

Zadání fyzikální olympiády kat. E a F

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 $54 \frac{km}{h}$, pak se zrychlování změní a na konci 30. s má již rychlost $90 \frac{km}{h}$ a jede stálou rychlostí dalších 90 s. Pak začne rovnoměrně brzdit a během 60 s zastaví v následující stanici.

1. Nakresli graf změn rychlosti v závislosti na čase.
2. Z grafu zjisti, jak daleko je lokomotiva od původního místa v okamžiku, kdy se změnilo tempo zrychlování vlaku.
3. Jakou dráhu ujel vlak, než zastavil v následující stanici?
4. 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 37. 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.

1. Jako vysoko jsou stavební dělníci nad okolním terénem?
2. Kdyby neopatrnému dělníkovi vypadl z kapsy šroubovák, jakou rychlostí by dopadl na zem?
3. Jakou rychlostí se musí pohybovat výtah, když stihne trasu urazit za 2,5 min?
4. Dokázal by hráč golfu odpálit míček na vrchol stavby, popř. až do plánovaného 35. poschodí? Nejlepší hráči golfu dokážou odpálit míček rychlostí až $65 \frac{m}{s}$.
5. Zjisti, zda z vrcholu výškové budovy, která bude mít 35 poschodí, bude možno obhlédnout celý ostrovní stát Singapur, jehož plošný obsah je 640 km^2 . 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 $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$.

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 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.

1. Obkresli z mapy Asie obrys Eurasie a vyznač obě trasy plynulou čarou; měřením si ověř údaje o délce trasy.
2. Vysvětli rozdíl v době letu v obou směrech letu; proč se udává někdy start v čase World Time (WT).
3. 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 $320 \frac{km}{h}$. Tam si pro další den najali menší letadlo, aby zjistili vhodné podmínky pro filmování. Letadlo dosahovalo průměrné rychlosti $250 \frac{km}{h}$ 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.

1. Zjisti zeměpisné souřadnice všech uvedených míst.
2. Zjisti vzdálenosti uvedených míst.
3. 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.
4. 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. 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.

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).

1. Najdi si polohu stožáru na mapě České republiky, a pak v autoatlasu.
2. Jaký nejkratší může být stín stožáru ve dnech, kdy nastává rovnodennost?
3. Jaký vůbec může být nejkratší stín tohoto stožáru
4. Jak bychom mohli určit výšku stožáru, máme-li k dispozici tyč o délce přesně 4,00 m?
5. Na vyhledávací Internetu 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 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° . 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.

1. Vysvětlí, proč jsou svislé skleněné desky polepeny ve výšce 80 cm a 150 cm zelenými kruhovými samolepkami, které ztěžují výhled na letištní plochu?
2. Urči, kolik skleněných desek je potřeba k sestavení této stěny.
3. Urči hmotnost jedné skleněné desky, je-li hustota skla $2600 \frac{kg}{m^3}$; unesou ji čtyři lidé?
4. Vypočti, jaká je celková hmotnost skleněných desek použitých na tuto stěnu a na kolik automobilů o nosnosti 5 t je bylo nutno naložit.
5. 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 $162 \frac{km}{h}$ a že se rozjíždějí po ranveji při startu tak, že jejich rychlost se každou sekundou zvětšuje o $1,5 \frac{m}{s}$.

1. Nakresli graf závislosti rychlosti na čase od okamžiku rozjezdu.
2. Urči dráhu nutnou pro dosažení vzletové rychlosti.
3. Předpokládejme, že letadlo potom začne stoupat s úhlem stoupání 18° do té doby, než dosáhne letové rychlosti $864 \frac{km}{h}$, přičemž se zrychlení nemění.
4. Za jak dlouho dosáhne této rychlosti?
5. Jakou vzdálenost přitom letadlo urazí a v jaké výšce se přitom nachází (k řešení využij podobnosti trojúhelníků se společným úhlem 18°)?

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

8. 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:

1. 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?
2. 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?
3. Jak by se změnila výsledky, kdyby podruhé byla tloušťka ledu stejná, jako vyjde v části a), ale majitel zapomněl při čerpání pozorovat hladinu a přičerpal 4,5 hl?
4. Jak by se změnila 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 (GPS) 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 (www.mapy.cz).

1. Najdi na vhodné mapě a jí odpovídajícím leteckém snímku vaši školu, dům, v němž bydlíte, a stanov zeměpisné souřadnice těchto míst.
2. Odhadni, s jakou přesností jsou polohy vybraných bodů stanoveny; převed' na délkové údaje.
3. 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.
4. Urči přímou vzdálenost těchto bodů užitím programu „Měření“ v tomto systému.

