VÝFUK

VÝpočty Fyzikálních ÚKolů – kores. sem. MFF UK pro ZŠ ročník II číslo 5/7

Úvodem

Milé řešitelky a milí řešitelé,

v rukách držíte páté číslo brožurky. Najdete v ní zadání páté série, řešení třetí série a navíc slibované řešení experimentální úlohy ze série druhé. Aktuální seriál pojednává o zajímavém a netradičním řešení elektrických obvodů.

Na konci brožurky také hledejte výsledkové listiny. Ti, co poslali své údaje, by se v nich měli nalézt. Pokud jste se nenašli, prosíme, doplňte zejména ročník a školu na adresu `vyfuk@fykos.cz`.

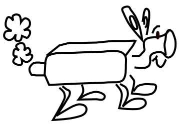
Jarní setkání

Setkání se uskuteční v Praze na konci dubna. V obálce by jste měli mít přiloženou pozvánku. Upozorňujeme, že přihlašovat se můžou i loňští řešitelé Výfuku!

Festival fyzikálních filmů

Organizace P-MAT n.o. ve spolupráci s Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislavě organizuje jedinečný Festival fyzikálních filmů. Je to první festival svého druhu na Slovensku. Autory filmu ale mohou být i žáci základních a středních škol z Česka.

Pokud vás láká natočit vlastní film, sledujte jejich stránky.[1] Pozor, čas se krátí! Řekněte o této soutěži i svým kamarádům nebo spolužákům – nejlepší filmy se budou promítat na Festivalu fyzikálních filmů a autoři vítězných snímků budou oceněni.



Zadání V. série

Termín uploadu: 9. dubna 2013 20.00
Termín odeslání: 8.dubna 2013

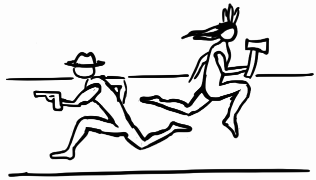
Úloha V.1 ... ℝovnice 3 body

$$\square\left(\bigstar\cdot\blacksquare+\bigstar\cdot\square\cdot\checkmark^{2}\right)=\frac{\bigstar}{\maltese}$$

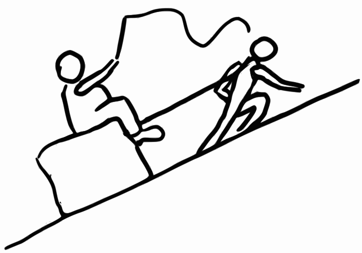
Čemu je rovno $\checkmark$? Jaké podmínky platí pro $\square$, $\bigstar$, $\blacksquare$, $\checkmark$ a $\maltese$? Uvažujte reálná čísla.

[1] `http://www.fyzikalnefilmy.sk/`

Úloha V.2 ... Maratonová 2 body



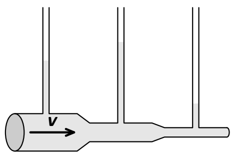
Pepa a Karel se rozhodli trénovat na maraton a vybrali si k tomu nedaleký běžecký ovál, jehož obvod činí 400 m. Postavili se na start a ve stejnou chvíli se oba rozběhli, ovšem každý na jinou stranu. Pepa běžel rychlostí $6\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$ a Karel rychlostí $4\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$. Kolikrát za minutu se budou na běžeckém oválu potkávat? Kolikrát se potkají, než první z nich skutečně uběhne vzdálenost maratonské tratě, tedy 42 km?



Úloha V.3 ... Egypťané 4 body

Při stavbě pyramid v údolí Nilu museli otroci táhnout velké kamenné kvádry s hmotností $M = 1\,000\,\mathrm{kg}$ po nakloněných rovinách se sklonem 30°. Minimální síla, kterou musel každý1 z deseti robotníků vyvinout při táhnutí nahoru, byla $\boldsymbol{F}_{\mathrm{H}} = 1\,200\,\mathrm{N}$. Naopak síla, kterou museli otroci kámen držet, aby jim po rovině nesklouzl dolů, byla jenom $\boldsymbol{F}_{\mathrm{D}} = 900\,\mathrm{N}$. Z poskytnutých údajů zjistěte koeficient smykového tření f mezi kamenem a nakloněnou ovinou.

