

Úlohy 1. kola 55. ročníku Fyzikální olympiády

kategorie E a F

FO55EF1 – Jízda autobusem

Autobus vyjíždí z klidu ze zastávky a po době 30 s získá rychlost 54 km/h. Touto rychlostí pokračuje po dobu 2,0 min, a když řidič registruje na křižovatce oranžové a červené světlo, během 50 s postupně zastavuje. Na světelné křižovatce vytrvá celou minutu a potom se rozjede a tentokrát za dobu 50 s získá rychlost 45 km/h a poté pomalu po dobu 100 s zpomaluje, až zastaví na následující zastávce.

- Zakresli do grafu $v(t)$ průběh pohybu autobusu, víš-li, že po dobu zrychlování a zpomalování se rychlost autobusu měnila lineárně s časem.
- Zjisti, jaká doba při jízdě mezi zastávkami uplynula a jak daleko jsou zastávky od sebe.
- Urči průměrnou rychlost pohybu v případě, že dobu stání na křižovatce neuvažuješ, a průměrnou cestovní rychlost (včetně doby čekání u semaforu).

FO55EF2 – Cestování vlakem

Vlaková souprava vyjíždí z klidu z nástupiště tak, že po době 25 s dosáhne rychlosti 45 km/h a přitom zadní část soupravy právě opouští nástupiště a projíždí místem, kde před tím byla přední část lokomotivy. Ve stejnou chvíli lokomotiva vjíždí na most o délce 250 m a dále již jede rovnoměrným pohybem.

- Nakresli graficky závislost rychlosti na čase za prvních 25 s.
- Stanov délku vlaku.
- Jak dlouho přejíždí vlak kolem člověka, stojícího v bezpečné vzdálenosti na začátku mostu?
- Jak dlouho přejíždí strojvedoucí sedící v kabině lokomotivy most?
- Jak dlouho přejíždí celá souprava po mostě?
- Když poslední vagón opustí most, začne vlak pomalu brzdit a za dobu 50 s se vlak zastaví. Jak dlouhou trasu ujel vlak mezi oběma zastávkami?

Ve všech případech předpokládej, že po dobu zrychlování a zpomalování se rychlost vlakové soupravy měnila s časem lineárně.

FO55EF3 – Skoro společná jízda autem

Dva automobilisté Pavel a Honza se rozhodli jet společně určitou trasu. Pavel jel nejprve povolenou rychlostí 90 km/h a potom čekal na Honzu na domluveném odpočívadle vzdáleném 30 km od místa startu. Honza se však kochal krajinou a jel celou cestu stálou rychlostí 45 km/h, přičemž na Pavla úplně zapomněl a pokračoval dále stálou rychlostí, aniž by na odpočívadle zastavil. Pavel se 5 min rozhodoval, zda počkat na odpočívadle, neboť očekával, že si Honza vzpomene a vrátí se. Když k tomu nedošlo, rozhodl se Honzu dohonit, ovšem silnice od odpočívadla vedla několika delšími, na sebe navazujícími obcemi se zvýšenou maximální povolenou rychlostí 60 km/h, kterou musel Pavel dodržovat.

- Za jakou dobu Pavel Honzu dojel od vyjetí z odpočívadla?
- Jakou dráhu ujeli oba automobilisté, než se znovu setkali?
- Jak dlouho jel Pavel a jak dlouho Honza od jejich společného startu, než se opět setkali?

FO55EF4 – Cestujeme s www.mapy.cz

Jeden nejmenovaný obchodní manažer v Hradci Králové se rozhodl, že se vydá o víkend na odpočinkový výlet do Vrchlabí. Nevěděl však, jaký dopravní prostředek by měl použít. Vyhledal si proto na internetu stránku www.mapy.cz, kde využil nabídky „Plánování a měření trasy“. Vžij se nyní do jeho role.

