Úlohy 1. kola 62. ročníku Fyzikální olympiády ve školním roce 2020/2021

Databáze pro kategorie E a F

Ve všech úlohách uvažujte tíhové zrychlení $g = 9{,}8\,\mathrm{N/kg} = 9{,}8\,\mathrm{m/s^2}$ a hustotu vody $\varrho = 1\,000\,\mathrm{kg/m^3} = 1\,\mathrm{g/cm^3}$.

FO62EF1-1: Zapomnětlivý řidič

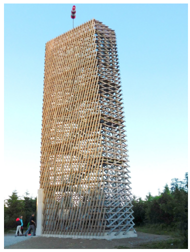
Pan Novák vyjíždí v 6:00 h ráno z vesnice, kde bydlí, do města ve vzdálenosti $s = 80\,\mathrm{km}$. Jede přitom průměrnou rychlostí $v_1 = 50\,\mathrm{km/h}$. Paní Nováková si 10 minut po jeho odjezdu všimne, že doma zapomněl mobil, a vyjede za ním svým autem průměrnou rychlostí $v_2 = 75\,\mathrm{km/h}$.

a) V kolik hodin a jak daleko od vesnice dojede paní Nováková svého manžela?

b) Po předání mobilu, které jim trvá 5 minut, pokračuje pan Novák v cestě průměrnou rychlostí $v_3 = 60\,\mathrm{km/h}$ a paní Nováková se vrací domů do vesnice rychlostí $v_1 = 50\,\mathrm{km/h}$. V kolik hodin dojede pan Novák do města a v kolik hodin se vrátí paní Nováková zpátky domů?

c) Nakreslete do jednoho grafu závislost vzdálenosti od vesnice na čase pro oba manžele.

FO62F1-2: Rozhledna na Velké Deštné



Nová rozhledna na Velké Deštné v Orlických horách otevřená v říjnu 2019 má celkem 5 pater, první o výšce 3,7 m, zbývající o výšce 3,4 m, na vyhlídkovou plošinu v pátém patře musíme vystoupat 96 schodů.

a) V jaké výšce nad zemí je vyhlídková plošina? Jakou výšku má v průměru jeden schod?

b) Dan vyšel první dvě patra za 15 s. Jaká byla jeho průměrná rychlost na tomto úseku?

c) Každé další patro se jeho průměrná rychlost zmenšila o 10 % předchozí hodnoty. Jaká byla jeho průměrná rychlost na posledním úseku? Jak dlouho mu trvalo, než se dostal na vyhlídkovou plošinu?

d) Tom vyšel první dvě patra za 20 s, ale svou rychlost udržel po celou dobu. Který z chlapců byl na vyhlídkové plošině dříve?

FO62EF1-3: Poštolka a hraboš

Poštolka o hmotnosti $m = 220\,\mathrm{g}$ se vznáší ve výšce $h = 20\,\mathrm{m}$ nad polem.

a) Jaká je polohová energie E_p poštolky vzhledem k poli?

b) Popište přeměny mechanické energie poštolky při jejím střemhlavém pádu k zemi po spatření hraboše. Jakou maximální rychlost v může dosáhnout při střemhlavém pádu směrem k zemi? Odpor vzduchu zanedbejte. Dosáhne tuto rychlost při skutečném lovu? Popište jevy, které mají na reálnou rychlost poštolky vliv, u každého rozhodněte, jak se projeví na vámi vypočtené rychlosti.

c) Zakreslete graf závislosti rychlosti poštolky na čase od $v = 0\,\mathrm{m/s}$ do maximální rychlosti vypočítané v části b), jestliže se za každou sekundu její rychlost zvětší o $\Delta v = 9{,}8\,\mathrm{m/s}$. Za jak dlouho se při střemhlavém pádu dostane poštolka k zemi?

d) Hraboš dokáže vyvinout rychlost okolo $v_1 = 9{,}0\,\mathrm{km/h}$. Jaká může být největší bezpečná vzdálenost mezi dvěma norami, aby hraboš stihl přeběhnout z jedné do druhé, aniž by ho poštolka chytila? Reakční doba poštolky je $t_1 = 0{,}25\,\mathrm{s}$, tzn. poštolka začne střemhlav lovit až po 0,25 s od chvíle, kdy hraboše uvidí. Jak se ve výsledku projeví jevy diskutované v části b)?