Úloha V.4 ... Potrubí 5 bodů



V laboratoři máme nainstalované speciální potrubí složené ze tří úseků, přičemž průřez každého úseku je o polovinu menší než předcházející. V těchto úsecích máme nainstalované manometry, viz obrázek. Jsou to úzké tenké trubičky připojené kolmo na potrubí určené k měření tlaku v proudící kapalině. Výška, do které kapalina v manometru vystoupá, odpovídá hydrostatickému tlaku v potrubí. Vaší úlohou bude kvalitativně nakreslit a *zdůvodnit*, jak budou vypadat výšky hladin ve třech manometrech našeho potrubí, když jím bude protékat ideální kapalina rychlostí $\boldsymbol{v}$. Předpokládejte, že manometry ústí do potrubí ve stejné výšce.

Klíčová slova Bernoulliho rovnice, rovnice kontinuity.

Úloha V.E ... Dolů kopcem 8 bodů

K experimentu budete potřebovat nakloněnou rovinu a kuličku[2], kterou budete spouštět dolů rovinou z různých výšek[3]. Pak budete měřit rychlost kuličky v ústí nakloněné roviny. Jak?

[2]Ideální je hopík nebo kulička, která nebude prokluzovat.

[3]Myslíme výšku místa na nakloněné rovině, odkud kuličku spouštíme.

Jednoduše: zařídíte, aby kulička co nejplynuleji prošla na vodorovnou rovinu, kde můžeme předpokládat, že její pohyb je rovnoměrný. Pak změříte čas, za který kulička projede nějakou dráhu. Z toho už rychlost určíte snadno.

Měření zopakujte pro různé výšky a naměřené hodnoty zakreslete do grafu závislosti druhé mocniny rychlosti v^2 od výšky h. Pokud jste měřili správně, vaše závislost by se měla dát proložit přímkou. Pak určete *směrnici* této přímky k.

Tu zjistíte následovně: vyberete si 2 libovolné, dostatečně vzdálené body na přímce se souřadnicemi $[x_1; y_1]$ a $[x_2; y_2]$. Pak k lze vypočítat jako

$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\,.$$

Pro k navíc platí

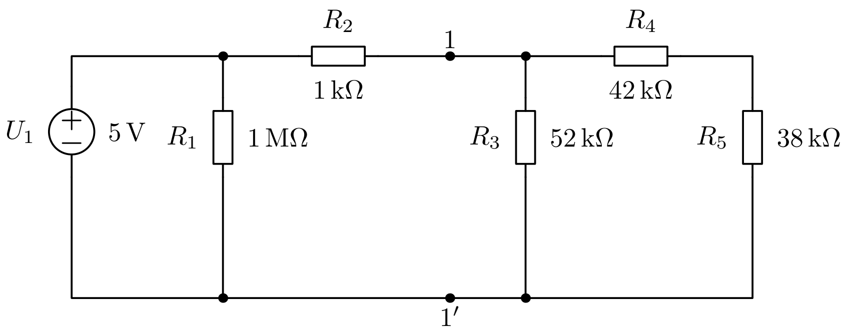
$$k = \frac{10}{7} g\,.$$

Pomocí tohoto vztahu určete tíhové zrychlení g. Opět nezapomeňte své měření dostatečně popsat. Liší-li se vaše hodnota g vůči tabelované hodnotě $g_{\mathrm{Tab}} = 9{,}81\,\mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$, popište, co mohlo odchylku způsobit.

Úloha V.C ... Thevenin

5 bodů

Část obvodu se zdrojem nahraďte pomocí Theveninova náhradního obvodu vzhledem ke svorkám 1, 1′. Řešením bude výsledné schéma obvodu, které bude obsahovat nový zdroj a jeho hodnotu napětí, vnitřní odpor a jeho hodnotu a připojenou zátěž.



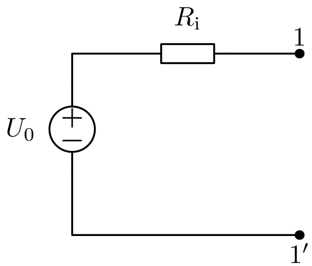
Výfučtení: Elektrické obvody

Minulý rok jsme pro vás připravili seriál na velmi podobné téma. Bylo neobvykle nazváno „Dopravní značka v elektrotechnice“. Tento díl seriálu pojednával o základech elektrických obvodů, elektrotechnických značkách, elektrických veličinách, Ohmově zákoně a elementárních metodách výpočtu. Elementární metody jsou ty nejjednoduší, jde o sériové nebo paralelní, popř. serio-paralelní řazení.

V dnešním dílu seriálu o elektrických obvodech budeme předpokládat, že úplné základy znáte. Pokud tomu tak není, můžete si nastudovat loňský díl.[4]

Theveninův náhradní obvod

Je-li je obvod složitější, tak si můžeme buď ulehčit práci, nebo zadaný obvod pomocí elementárních funkcí vůbec nejde řešit. Můžeme použít Theveninův teorém, který nám říká, že obvod mezi libovolnými dvěmi svorkami nahradíme náhradním Theveninovým obvodem.



