydali z letiště Changi v Singapuru nejprve letadlem do Pontianaku na ostrově Kalimantan; průměrná rychlost letu byla včetně startu a přistání 320 km/h. Tam si pro další den najali menší letadlo, aby zjistili vhodné

podmínky pro filmování. Letadlo dosahovalo průměrné rychlosti 250 km/h a přeletěli s ním do Samarindy, odtud do Sandakanu, nakonec přistáli v Bandar Seri Begawanu, hlavním městě Brunei Darussalam a vydali zpět do Pontianaku.. Při každém přistání počítáme technickou přestávku 1,5 h.

- Zjisti zeměpisné souřadnice všech uvedených míst.
- Zjisti vzdálenosti uvedených míst.
- Stačil by jeden den na filmování? V tropech trvá den zpravidla 12 h, později svítá a dříve se stmívá než v létě v našich zeměpisných šířkách.
- Protože režisér dostal v Bandar Seri Begawanu mobilem zprávu, že se musí urychleně vrátit do Singapur, letělo menší letadlo přímo na letiště Changi místo do Pontianaku. Kdy přistálo?

K řešení úlohy si sežeň mapu s vhodným měřítkem, doporučujeme Nový atlas světa, kde jsou mapy s měřítkem 1 : 4 500 000. S mapou pracuj opatrně, abys ji nepoškodil. Můžeš použít též na Internetu Google Earth 3D, stanovit souřadnice všech letišť, rovníkový poloměr Země je 6378 km, délka poledníku je 20 004 km.

#### **EF5: Stožárová anténa vysílače**

V rovinné krajině je postaven stožár antény vysílače o celkové výšce 150 m, kterým byla šířena elektromagnetická vlna; zeměpisná šířka polohy stožáru je asi  $50^{\circ}12'$  a zeměpisná délka  $15^{\circ}8,5'$  (tyto stožáry jsou dva, jsou stejně vysoké a stojí nedaleko jeden od druhého).

- Najdi si polohu stožáru na mapě České republiky, a pak v autoatlasu.
- Jaký nejkratší může být stín stožáru ve dnech, kdy nastává rovnodennost?
- Jaký vůbec může být nejkratší stín tohoto stožáru?
- Jak bychom mohli určit výšku stožáru, máme-li k dispozici tyč o délce přesně 4,00 m?
- Na vyhledávači Internetu [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) najdi polohu místa „Golfový klub Poděbrady“, v jehož bezprostředním okolí stožáry jsou. Zjisti vzájemnou vzdálenost obou stožárů. Změř délku stínu stožáru, zjisti úhlovou výšku Slunce nad obzorem v okamžiku vzniku snímku.

Příslušnou teoretickou část úlohy si nastuduj v učebnici astronomie nebo zeměpisu.

#### **EF6: Na letišti Heathrow v Londýně (poprvé)**

Jednu část letištní odletové haly v Terminálu 1 na letišti London-Heathrow tvoří prostor pro čekání cestujících, umožňující pozorování přistávajících a odlétávajících letadel. Výhledový prostor je omezen svislou skleněnou stěnou, která představuje plášť skoro válcové plochy o poloměru 15,0 m a o středovém úhlu  $160^{\circ}$ . Tato válcová plocha je vytvořena ze skleněných desek o šířce 70 palců a o výšce 150 palců (což je i výška místnosti), tloušťky 0,2 palce.

- Vysvětlí, proč jsou svislé skleněné desky polepeny ve výšce 80 cm a 150 cm zelenými kruhovými samolepkami, které ztěžují výhled na letištní plochu?
- Určí, kolik skleněných desek je potřeba k sestavení této stěny.
- Určí hmotnost jedné skleněné desky, je-li hustota skla  $2600 \text{ kg/m}^3$ ; unesou ji čtyři lidé?
- Vypočítí, jaká je celková hmotnost skleněných desek použitých na tuto stěnu a na kolik automobilů o nosnosti 5 t je bylo nutno naložit.
- Jaký je obvyklý systém jednotek pro měření délek ve Velké Británii?

