

Ivo Volf

48. ročník Fyzikální olympiády, kategorie E a F

*Rozhledy matematicko-fyzikální*, Vol. 81 (2006), No. 4, 29–37

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/146172>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2006

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

48. ročník Fyzikální olympiády,  
kategorie E a F

*Ivo Volf, ÚVFO, PedF UHK Hradec Králové*

Kategorie E Fyzikální olympiády je určena žákům devátých ročníků základních škol, čtvrtých ročníků osmiletých gymnázií a druhých ročníků šestiletých gymnázií, kategorie F je pro žáky ročníků o rok nižších.

Protože školní vzdělávací programy jsou (i při dodržení schválených rámcových vzdělávacích programů) velmi různorodé, je pro první kolo kategorií E a F zadáno společně 15 úloh, z nichž učitel fyziky vybere pro každou kategorii 7 úloh podle toho, které učivo bude ve škole včas probíráno. Letos poprvé jsou zařazeny také úlohy, k jejichž řešení je potřebný počítač a internet. Řešení prvních tří ze zadaných úloh odevzdají soutěžící v termínu, který jim učitel určí (zpravidla konec listopadu 2006), řešení zbylých čtyř úloh pak odevzdají do 23. března 2007, kdy první kolo soutěže končí.

Řešení každé úlohy bude hodnoceno maximálně deseti body. Mělo by být úplné, odborné na výši, doprovázené slovním výkladem popisujícím myšlenkový postup. K metodice řešení fyzikálních úloh je připraven materiál pro učitele fyziky s mnoha konkrétními příklady. Návodné úlohy lze nalézt v časopise *Školská fyzika*.

Za úspěšného řešitele prvního kola bude považován soutěžící, který alespoň v pěti úlohách získá nejméně 5 bodů, přičemž bude řešit experimentální úlohy (třeba i neúspěšně).

Druhé (okresní) kolo soutěže se uskuteční 4. dubna 2007 a třetí (oblastní) kolo kategorie E pak 18. května 2007. Všichni úspěšní řešitelé druhého i třetího kola obdrží pochvalná uznání a nejlepší soutěžící budou odměněni.

Následují texty úloh prvního kola.\*) Lze je nalézt i na webových stránkách <http://fo.cuni.cz> a [www.uhk.cz/fo](http://www.uhk.cz/fo). Po skončení prvního kola budou na těchto webových stránkách vystavena i řešení všech úloh.

\*) Protože zadání úloh je již na školách šířeno, uvádíme je bez jakékoliv odborné a jazykové úpravy v takové podobě, jak nám bylo dodáno. Totéž platí pro zadání úloh Archimediády na str. 38–40.

**1. 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 zjisti, 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?

**2. Stavba hotelu**

Přímo proti oknům hotelu Meritus Mandarin v Singapuru, v němž byli ubytováni vedoucí delegací na 38. mezinárodní fyzikální olympiáde, 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.

- Jak vysoko byli 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.
- Zjisti, 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  $E = mgh$ , pohybovou ze vztahu  $E = \frac{1}{2}mv^2$ .

### 3. 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 6 768 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.
- Vysvětli rozdíl v době letu v obou směrech letu. Proč se udává někdy start v čase World Time (WT)?
- Urči průměrnou rychlost letadla v každém z obou směrů letu. Na čem závisí rychlost letadla? Při řešení pracuj se zeměpisným atlasem nebo s globusem.

### 4. 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 se zpět do Pontianaku. Při každém přistání počítáme technickou přestávku 1,5 h.

- Zjistí zeměpisné souřadnice všech uvedených míst.
- Zjistí 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.

## SOUTĚŽE

- d) Protože režisér dostal v Bandar Seri Begawanu mobilem zprávu, že se musí urychleně vrátit do Singapuru, 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. Můžeš použít též na internetu Google Earth 3D, stanovit souřadnice všech letišť; rovníkový poloměr Země je 6 378 km, délka poledníku je 20 004 km.

### 5. 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 m?
- Na vyhledávací 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.

### 6. Na letišti Heathrow v Londýně (poprvé)

Jednu část letištní odletové haly v Terminálu 1 na letišti Londýn-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, výšce 150 palců (což je i výška místnosti) a tloušťce 0,2 palce.

- a) Vysvětli, proč jsou svislé skleněné desky polepeny ve výšce 80 cm a 150 cm zelenými kruhovými samolepkami, které ztěžují výhled na letištní plochu?
- b) Urči, kolik skleněných desek je potřeba k sestavení této stěny.
- c) Urči hmotnost jedné skleněné desky, je-li hustota skla  $2\,600\text{ kg/m}^3$ . Unesou ji čtyři lidé?
- d) Vypočti, jaká je celková hmotnost skleněných desek použitých na tuto stěnu a na kolik automobilů o nosnosti 5 t je bylo nutno naložit.
- e) Jaký je obvyklý systém jednotek pro měření délek ve Velké Británii?