10. Měření z leteckých snímků

Na internetovém vyhledávači www.mapy.cz si najdi letecký snímek Brodku u Přerova. Tam na nádraží najdeš čtyři nákladní vlaky. Zjisti jejich délku dvěma způsoby:

1. Změř délku vlaků programem „Měření“. Nezapomeň, že při největší zvolené přesnosti se ti asi nepodaří provádět celé měření jen na jednom zobrazení na monitoru.
2. Změř souřadnice počátečního a koncového bodu každého vlaku, zjisti jejich rozdíl, a tedy změnu úhlových souřadnic odpovídající délce vlaku.
3. 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 $49,5^\circ$ je asi 26 000 km.
4. Kdyby vlaky nestály ve stanici, ale pohybovaly by se stálou rychlostí $54 \frac{km}{h}$, 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 zrnek 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 km². Počet částic v 1 molu je asi $6,0 \cdot 10^{23}$.

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

12. Polárníci budou zachráněni

Ledová kra o rozměrech 15 m × 12 m a o tloušťce 120 cm má hustotu $910 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, hustota okolní mořské vody je $1\,030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. 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 1800 kg, aby polárníky přesunul na záchrannou loď.

1. Jaká část kry je ponořena pod hladinu, když na ní jsou zpočátku polárníci s výbavou?
2. Nejsou polárníci ohroženi přistáním vrtulníku na tuto kru?
3. Jaké zatížení by kra unesla, aniž by se ponořil její povrch 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 $8\,960 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ a hustota

hliníku $2\,700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, obsah kolmého příčného řezu vodičů je 2,5 mm², odpor vodiče o délce 1 m a obsahu kolmého příčného řezu 1 mm² je pro měď 0,0155 Ω, pro hliník 0,0245 Ω. Odpor R drátu o délce l , obsahu kolmého příčného řezu S a měrné rezistivitě ρ se určí $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$. Z praktických důvodů budeme dosazovat

obsah kolmého příčného řezu v mm² a délku vodiče v m, potom výše uvedené hodnoty představují měrnou rezistivitu v jiných jednotkách než v SI, ale prakticky se užívají. Pro výměnu je třeba 100 m vodiče.

1. O kolik se změní hmotnost stometrového měděného vodiče oproti hliníkovému?
2. O kolik se změní odpor stometrového měděného vodiče oproti hliníkovému?

14. Největší český rybník

Největší český rybník Rožmberk má plošný obsah 489 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 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 cm³ vody.

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

15. 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 $\frac{h}{l} = \sin \alpha$, kde α je úhel sklonu. Fyzikální teorie říká (jak poznáš na střední škole), že součinitel 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 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.

Několik rad, jak řešit fyzikální úlohy

1. Pečlivě si prostuduj text úlohy a snaž se pochopit všechny jeho části. Velmi důležité je pochopit, o jakém problému se v úloze jedná.
2. Označ fyzikální veličiny tak, jak jsi zvyklá(ý) z výuky fyziky, hodnoty si převed' do mezinárodní soustavy jednotek.
3. Nezapomeň si nakreslit situační náčrtek, pomůže ti orientovat se v problému.
4. Proveď fyzikální analýzu situace – vytvoř si zjednodušující modely a vyberte vztahy, o nichž předpokládáš, že je použiješ při řešení. Vytvořte si plán řešení.
5. Úlohu řeš nejprve obecně, tj. nedosazuj za písmena dané hodnoty – pomůže ti to často dostat se rychleji k cíli a řešíš současně všechny podobné úlohy. Tak dostaneš závěrečný vztah, kde na levé straně máš hledanou veličinu a napravo máš veličiny, jejichž hodnoty znáš z textu úlohy nebo je umíš zjistit.
6. Dosad' do vztahu místo hodnot veličin pouze jejich jednotky a proveď tak tzv. jednotkovou kontrolu. Vyjde-li ti správná jednotka výsledku, máš velkou naději, že daný vztah je správný.
7. Dosad' hodnoty veličin a známé konstanty, použij kalkulátor a snaž se pokud možno ekonomicky dostat k hodnotě výsledku. Nezapomeň na stanovení hledaného výsledku s přijatelným počtem platných číslic – neopisuj tedy výsledek z kalkulátoru.
8. Pro kontrolu použij některé z grafických metod (někdy to bude jediný způsob, jak se dostat k výsledku, zvláště, není-li tvoje matematická příprava dostatečná). Někdy musíš vykonat kontrolní experiment. V letošní soutěži jsou úlohy, které je třeba řešit pomocí počítače nebo užitím volně stažitelných programů na Internetu (www.mapy.cz, earth.google.com aj.).
9. Nezapomeň provést diskusi řešení s ohledem na dané hodnoty veličin a vybraný model k řešení problému.
10. Odpověz přesně a jasně na otázky v textu úlohy. Nezapomeňte, že někdy jde jen o číselnou hodnotu hledané veličiny, jindy získaný výsledek je předpokladem pro vyslovení odpovědi.

Nezapomeň na známou pravdu: čím více si nakreslíš obrázků, čím více se v představách přiblížíš situaci, o níž se v úloze jedná, čím více uděláš přípravných činností, tím snadněji se potom dostaneš k výsledku.