#### **EF7: Na letišti Heathrow v Londýně (podruhé)**

Na letišti Heathrow je v odpoledních hodinách značný provoz. V oblasti terminálů 1 a 2 startuje každých 10 minut čtyři až pět letadel. Předpokládejme, že letadla mají vzletovou rychlost 162 km/h a že se rozjíždějí po ranveji při startu tak, že jejich rychlost se každou sekundou zvětšuje o 1,5 m/s.

- Nakreslí graf závislosti rychlosti na čase od okamžiku rozjezdu.
- Určí dráhu nutnou pro dosažení vzletové rychlosti.

Předpokládejme, že letadlo potom začne stoupat s úhlem stoupání  $18^{\circ}$  do té doby, než dosáhne letové rychlosti 864 km/h, přičemž se zrychlení nemění.

- Za jak dlouho dosáhne této rychlosti?
- Jakou vzdálenost přitom letadlo urazí a v jaké výšce se přitom nachází (k řešení využij podobnosti trojúhelníků se společným úhlem  $18^{\circ}$ )?

Vysvětlí, proč a v čem musíme úlohu zjednodušit oproti skutečnosti, abychom mohli problémy řešit.

### EF8: Majitel bazénu

Majitel vlastní bazén o rozměrech 1,80 m a 6,00 m. Může do něj napustit vodu až do výšky 1,25 m. Ke konci podzimu byla hloubka vody 50 cm. Když jedné noci přišel silný mráz, na vodě se utvořila vrstva ledu a zbylá voda měla teplotu 0 °C. Aby bazén byl odizolován, majitel ho přikryl ochrannými polystyrénovými deskami; pak mohl zvolit jednu z následujících metod k odstranění ledové vrstvy:

- Ze zásobníku horké vody přečerpal do bazénu 3 hl vody o teplotě 80 °C, když led právě roztál. Jaká mohla být největší tloušťka ledu v bazénu?
- Do vody ponořil pod led přes noc čtyři ponorné vařiče, každý o příkonu 1200 W, a nechal je zapnuté po dobu 6 h, když led právě roztál. Jaká mohla být největší tloušťka ledu v bazénu?
- Jak by se změnilы výsledky, kdyby podruhé byla tloušťka ledu stejná, jako vyjde v části a), ale majitel zapomněl při čerpání pozorovat hladinu a přičerpal 4,5 hl?
- Jak by se změnilы výsledky v části b), kdyby podruhé byla tloušťka zase stejná, jako vyjde v části b), ale majitel na vařiče zapomněl a nechal je zapnuté celou noc, tj. 8 h?

Potřebné údaje si najdi v matematicko-fyzikálních tabulkách nebo v učebnici.

### EF9: Geopoziční satelitní systém

Geopoziční satelitní systém určuje velmi přesně polohu vybraných bodů na povrchu Země a pomocí těchto údajů můžeme zjišťovat i vzdálenosti mezi nimi. Totéž můžeme zjistit z údajů leteckých snímků, k nimž se dostaneme prostřednictvím internetových vyhledávačů.

- Najdi na vhodné mapě a jí odpovídajícím leteckém snímku vaši školu, dům, v němž bydlíte, a stanov zeměpisné souřadnice těchto míst.
- Odhadni, s jakou přesností jsou polohy vybraných bodů stanoveny; převed' na délkové údaje.
- Z údajů na letecké mapě a užitím Pythagorovy věty zjisti pomocí souřadnic přímou vzdálenost vybraných dvou bodů, jež leží, popř. neleží na jedné rovnoběžce, popř. poledniku.
- Urči přímou vzdálenost těchto bodů užitím programu „Měření“ v tomto systému.