- Nejprve se rozhodneme pro osobní letadlo, které letí průměrnou rychlostí 180 km/h. Změř vzdálenost z letiště v Hradci Králové do letiště mezi Vrchlabím a Lánovem vzdušnou čarou (ruční měření) a vypočti, za jakou dobu tuto vzdálenost letadlem urazíš.
- Poté se rozhodneme pro osobní automobil. Zjisti, jakou vzdálenost z Velkého náměstí v Hradci Králové na náměstí T. G. Masaryka ve Vrchlabí urazíš, pojeděš-li autem nejkratší cestou. Zjisti také přibližnou dobu jízdy a vypočti průměrnou rychlost, kterou bys jel.
- Zjisti, jakou vzdálenost z Velkého náměstí v Hradci Králové na náměstí T. G. Masaryka ve Vrchlabí urazíš, pojeděš-li autem nejrychlejší cestou. Zjisti také přibližnou dobu jízdy a vypočti průměrnou rychlost, kterou bys jel.
- Nakonec však si vybereme jízdní kolo. Dáme přednost zdravému pohybu, a protože dbáme na bezpečnost, budeme se chtít vyhnout silnicím 1. třídy a dáme přednost cyklotrasám. Zjisti, jakou vzdálenost z Velkého náměstí v Hradci Králové na náměstí T. G. Masaryka ve Vrchlabí urazíš, pojeděš-li na kole. Zjisti také přibližnou dobu jízdy a vypočti průměrnou rychlost, kterou bys jel.

FO55EF5 – Trochu delší předjíždění

Tahač s připojeným vlekem, na kterém je složený jeřáb, jede po silnici tak, že celková délka soupravy je 35 m (long vehicle) a pohybuje se rychlostí 45 km/h. Za soupravou jede stálou rychlostí 54 km/h kloubový autobus o celkové délce 18 m a řidič hodlá soupravu s jeřábem předjíždět. Když se přední část autobusu dostane do vzdálenosti 20 m za soupravu, vyjede do levého jízdního pruhu a postupně ji předjíždí. Předjíždění ukončí ve chvíli, když se vrátí do pravého jízdního pruhu tak, že zadní část kloubového autobusu je od přední části soupravy vzdálena 15 m.

- Vystříhnete si půdorys obou vozidel a modelujte si proces předjíždění. Nakreslete si vhodný náčrtek dané situace.
- Do tabulky запиšte, jakou dráhu ujede autobus a souprava od začátku předjíždění do těchto následujících okamžiků: přední část autobusu dojede k zadní části soupravy, přední část autobusu dojede k přední části soupravy, autobus se vrátí zpátky do jízdního pruhu a ukončí předjíždění.
- Jakou dobu trvá celé předjíždění?

FO55EF6 – Hodinové ručky

Elektrickým monočlánkem poháněné hodiny mají dvě ručky, minutovou a hodinovou. Uvedeme je do chodu v okamžiku, kdy ukazují přesně poledne, tj. 12:00 a ručky se překrývají. Délka minutové ručky je 15 cm, délka hodinové 9,0 cm.

- Jakou průměrnou rychlostí se pohybuje konec minutové ručky a hodinové ručky při jejich pohybu?
- Nejprve odhadni a poté vypočítej, kdy poprvé a podruhé nastane další případ, že se obě ručky budou překrývat.
- Kolikrát za půlden se okamžik, kdy se obě ručky překrývají, bude opakovat?

FO55EF7 – Cestou na sever

Představ si, že se ti podařilo dostat se takřka k severnímu zeměpisnému pólu. Čeká na tebe ještě poslední úsek, neboť ses dostal na místo, udané souřadnicemi: $89^{\circ} 45' 00''$ s. š., $0^{\circ} 00' 00''$ v. d. Slunce se nachází v místě nejvýše na obloze, a to přesně na jihu. Poloměr křivosti vodní hladiny (a ledu) v okolí pólu je 6 356 750 m.