FO62EF1-4: Skládání písku

Karlovi přivezli $V = 3\,\mathrm{m}^3$ písku o průměrné hustotě $\varrho = 1\,600\,\mathrm{kg/m^3}$ na přestavbu jeho domku. Protože nákladní automobil nemohl projet brankou, složil svůj náklad před vchodem do domku. Karel proto musí písek převézt na místo spotřeby kolečkem, přičemž se na jedno kolečko vejde nejvýše $m_1 = 120\,\mathrm{kg}$ písku.

a) Kolikrát musí Karel jet, než převeze celý náklad?

b) Prázdné kolečko váží $m_\mathrm{k} = 23\,\mathrm{kg}$. Jeho těžiště je ve vzdálenosti $r_1 = 40\,\mathrm{cm}$ od osy kola. Jakou silou F_1 uzvedne Karel prázdné kolečko, jestliže jsou místa uchopení vzdálena od osy kola $r_2 = 1{,}4\,\mathrm{m}$? Kolečko můžeme považovat za jednozvratnou páku.

c) Jakou silou F_2 uzvedne Karel kolečko plné písku? Vzdálenost těžiště plného kolečka od osy kola je $r_3 = 20\,\mathrm{cm}$.

d) Jakou práci W Karel vykoná při nakládání všeho písku na kolečko, zvedá-li plnou lopatu vždy do výšky $h = 40\,\mathrm{cm}$? Práci na zvedání lopaty nezapočítávejte.

FO62EF1-5: MVE Rudolfov I a nádrž Bedřichov

Kulturní památka malá vodní elektrárna Rudolfov I nedaleko Liberce je v provozu od roku 1927. Dvě vysokotlaké Peltonovy turbíny spolu s generátorem mohou při celkovém maximálním objemovém průtoku vody $Q = 0{,}65\,\mathrm{m^3/s}$ dohromady dodávat výkon $P = 916\,\mathrm{kW}$. Z vodní nádrže Bedřichov na Černé Nise je voda k turbínám naváděna potrubím s převýšením $h = 170\,\mathrm{m}$.

a) Jaká je účinnost výroby elektrické energie v této elektrárně?

b) Povodí vodní nádrže má rozlohu $S = 4{,}31\,\mathrm{km}^2$. Při rekordních srážkách koncem července 1897 napadlo v této oblasti za jeden den 345 mm srážek na m^2. Pokud by v té době stála přehrada se zásobním objemem $V = 1{,}709$ miliónů m^3, byla by schopna toto množství vody zadržet?

c) Pokud by v roce 1897 stála i dnešní elektrárna a všechnu napršenou vodu bychom využili k výrobě elektřiny, za jakou dobu by protekla elektrárnou a kolik energie bychom z ní mohli vyrobit? Zvažte, nakolik jsou vypočítané hodnoty reálné.

FO62EF1-6: Akvárium

Filip si chce připravit akvárium s mořskou vodou. Do akvária o vnitřních rozměrech dna $a \times b = 40\,\mathrm{cm} \times 60\,\mathrm{cm}$ a výšce $h = 40\,\mathrm{cm}$ chce dát vodu a v ní rozpustit tolik soli, aby výsledný objem roztoku byl $V = 80$ litrů a hustota $\varrho = 1{,}025\,\mathrm{g/cm^3}$. Tato hustota odpovídá 3% roztoku chloridu sodného (3 % celkové hmotnosti tvoří chlorid sodný NaCl).

a) Jaký objem roztoku by se vešel do akvária, kdyby bylo plné po okraj, a do jaké výšky h_1 bude v akváriu sahat připravený roztok soli o objemu V?

b) Jaká bude celková hmotnost roztoku a kolik soli musí Filip navážit?

c) Filip nasypal do vody sůl, ale zapomněl ji promíchat, takže u dna je hustota roztoku $\varrho_1 = 1{,}050\,\mathrm{g/cm^3}$ a hustota roztoku směrem nahoru klesá tak, že u hladiny je čistá voda o hustotě $\varrho_2 = 1{,}000\,\mathrm{g/cm^3}$. V jaké hloubce pod hladinou se bude nacházet hračka ve tvaru ryby, kterou vhodí do akvária, jestliže její hmotnost je $m_1 = 5{,}10\,\mathrm{g}$ a její objem $V_1 = 5{,}0\,\mathrm{cm^3}$? Můžete ji odhadnout z grafu nebo náčrtku závislosti hustoty na hloubce pod hladinou.

d) Jaká je ve srovnání s hustotou roztoku v akváriu ϱ hustota mořské vody ϱ_m v Mrtvém moři, jestliže u člověka, jehož průměrná hustota je $\varrho_\text{č} = 0{,}98\,\mathrm{g/cm^3}$, zůstává při jeho položení na hladinu moře stále 20 % jeho objemu nad vodou?