Obr. 1: Náhradní Theveninův obvod

Na obrázku 1 vidíme náhradní Theveninův obvod, který se skládá ze zdroje ideálního napětí U_0 a vnitřního odporu R_i. Tímto způsobem můžeme namodelovat i neideální zdroj napětí.

Zdroje kolem nás jsou sice neideální,[5] ale u většiny je jejich vnitřní odpor dostatečně malý. Proto ho můžeme považovat za téměř ideální.

Vraťme se k našemu problému. Mějme „složitější“ elektrický obvod – viz obrázek 2 a budeme chtít vypočítat napětí a proud na rezistoru R_Z. Náhradu uděláme vzhledem ke svorkám 1, 1′. Nahradíme levou část obvodu (zdroj $U_1 = 3\,\mathrm{V}$ a rezistory $R_1 = 1\,\mathrm{k\Omega}$ a $R_2 = 2\,\mathrm{k\Omega}$). Pravé části většinou říkáme zátěž (rezistor $R_\mathrm{Z} = \frac{1}{3}\,\mathrm{k\Omega}$).

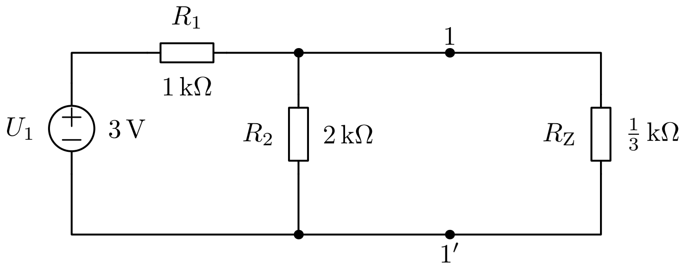
Pro náhradu použijeme následující postup:

1. Nejprve odpojíme zátěž (obrázek 3).
2. Následně určíme napětí naprázdno U_0. Toto napětí (jak název napovídá) je napětí na svorkách při odpojené zátěži.
3. Nakonec výstup zkratujeme (obrázek 4) a vypočítáme proud nakrátko I_k.
4. Vnitřní odpor určíme jako $R_\mathrm{i} = U_0/I_\mathrm{k}$.

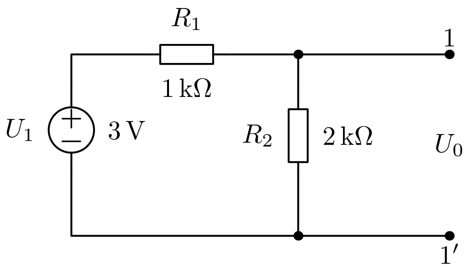
Protože uvažujeme jenom ideální zdroje napětí a rezistory, tato náhrada bude opravdu odpovídat skutečnosti.

[4] `http://vyfuk.fykos.cz/vyfuk/rocnik1/serie2.pdf`

[5] Ideální zdroj neexistuje, protože by musel mít nulový vnitřní odpor.



Obr. 2: Ukázkový obvod



Obr. 3: Odpojená zátěž

Pro náš případ budou hodnoty následující. Napětí na svorkách je stejné jako napětí na rezistoru R_2. Jde o dělič napětí.[6]

$$U_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1 = \frac{2\,\mathrm{k\Omega}}{1\,\mathrm{k\Omega} + 2\,\mathrm{k\Omega}} \cdot 3\,\mathrm{V} = 2\,\mathrm{V}\,.$$

Při výpočtu proudu nakrátko I_k si všimneme, že rezistor R_2 je „vyzkratován“ a nepoteče jím žádný proud. Proto proud nakrátko určíme celkem snadno z Ohmova zákona.

$$I_\mathrm{k} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3\,\mathrm{V}}{1\,\mathrm{k\Omega}} = 3\,\mathrm{mA}\,.$$

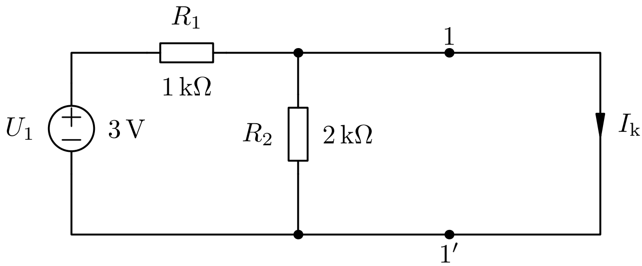
Z tohoto zákona rovněž vypočítáme vnitřní odpor R_i.