- Odhadni, jak daleko je ještě k dosažení severního zeměpisného pólu.
- Můžeš k identifikaci severního zeměpisného pólu použít kompasu nebo busoly? Jak si pomůžeš?
- Odhadni rychlost, kterou se pohybuješ vzhledem k zemské ose díky rotaci Země kolem její osy.
- Jak velkou rychlostí se musíš pohybovat a kterým směrem, abys měl Slunce neustále jižním směrem?
- Když půjdeš směrem přesně k severu rychlostí 3 km/h, za jak dlouho se dostaneš k cíli? Co když však vyrazíš směrem severovýchodním? Kam se po nějaké době dostaneš?

FO55EF8 – Rychlobruslení

Při rychlobruslení dosahuje vrcholový sportovec o hmotnosti 75 kg (i s výbavou) průměrné rychlosti 45 km/h, součinitel smykového tření ocelových nožů (bruslí) o led je 0,15, odporová síla působící při rychlosti v na sportovce střední postavy se dá vyjádřit $F = kv^2$, kde číselná hodnota odporového součinitele k je $0,24 \text{ N s}^2/\text{m}^2$.

- Jaká tíhová síla působí na sportovce a jakou tlakovou silou působí sportovec na led?
- Jak velká je třecí síla, která vzniká při jízdě sportovce po ledu?
- Jak velká je odporová síla, která působí na sportovce při jeho jízdě průměrnou rychlostí 45 km/h?
- Porovnej působící síly a vysvětli, které z těchto sil lze při popisu pohybu zanedbat.
- Jak velkou práci vykoná sportovec při jízdě na trase 1 500 m? Jaký je výkon sportovce?

FO55EF9 – Napouštění dřezu

Ve dřezu přibližně tvaru kvádrů o čtvercové podstavě s délkou hrany 40 cm leží dřevěné prkénko, jehož hustota je 700 kg/m^3 . Rozměry prkénka tvaru kvádrů jsou: délka 20 cm, šířka 15 cm, tloušťka 1,5 cm. Protože maminka chtěla umýt nádobí, dřez zašpuntovala a nechala do něho napouštět vodu o hustotě $1 000 \text{ kg/m}^3$.

- Kolik vody musí do dřezu přitéct, aby prkénko začalo právě plovat?
- Jestliže maminka otočila kohoutkem tak, že za 1 sekundu přiteče do dřezu 0,1 l, za jakou dobu začne prkénko plovat?
- Chvíli poté, co začalo plovat, odložila maminka na plovající prkénko doprostřed kovový nůž, jehož hmotnost je 150 g. Dojde k ponoření prkénka s nožem do vody tak, že se nůž namočí?

FO55EF10 – Na stavbě

Na stavbě vícepatrové budovy je jeřáb pro zvedání do větší výšky a vrátek, pomocí kterého se zvedá náklad jen do nižších pater. Jeřáb zvedá panel o hmotnosti 0,5 t do výšky 25 m rychlostí 40 cm/s. Účinnost motoru jeřábu je 60 %. Dělník pomocí vrátku vytahuje kolečko s maltou o celkové hmotnosti 80 kg do výšky 4 m po dobu 10 s.

- Jak se změní polohová energie panelu a kolečka s maltou při vytažení ze země do uvedené výšky? Jakou práci při tom vykoná motor jeřábu a vrátek?

b) Zjistí výkon jeřábu a výkon vrátku při vytažení nákladu a porovnej je.

c) Jaký musí být příkon motoru jeřábu?

d) Jestliže se pohybová energie tělesa vypočte pomocí vztahu $E_k = \frac{1}{2} m v^2$, kde m je hmotnost tělesa a v je jeho rychlost, zjisti, jakou rychlostí by dopadl panel a jakou rychlostí by dopadlo kolečko s maltou, kdyby došlo k přetržení ocelového tažného lana ve chvíli, kdy jsou tělesa vytažena nahoru a již se nepohybují. Odpor vzduchu při výpočtech zanedbej.