FO62EF1-7: Automobil a životní prostředí

V dokumentaci vozu Škoda Fabia se uvádí, že průměrná spotřeba benzínu na 100 km je 4,8 litru pro jízdu mimo město a 7,7 litru pro jízdu ve městě, emise by měly být okolo 140 g CO_2 na ujetý kilometr. Předpokládejte, že během roku ujede řidič s vozem 20 000 km. Spálením z 1 litru benzínu získáme nejvýše 32 MJ tepla, účinnost motoru je asi 22 %.

a) Jak velká by byla spotřeba benzínu za rok jízdy, kdyby řidič jezdil pouze ve městě a kdyby jezdil pouze mimo město?

b) Jakou práci by motor vykonal v těchto případech?

c) Kolik oxidu uhličitého by auto vyprodukovalo za rok do atmosféry?

d) Jestliže během jednoho výdechu produkuje lidské tělo průměrně 0,4 g oxidu uhličitého, kolik vydechne řidič za rok CO_2? Uvažujte dechovou frekvenci 15 výdechů za minutu.

FO62EF1-8: Výstup na Musalu

Ze základního tábora v horském středisku Borovec, které se nachází v nadmořské výšce 1 300 m n. m., vyrazili Václav a jeho kamarád Petr na nejvyšší horu Bulharska i celého Balkánu Musalu, vysokou 2 925 m n. m. po cestě dlouhé $L = 12{,}6\,\mathrm{km}$. Václav i Petr s batohy na zádech se pohybují průměrnou rychlostí $v_1 = 42\,\mathrm{m/min}$ a $v_2 = 28\,\mathrm{m/min}$, bez batohů se pohybují o 50 % většími průměrnými rychlostmi, a to jak do kopce, tak s kopce.

a) Jak dlouho by trval výstup Václavovi a Petrovi, kdyby šli každý samostatně?

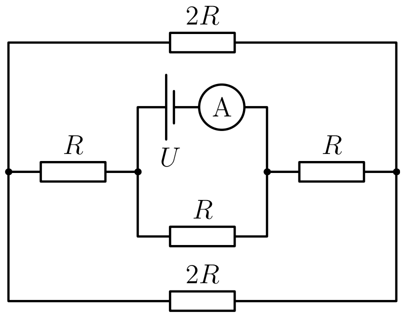
b) Jak dlouho by každému z nich trval výstup, kdyby Václav vyšel až nahoru, odložil batoh, vrátil se Petrovi naproti, vzal na záda jeho batoh a zbytek cesty šli zase každý svou rychlostí?

c) Ve vhodném měřítku zakreslete do jednoho grafu závislost vzdálenosti Václava a Petra od základny v Borovci pro případ b), kdy Václav na vrcholu odloží svůj batoh a jde Petrovi naproti, aby mu odnesl ten jeho.

FO62E1-9: Elektrický obvod

Elektrický obvod na obrázku se skládá z rezistorů o odporu $R = 2{,}0\,\mathrm{k\Omega}$, z rezistorů o odporu $2R = 4{,}0\,\mathrm{k\Omega}$, ideálního zdroje napětí $U = 6{,}0\,\mathrm{V}$ a ideálního ampérmetru (se zanedbatelným odporem). Určete:

a) proud procházející ampérmetrem;
b) proud a napětí na každém rezistoru;
c) teplo, které se uvolní v obvodu (tj. na všech rezistorech dohromady) za 1 minutu.



Obr. 1: K zadání úlohy FO62E1-9

FO62E1-10: Vaření kakaa

Anička chce uvařit k snídani $V = 0{,}50$ litru kakaa. Mléko z ledničky, kde je teplota $t_1 = 4{,}0\,°\mathrm{C}$, nalije do porcelánového hrnku o hmotnosti $m_2 = 0{,}40\,\mathrm{kg}$ a hrnek s mlékem pak ohřívá v mikrovlnné troubě s příkonem $P = 1\,200\,\mathrm{W}$ a účinností ohřevu $\eta = 50\,\%$. Teplota v kuchyni je $t_2 = 20\,°\mathrm{C}$ a stejnou počáteční teplotu má i používané nádobí.

a) Anička zapne mikrovlnku na dobu $\tau_1 = 2{,}0$ minuty. Na jakou teplotu se mléko s hrnkem ohřeje? Odpovídá výsledek vaší zkušenosti s ohříváním v mikrovlnce?
b) Na jak dlouho by měla Anička zapnout mikrovlnku, aby se mléko z teploty t_1 ohřálo na $t_3 = 90\,°\mathrm{C}$ a jaká bude přitom spotřeba elektrické energie?
c) Jak se změní výsledky části b), počká-li Anička, až se teplota mléka ustálí na teplotě okolí, a pak teprve začne mléko ohřívat? Kolik procent energie by ušetřila?