### EF10: Měření z leteckých snímků

Najdi si letecký snímek Brodka u Přerova. Tam na nádraží najdeš čtyři nákladní vlaky. Zjisti jejich délku dvěma způsoby:

- Změř délku vlaků programem „Měření“. Nezapomeň, že při největší zvolené přesnosti se ti asi nepodaří provádět celé měření jen na jednom zobrazení na monitoru.
- Změř souřadnice počátečního a koncového bodu každého vlaku, zjisti jejich rozdíl, a tedy změnu úhlových souřadnic odpovídající délce vlaku.
- Vycházej ze skutečnosti, že střední poloměr naší Země je přibližně 6371 km. Zjisti, jaká délka odpovídá jednomu délkovému stupni, jedné minutě, jedné vteřině na povrchu Země v daném místě a této skutečnosti využij ke stanovení severojižní a východo-západní změny souřadnic. Z nich pomocí Pythagorovy věty zjisti délku vlaků. Délka rovnoběžky 49,5° je asi 26 000 km.
- Kdyby vlaky nestály ve stanici, ale pohybovaly by se stálou rychlostí 54 km/h, potom mezi umístěním kótovací značky (křížku) na obou koncích vlaku uplyne doba alespoň 5,0 s. Jak se tato skutečnost projeví při měření délky jedoucího vlaku.

### EF11: Je to možné?

Kdosi vymyslel následující přirovnání: v jednom molu plynu je za normálního tlaku tolik částic jako je zrněk písku na Sahaře. Zrnko si představíme tak, že ho právě vměstnáme do krychle o hraně 0,5 mm. Plošný obsah Sahary je 8,0 miliónu km<sup>2</sup>. Počet částic v 1 molu je asi  $6,0 \cdot 10^{23}$ .

- Je uvedené přirovnání reálné, tj. jak vysoká by byla v tomto případě vrstva písku na Sahaře?
- Jak dlouho by tyto částice odpočítával člověk, kdyby dokázal nechat proudit písek malým otvorem a každou sekundu tak oddělit milion částic?
- Jaká by byla hmotnost tohoto suchého písku o hustotě 2 000 kg/m<sup>3</sup>? Porovnej s molární hmotností vzduchu 0,029 kg/mol.

### EF12: Polárníci budou zachráněni

Ledová kra o rozměrech 15 m x 12 m a o tloušťce 120 cm má hustotu 910 kg/m<sup>3</sup>, hustota okolní mořské vody je 1030 kg/m<sup>3</sup>. Na kře jsou tři polárníci s vybavením, což dohromady představuje hmotnost 1,50 tuny. Při záchranné akci přistál na kře přesně uprostřed vrtulník BK117-B2 o hmotnosti

1800 kg, aby polárníky přesunul na záchrannou loď.

- Jaká část kry je ponořena pod hladinu, když na ní jsou zpočátku polárníci s výbavou?
- Nejsou polárníci ohroženi přistáním vrtulníku na tuto kru?
- Jaké zatížení by kra unesla, aniž by se ponořil její povrch pod hladinu?

### EF13: Elektrický rozvod

Při renovaci starých budov je nutno vyměnit starý hliníkový elektrický rozvod za měděný. Budeme požadovat, aby průřez drátů i jejich délka se nezměnily. Hustota mědi je  $8\,960\text{ kg/m}^3$  a hustota hliníku  $2\,700\text{ kg/m}^3$ , obsah kolmého příčného řezu vodičů je  $2,5\text{ mm}^2$ , odpor vodiče o délce  $1\text{ m}$  a obsahu kolmého příčného řezu  $1\text{ mm}^2$  je pro měď  $0,0155\text{ ohm}$ , pro hliník  $0,0245\text{ ohm}$ . Odpor  $R$  drátu o délce  $l$ , obsahu kolmého příčného řezu  $S$  a měrné rezistivity  $\rho$  se určí  $R = \rho l/S$ . Z praktických důvodů budeme dosazovat obsah kolmého příčného řezu v  $\text{mm}^2$  a délku vodiče v  $\text{m}$ , potom výše uvedené hodnoty představují měrnou rezistivitu v jiných jednotkách než v SI, ale prakticky se užívají. Pro výměnu je třeba  $100\text{ m}$  vodiče.