$$R_\mathrm{i} = \frac{U_0}{I_\mathrm{k}} = \frac{2\,\mathrm{V}}{3\,\mathrm{mA}} = \frac{2}{3}\,\mathrm{k\Omega}\,.$$

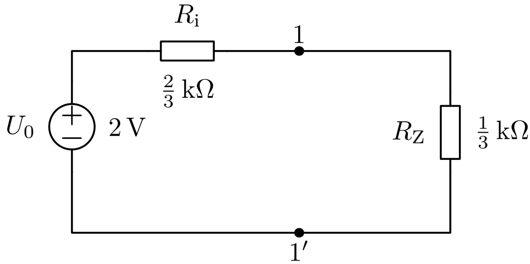
Nyní sestavíme náhradní obvod a zpátky k němu připojíme zátěž (obrázek 5). Vidíme, že se nám obvod zjednodušil, takže můžeme dopočítat proud tekoucí zátěží.

$$I_\mathrm{Z} = \frac{U_0}{R_\mathrm{i} + R_\mathrm{Z}} = \frac{2\,\mathrm{V}}{\frac{2}{3}\,\mathrm{k\Omega} + \frac{1}{3}\,\mathrm{k\Omega}} = 2\,\mathrm{mA}\,.$$

[6] Pokud nevíte, co je to dělič napětí, tak si pomůžeme výpočtem proudu procházejícího rezistory. Proud $I_{R_{12}} = U_1/(R_1 + R_2)$. Dále napětí na rezistoru $U_{R_2} = R_2 I_{R_2} = R_2 I_{R_{12}} = R_2 U_1/(R_1 + R_2) = U_1 R_2/(R_1 + R_2)$.



Obr. 4: Obvod „na krátko“



Obr. 5: Náhradní obvod pro ukázkový příklad

Z tohoto proudu dopočítáme napětí na zátěži.

$$U_\mathrm{Z} = R_\mathrm{Z} I_\mathrm{Z} = \frac{1}{3}\,\mathrm{k\Omega} \cdot 2\,\mathrm{mA} = \frac{2}{3}\,\mathrm{V}\,.$$

A teď už je to na vás. Můžete se pustit do řešení seriálové úlohy. Pokud vám nebude něco jasné, obraťte se na autora seriálu na e-mailové adrese `xlfd@fykos.cz`.

Řešení III. série

Úloha III.1 ... Zverimex

2 body; průměr 1,54; řešilo 106 studentů

Ve zverimexu prodávají krmivo pro ptáky Fykosáky a právě vyhlásili sezonu slev. Je výhodnější koupit balení s 30% slevou, nebo s 20 % krmiva navíc zdarma? Kolik musí být sleva a množství zdarma, aby bylo oboje stejně výhodné?

K tomu, abychom mohli porovnat výhodnost obou balení, si musíme vyjádřit, kolik zaplatíme za určité množství krmiva (ale lze i naopak: zjistíme, kolik krmiva připadá na určitý peněžní obnos). Pokud bude původní cena c a množství krmiva m, pak při slevě 30 % za množství m zaplatíme pouze $70\,\% \cdot m$.

V případě druhého balení, kdy dostaneme 20 % krmiva navíc zdarma, zaplatíme $100\,\% \cdot c$ za $120\,\% \cdot m$. Abychom zjistili, kolik zaplatíme za $100\,\% \cdot m$, musíme využít trojčlenku:

$$120\,\% \cdot m \ldots\ldots 100\,\% \cdot c\,,$$
$$100\,\% \cdot m \ldots\ldots 100\,\% \,\frac{100\,\%}{120\,\%} \cdot c \doteq 83\,\% \cdot c\,.$$

Víme již, že v prvním případě zaplatíme $70\,\% \cdot c$ a ve druhém $83\,\% \cdot c$ za množství krmiva m. Výhodnější je tedy koupit si balení se slevou 30 %.