### 7. 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  $162\text{ km/h}$  a že se rozjíždějí po ranveji při startu tak, že jejich rychlost se každou sekundou zvětšuje o  $1,5\text{ m/s}$ .

- a) Nakresli graf závislosti rychlosti na čase od okamžiku rozjezdu.
- b) Urči dráhu nutnou pro dosažení vzletové rychlosti. Předpokládejme, že letadlo potom začne stoupat s úhlem stoupaní  $18^\circ$  do té doby, než dosáhne letové rychlosti  $864\text{ km/h}$ , přičemž se zrychlení nemění.
- c) Za jak dlouho dosáhne této rychlosti?
- d) Jakou vzdálenost přitom letadlo urazí a v jaké výšce se přitom nachází (k řešení využij podobnosti trojúhelníků se společným úhlem  $18^\circ$ )?

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

### 8. Majitel bazénu

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

## SOUTĚŽE

- a) Ze zásobníku horké vody přčerpal do bazénu 3 hl vody o teplotě  $80^{\circ}\text{C}$ , když led právě roztál. Jaká mohla být největší tloušťka ledu v bazénu?
- b) 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?
- c) Jak by se změnilы výsledky, kdyby podruhé byla tloušťka ledu stejná, jako vyjde v části a), ale majitel zapomněl při čerpání pozorovat hladinu a přčerpal 4,5 hl?
- d) 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.

### 9. 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.

- a) Najdi na vhodné mapě a jí odpovídajícím leteckém snímku vaši školu, dům, v němž bydlíte, a stanov zeměpisné souřadnice těchto míst.
- b) Odhadni, s jakou přesností jsou polohy vybraných bodů stanoveny; převed' na délkové údaje.
- c) 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. poledníku.
- d) Urči přímou vzdálenost těchto bodů užitím programu „Měření“ v tomto systému.

### 10. Měření z leteckých snímků

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

- a) Změř délku vlaků programem „Měření“. Nezapomeň, že při největší zvolené přesnosti se ti asi nepodaří provádět celé měření jen na jednom zobrazení na monitoru.

- b) Změř souřadnice počátečního a koncového bodu každého vlaku, zjistí jejich rozdíl, a tedy změnu úhlových souřadnic odpovídající délce vlaku.
- c) Vycházej ze skutečnosti, že střední poloměr naší Země je přibližně 6 371 km. Zjistí, jaká délka odpovídá jednomu délkovému stupni, jedné minutě, jedné vteřině na povrchu Země v daném místě, a této skutečnosti využij ke stanovení severojižní a východozápadní změny souřadnic. Z nich pomocí Pythagorovy věty zjistí délku vlaků. Délka rovnoběžky  $49,5^\circ$  je asi 26 000 km.
- d) Kdyby vlaky nestály ve stanicích, 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.

### 11. 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  $\text{km}^2$ . Počet částic v 1 molu je asi  $6,0 \cdot 10^{23}$ .

- a) Je uvedené přirovnání reálné, tj. jak vysoká by byla v tomto případě vrstva písku na Sahaře?
- b) Jak dlouho by tyto částice odpočítával člověk, kdyby dokázal nechat proudit písek malým otvorem a každou sekundu tak oddělit milion částic?
- c) Jaká by byla hmotnost tohoto suchého písku, kdyby jeho hustota byla  $2\,000 \text{ kg/m}^3$ ? Porovnej s molární hmotností vzduchu  $0,029 \text{ kg/mol}$ .

### 12. Polárníci budou zachráněni

Ledová kra o rozměrech  $15 \text{ m} \times 12 \text{ m}$  a o tloušťce 120 cm má hustotu  $910 \text{ kg/m}^3$ , hustota okolní mořské vody je  $1\,030 \text{ kg/m}^3$ . 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 1 800 kg, aby polárníky přesunul na záchranou loď.



## SOUTĚŽE

- 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 ponořila její horní plocha pod hladinu?

### 13. 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  $0,0155\text{ ohmu}$ , pro hliník  $0,0245\text{ ohmu}$ . Odpor  $R$  drátu o délce  $l$ , obsahu kolmého příčného řezu  $S$  a měrné rezistivity  $\rho$  se určí ze vztahu  $R = \rho l/S$ . 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?

### 14. 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 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 housece? Jeden mol  $\text{NaCl}$  má hmotnost  $0,0585\text{ kg}$  a obsahuje  $6,0 \cdot 10^{23}$  molekul.
- Jaká je hmotnost  $\text{NaCl}$  na lžičce vody a kolik je v ní molekul pocházejících z krystalku?
- Jaká je hmotnost jedné molekuly  $\text{NaCl}$ ?

### 15. Proč průhledné desky kloužou?

Asi jsi upozoroval, 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 a 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 zjistí 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 naplněnými pískem, které budou klouzat po prkně, tj. po nakloněné rovině.

*Při řešení experimentálních úloh nezapomeň, že veličiny měříme vždy s určitou neurčitostí, že při měření téže 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.*