FO55EF11 – El Capitan

El Capitan je jednou z velmi známých skalních stěn, především mezi horolezci. Jedná se o 900 m vysokou stěnu v Yosemitekém údolí v kalifornském pohoří Sierra Nevada. Dlouhou dobu bylo vylezení stěny považováno za nemožné. Nakonec se to v roce 1958 povedlo. Od té doby se stěna stala vyhledávaným cílem horolezců. Jednou z horolezeckých disciplín je lezení na rychlost. V roce 2012 tuto skalní stěnu zdolali horolezci Hans Florine a Alex Honnold v čase 2 h 23 min 46 s.

a) Jaká byla přibližně průměrná rychlost horolezců při lezení?

b) O kolik se změnila polohová energie horolezce při vylezení skalní stěny, jestliže hmotnost horolezce odhadneme na 80 kg? Jakou práci horolezec vykonal?

c) Porovnej výkon horolezce s výkonem jeřábu na stavbě, který zvedá panel o hmotnosti 500 kg do výšky 20 m rychlostí 0,3 m/s.

d) Urči příkon uvedeného jeřábu, jestliže účinnost motoru jeřábu je 60 %.

FO55EF12 – Jak ušetřit při ohřevu vody

Někteří lidé při ohřívání vody v rychlovarné konvici se nestarají, kolik vody v konvici je. Tak se stává, že kvůli ohřevu vody na jeden hrníček kávy či čaje se ohřívá mnohem více vody, než je potřeba. Vezměme v úvahu rychlovarnou konvici s příkonem 2 000 W. Do ní nalijeme nejprve 0,5 l vody o měrné tepelné kapacitě $c = 4 200 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ a teplotě 20 °C a podruhé 1,5 l vody o stejné teplotě. Vodu v obou případech chceme ohřát na teplotu 100 °C. Protože v prvním případě je v konvici více místa pro vznikající páru, voda se může více vypařovat a účinnost je jen asi 75 %. Ve druhém případě je účinnost přibližně 85 %.

a) Vypočítej teplo, které je potřeba k ohřátí vody v obou dvou případech. Který způsob ohřevu je pro nás výhodnější?

b) Jak dlouho se bude voda ohřívát v prvním a ve druhém případě?

c) Je-li konvice připojena do elektrické zásuvky, ve které je napětí mezi zdířkami 230 V, jaký proud protéká přívodními vodiči?

FO55EF13 – Jak ušetřit při ohřevu vody II

Ověř zprávu na internetu: „Lidé přepřelují varné konvice; ohříváním méně vody by se ušetřily miliardy.“ Detaily: Na uvaření 1 šálku kávy o objemu 200 ml dáme vařit 280 ml vody teploty 15 °C, na dva šálky kávy o objemu 2 x 200 ml dáme vařit 480 ml vody; rychlovarná konvice vypíná při teplotě 100 °C. Příkon konvice je 2,00 kW, tepelná účinnost celého zařízení 80 %. Předpokládejme, že každé ráno se uvaří k snídani v České republice 5 000 000 šálků kávy nebo čaje. Jaká by byla roční úspora v České republice, kdyby se dávalo vařit právě jen tolik vody, kolik opravdu je potřeba? Za 1 kWh elektrické práce se zaplatí 4,70 Kč. Počítej nejprve s verzí jednoho šálku, poté s dvěma šálky.

FO55EF14 – Zbytečné svícení

Při odjezdu na rodinnou dovolenou k moři zapomněl syn ve svém pokoji vypnout lampu, ve které byla žárovka o příkonu 60 W. Lampa tak zbytečně svítila během celé dovolené, tedy od 16. hodiny nedělní do další neděle až do 20:00. Když to tatínek po příjezdu zjistil, nebyl moc nadšený a rozhodl se, že syna potrestá.