- O kolik se změní hmotnost stometrového měděného vodiče oproti hliníkovému?
- O kolik se změní odpor stometrového měděného vodiče oproti hliníkovému?

### EF14: Největší český rybník

Největší český rybník Rožmberk má plošný obsah  $489\text{ ha}$  a obvykle se v něm nachází  $6$  miliónů krychlových metrů vody. Rybář seděl na loďce a jedl housku, na jejímž povrchu byly krystalky kuchyňské soli. Seškrábl několik krystalků soli o celkové hmotnosti  $0,35\text{ g}$  a vhodil do vody. Kdyby bylo možno dobře, a tedy dokonale vodu v rybníce promíchat, sůl by se rozpustila a rozptýlila se po celém rybníku. Rybář pak nabral na lžičku  $1,0\text{ cm}^3$  vody.

- Obsahuje voda ve lžičce alespoň dva atomy sodíku, které by pocházely z krystalků soli na housce?  $1\text{ mol NaCl}$  má hmotnost  $0,0585\text{ kg}$  a obsahuje  $6,0 \cdot 10^{23}$  molekul.
- Jaká je hmotnost NaCl na lžičce vody a kolik je v ní molekul pocházejících z krystalku?
- Jaká je hmotnost jedné molekuly NaCl?

### EF15: Proč průhledné desky kloužou?

Asi jsi zpozoroval, že umístíš-li papír na skloněnou plochu, pak až do určitého úhlu sklonu zůstane v klidu, a teprve potom začne klouzat. Daleko horší je to s euroobaly, které kloužou i tehdy, když si to nepřejeme. Příčinou je tření. V této práci si sám navrhneš postup i zápis svých měření a stanovíš podmínku pro vznik klouzání papíru, papírových desek, euroobalů (jsou drsnější i hladší) po různých podložkách (deska stolu nebo lavice – dřevěná či umakart, papírová podložka, PVC). Nejlepší bude, když najdeš dostatečně dlouhé a široké prkno, s nímž budeš potom laborovat. Jako těleso si vezmi dvacet kancelářských papírů formátu A4, které vhodně spojíš do balíčku nebo umístíš do desek. Pokus prováděj v případě, že až do začátku pohybu desek se jich nebudeš dotýkat (klidové tření) nebo tělesu uděl drobný počáteční impuls (smykové tření). Při měření umístí základní podložku (prkno) o délce  $l$  jedním koncem na vodorovnou rovinu a zjišťuj výšku  $h$  druhého konce nad touto rovinou; pak podíl  $h/l = \sin \alpha$ , kde  $\alpha$  je úhel sklonu. Fyzikální teorie říká (jak poznáš na střední škole), že součinitel smykového tření je roven  $\tan \alpha$ . K příslušným výpočtům použij svého kalkulátoru.

Každé měření alespoň pětkrát opakuj a uveď v tabulce naměřené hodnoty i hodnotu průměrnou. Věnuj pozornost protokolu o svém měření. Všimni si, že ve fyzice při měření některých veličin musíme měřit veličiny zcela jiné, a potřebnou hodnotu potom vypočítat. Pro porovnání zjisti i úhel sklonu podložky, po které se dá do rovnoměrného pohybu kulička nebo míček od stolního tenisu. Výsledky porovnej. Poznámka: Pokusy můžeš provádět i s krabičkami od léků, naplněné pískem, které budou klouzat po prkně = nakloněné rovině.

**Při řešení experimentálních úloh nezapomeň, že veličiny měříme vždy s určitou neurčitostí, že při měření též veličiny získáme vždy několik navzájem různých hodnot, z nichž je někdy vhodné 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.**