Měrná tepelná kapacita mléka je $c_1 = 3{,}9\,\mathrm{kJ/(kg \cdot °C)}$, porcelánu $c_2 = 1{,}1\,\mathrm{kJ/(kg \cdot °C)}$. Hustota mléka $\varrho = 1{,}1\,\mathrm{g/cm^3}$.

FO62F1-11: (experimentální úloha): hustota dřeva

Dřevo různých stromů má různou hustotu. Martina má dřevěný hranol (popř. kostku) a chce zjistit, o jaké dřevo jde. Poradili jí, aby určila hustotu dřevěného hranolku a podle tabulek určila druh dřeva. Má však k dispozici jen délkové měřidlo (např. pravítko) a úzkou skleněnou nádobu s vodou, v které může hranolek volně plavat. Ze školy už zná Archimédův zákon, tak by ho chtěla použít na změření objemu ponořené části hranolku. Zjistila však, že hranolek plave nakloněný a není jednoduché objem ponořené části dost dobře změřit. Nakonec vymyslela způsob, jak určit hustotu a pomocí tabulek nebo internetu určila i druh dřeva.

a) Najděte si několik dřevěných hranolků (třeba ze stavebnice) s různými poměry délek stran a vyzkoušejte, v jaké poloze ve vodě plavou.
b) Navrhněte postup měření a určete hustoty několika různých hranolků. Můžete vymyslet i více způsobů, každý z nich vyzkoušet a výsledky porovnat. Zvažte,

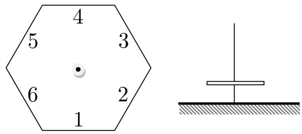
jaké mají jednotlivé postupy výhody a nevýhody a který z nich je nejpřesnější.

c) Posuďte, jaký vliv na přesnost měření mají rozměry hranolku a průměr použité nádoby. Má na měření podstatný vliv teplota vody?

Nakreslete potřebné náčrtky, průběh a výsledky měření zapište do tabulky.

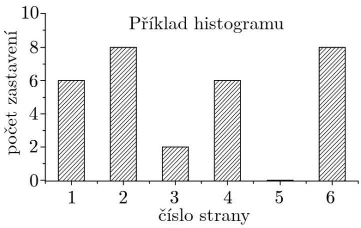
FO62E1-12 (experimentální úloha): dobře vyvážená káča

Ze silnějšího a rovného(!) kartonu pečlivě vystřihněte 2 pravidelné šestiúhelníky (se stejně dlouhými stranami) tak, aby průměr (příčná vzdálenost protilehlých vrcholů) byl 4–8 cm. Doporučujeme šestiúhelníky nejprve co nejpřesněji na karton nakreslit a poté teprve vystřihnout.



Strany šestiúhelníka popište uprostřed číslicemi podle obrázku. Poté jehlou ve středu propíchněte otvor a protáhněte párátko nebo zaostřenou špejli tak, aby na jedné straně trčela část o délce 1–1,5 cm, na druhé 3–6 cm (kratší strana by měla být zaostřena do špičky). Poté párátko/špejli zakápněte lepidlem (nebo tavnou pistolí) a nechte zaschnout tak, aby byla kolmá na rovinu šestiúhelníku a aby se v něm neprotáčela. Nakonec budeme mít k dispozici dvě káči.

Na rovném hladkém stole (lavici, podlaze) roztočte jednu vyrobenou káču tak, aby osa stála svisle. Naše káča se po nějaké době zastaví a zůstane stát na některé straně. Do tabulky zapište číslo strany, na které zůstala stát a pokus opakujte nejméně 100krát. Stejně i pro druhou káču. Dávejte přitom pozor, aby se šestiúhelník nedeformoval. Pro každou káču sestrojte tzv. histogram (viz obrázek), tj. pro každé číslo strany vyneste počet, kolikrát se na ni káča zastavila. Najděte strany s největším a nejmenším počtem zastavení. Je mezi nimi nějaká souvislost? Co můžete říci o přesnosti, s jakou párátko/špejle prochází těžištěm vašeho šestiúhelníku? Mohli byste alespoň jednu káču používat namísto hrací kostky třeba ve hře „Člověče, nezlob se“?



Leták pro kategorie E a F připravila komise pro výběr úloh při ÚKFO České republiky ve složení Dagmar Kaštilová, Věra Koudelková, Jindřich Pulíček a Lukáš Richterek ve spolupráci s autorem úloh Janem Thomasem. Autorem jedné experimentální úlohy je Vladimír Šebeň (FO SR), v jedné úloze byl použit námět z Всесибирской олимпиады по физике 2017. V ilustracích byly použity volně šiřitelné obrázky z Wikipedie, serverů `www.freepik.com`, `www.ourgreenhouse.com`, `pixabay.com` a `pxhere.com`.

Sázeno systémem XƎLaTeX