- Dnešní cena elektrické práce je asi 4,70 Kč za 1 kWh. Jaká byla „zbytečná elektrická práce“ v kWh a v joulech?
- Kolik korun by měl otec synovi strhnout z kapesného, aby částka odpovídala ceně za svícení?
- Otec se však rozhodl, že syna potrestá tak, že si „ztracenou práci“ odpracuje a bude nakládat hlínu na vůz, tj. házet hlínu do výšky 1,5 m. Kolik kilogramů hlíny musí syn přeházet ze země na vůz, aby vykonal stejnou práci?
- I tento trest se otci nezdál a proto vymyslel jiný. Nechal syna vypočítat, z jaké výšky musí dopadat voda na turbínu ve vodní elektrárně, jestliže průtok vody je 0,01 m³/s, výkon elektrárny má být právě 60 W a účinnost elektrárny je neuvěřitelných 100 %. K jakému správnému výsledku se syn měl dopočítat?

FO55EF15 – Fotovoltaická elektrárna

Jako houby po dešti se v České republice objevily fotovoltaické (nesprávně sluneční či solární) elektrárny. Na hranici atmosféry dopadá sluneční záření, jehož výkon na 1 m² je 1 370 W. Na povrch Země se však v našich zeměpisných šířkách dostane v letním poledni záření, jehož výkon na 1 m² je asi 1 000 W, při souvisle zatažené obloze se jedná asi o 100 W a v zimním poledni maximálně 300 W. Z toho při dobrém pohlcení slunečního záření dokážeme využít jen asi 17 %.

- Pokus se stanovit, jaká by musela být plocha panelů, aby jejich výkon v pravé poledne byl přibližně stejný, jako je elektrický výkon tepelné elektrárny v Opatovicích nad Labem. Potřebné údaje si vyhledej.
- Jaká by musela být plocha kolektorů umístěných na střeše rodinného domu, aby v pravé poledne za jasného letního dne maminka mohla vařit na sporáku, jehož příkon je 8 kW?
- Výroba elektřiny pomocí fotovoltaických elektráren je dotovaná, výkupní cena pro elektrárny postavené do roku 2009 je asi 12 Kč za 1 kWh. Jaký je průměrný roční výkon malé elektrárny na střeše domu, jestliže majitel vydělal za rok 12 500 Kč a plocha panelů je 10 m²? Daně ani údržbu elektrárny při výpočtu neber v úvahu. Jakou celkovou elektrickou práci elektrárna vykonala?
- Jedna z největších českých fotovoltaických elektráren je elektrárna Vepřek u obce Nová Ves v okrese Mělník. Podívej se na ni například pomocí GoogleEarth nebo stránek s leteckým pohledem www.mapy.cz a zjisti, jaká plocha orné půdy byla zastavěna.

FO55EF16 – Auto s elektromotorem

V dnešní době si někteří nekupují auto na benzín, plyn, či naftu, ale pořizují si tzv. elektromobil, s kterým nejezdí k benzince, ale nabíjejí si ho doma. Historie těchto vozů je delší více než 100 let. Svě využití také našly ve veřejné dopravě. Například po Ostravě jezdí elektrobuses.

- Jakou průměrnou silou motor elektrobuses pohání, je-li spotřeba asi 1,5 kWh/km a zanedbáme-li ztráty? Dojezd vozu po rovině je v průměru 140 kilometrů. Jakou průměrnou práci vykoná motor při ujetí maximální vzdálenosti?
- Je-li trvalý výkon elektromotoru 120 kW, za jakou dobu urazí vůz dojezdovou vzdálenost? Jakou průměrnou rychlostí přitom pojede? Jakou vzdálenost urazí elektrobuses touto rychlostí za 1 hodinu? Jaká bude při tom spotřeba?

c) Celková kapacita baterie vozu je 300 Ah. Akumulátor vozu je možné dobít ze sítě o napětí 380 V za přibližně 8 hodin při proudu 37,5 A, nebo například rychlonabíjením za asi 4 hodiny při proudu 75 A. V obou případech urči odpor nabíjecího obvodu s baterií.

d) Elektrobuses na rozdíl od tramvají, trolejbusů či některých vlaků nepotřebuje při jízdě kontakt s elektrickým vedením. Proč je nebezpečné vylézat na trolejbusové, vlakové či tramvajové sloupy, nebo na železniční vagony na nádražích, kde je trať elektrifikovaná? Zjisti také, o jaké napětí se v uvedených vedeních jedná.

FO55EF17 – Rozhledna a vysílač na Pradědu

Jestliže se pomocí stránek www.mapy.cz podíváme na letecké snímky okolí Pradědu, zjistíme, že v době vytváření leteckého snímku byla délka stínu vysílače 180 m. Celková výška vysílače je 162 m.

a) Pod jakým úhlem dopadalo sluneční světlo na zem v uvedenou dobu, budeme-li pro jednoduchost uvažovat, že okolí rozhledny je vodorovný povrch? Mohlo se jednat o den v zimě?

b) Jak dlouhý by byl tvůj stín, kdybys v době fotografování stál vedle rozhledny?

c) Rychlost dopadu tělesa na zem z určité výšky lze při zanedbání odporu vzduchu určit pomocí vztahu $v = \sqrt{2hg}$, kde h je výška, z které těleso padalo. Jakou rychlostí by dopadla padesátikoruna na zem, kdyby vypadla z kapsy návštěvníka podobné rozhledny ve výšce 50 m nad zemí? Odpor vzduchu zanedbej. Může dojít k ohrožení něčího života?

FO55EF18 – Laboratorní práce – Chladnutí vody

Úkol:

Jestliže naliješ ohřátou vodu do chladného hrníčku, nastane tepelná výměna mezi vodou a hrníčkem a zároveň i okolním prostředím. V případě, že máš tzv. „hrnek Magic“, který mění barvu v závislosti na teplotě, můžeš částečně tuto tepelnou výměnu pozorovat. My se však zaměříme v experimentální práci na obyčejné hrníčky z domácnosti. Tvým úkolem bude zjistit, jak se mění teplota ohřáté vody v závislosti na čase a na vlastnostech nádoby.

Pomůcky:

Rychlovarná konvice nebo jiný vaříč na ohřev vody, 3 podobné hrníčky přibližně o stejném objemu z různého materiálu (plechový, plastový a skleněný či porcelánový), 3 teploměry, kousek alobalu, stopky, stojan.

Postup:

a) Pod dozorem vyučujícího ohřej vodu v rychlovarné konvici na co největší teplotu a poté nalij asi 200 ml do každého hrníčku. Zároveň do hrníčků umísti teploměry. Optimální je využít stojan, abys teploměry nemusel držet. Vodu nemíchej, urychloval bys vychládání. Změř teplotu vody v jednotlivých hrníčcích a poté prováděj stejné měření vždy po uplynutí 3 minut. Měři asi půl hodiny.

b) Naměřené hodnoty zapiš přehledně do tabulky a následně sestroj grafy závislosti teploty vody na čase v jednotlivých hrníčcích. V kterém případě vody vychladla nejvíce a v kterém nejméně?

c) Zkus vyhledat na internetu či v tabulkách tepelnou vodivost pro materiály, ze kterých jsou hrníčky vyrobené. Shoduje se, že nejvíce vychladla voda v hrníčku, který je z materiálu s největší tepelnou vodivostí?

d) Zopakuj celé měření (postup 1 až 3), ale na hrníčky po nalití vody nyní polož z vrchu alobal. Jak se změní výsledky?

První měření:

Měření číslo	Teplota vody t_1 (°C) v 1. hrníčku	Teplota vody t_2 (°C) v 2. hrníčku	Teplota vody t_3 (°C) v 3. hrníčku
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Druhé měření:

Měření číslo	Teplota vody t_1 (°C) v 1. hrníčku	Teplota vody t_2 (°C) v 2. hrníčku	Teplota vody t_3 (°C) v 3. hrníčku
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Závěr:

Do závěru napiš zjištěné výsledky měření. V kterém případě voda vychládala nejrychleji, nejpomaleji? Jak se změnil výsledek, jestliže na hrníčky byla dána „alobalová poklička“? Shodují se naměřené údaje s teorií, že nejrychleji vychladne voda v hrníčku, který je z materiálu s největší tepelnou vodivostí?