V druhé části úlohy jsme měli zjišťovat slevu a množství zdarma tak, aby obě balení byla stejně výhodná, což znamená, že tzv. jednotková cena j (poměr celkové ceny balení ku celkovému množství) musí být u obou balení shodná. V případě, že budeme slevňovat, bude jednotková cena rovna

$$j = \frac{100\,\% - x}{100\,\%}\,,$$

kde x je sleva v procentech. Jednotková cena pro množství zdarma bude

$$j = \frac{100\,\%}{100\,\% + y}\,,$$

kde y je množství krmiva navíc v procentech. Pro stejnou jednotkovou cenu pak musí platit

$$\frac{100\,\% - x}{100\,\%} = \frac{100\,\%}{100\,\% + y}\,.$$

Z této rovnice si můžeme úpravou vyjádřit buďto slevu x, nebo množství krmiva zdarma y

$$x = \frac{100\,\% \cdot y}{100\,\% + y}\,,$$
$$y = \frac{100\,\% \cdot x}{100\,\% - x}\,.$$

Jediné, co teď již zbývá, je dosadit do získaných obecných rovnic a zjistit výsledek. Pokud slevíme jedno balení o 30 %, musíme do druhého přidat přibližně 43 % krmiva zdarma a naopak – pokud přidáme 20 %, musíme druhé balení slevit o přibližně 17 %.

Radka Štefaníková
`radka@fykos.cz`

Úloha III.2 ... Kladka

2 body; průměr 0,77; řešilo 95 studentů

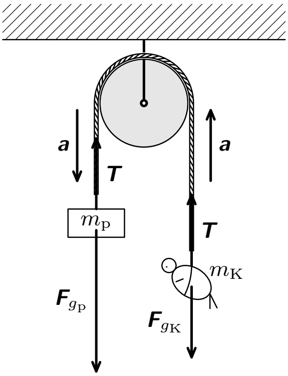
Zedníci Karel & Kryšpín právě dokončují opravy Matfyzu. Na střeše mají připevněnou kladku o zanedbatelné hmotnosti, která pracuje bez tření. Karel na střeše přivázal na lano pytel o hmotnosti $m_1 = 75\,\mathrm{kg}$. *Na zemi jistí lano Kryšpín o hmotnosti* $m_2 = 50\,\mathrm{kg}$ *tak, že je na lano přivázaný. Karel & Kryšpín si však brzy uvědomili, že gravitace funguje, a tak má Kryšpín o zážitek postaráno. Matfyzáka u okna v 5. patře zajímá, jakou silou je napínáno lano, na kterém visí Kryšpín. Můžete mu poradit?*

Na obrázku jsou znázorněny síly působící na tělesa a lano na kladce. Pytel má větší hmotnost než Kryšpín, a proto výslednice působících sil uvádí tělesa do zrychleného pohybu tak, že pytel padá k zemi a Kryšpín je vytahován vzhůru. Mezi pytlem a Kryšpínem je pevné napnuté lano, které mezi nimi udržuje konstantní vzdálenost. Z toho vyplývá, že obě tělesa se pohybují se stejným zrychlením a.

Mnozí z vás jste toto zrychlení do vašich úvah nezapočítali. Vždy musíme vycházet z nějakého platného zákonu. Tady nám 2. Newtonův zákon říká, že výslednice působících sil způsobuje zrychlení tělesa. Proto sčítáme síly[7] působící na pytel a Kryšpína.

$$F_\mathrm{p} = F_{g_\mathrm{p}} - T\,,$$
$$F_\mathrm{K} = -F_{g_\mathrm{K}} + T\,.$$

Za tíhovou sílu si dosadíme a výslednou sílu položíme dle Newtona rovnu součinu hmotnosti a zrychlení. Tyto rovnice se také nazývají pohybové rovnice



Obr. 6: Situace

$$m_\mathrm{p} a = m_\mathrm{p} g - T\,,$$
$$m_\mathrm{K} a = -m_\mathrm{K} g + T\,.$$

Všimněme si, že tahovou sílu lana T jsme označili na obou koncích lana stejně. To proto, že tyto síly jsou si rovny i ve skutečnosti. Kdyby stejné nebyly, ihned by na kladku působila nějaká nenulová výsledná síla, která by kladku ještě více roztočila. Pytlu i Kryšpínovi by dodala ještě větší zrychlení, které by podle pohybových rovnic právě vyrovnali nerovnováhu síly T.

Když jsme si jisti, že rovnice máme zapsané správně, můžeme si ze soustavy pohybových rovnic vyjádřit zrychlení a. Nejdříve obě rovnice sečteme a výsledný vztah poté upravíme.

$$m_\mathrm{p} a + m_\mathrm{K} a = m_\mathrm{p} g - m_\mathrm{K} g\,,$$
$$a\left(m_\mathrm{p} + m_\mathrm{K}\right) = g\left(m_\mathrm{p} - m_\mathrm{K}\right)\,,$$
$$a = g\frac{m_\mathrm{p} - m_\mathrm{K}}{m_\mathrm{p} + m_\mathrm{K}}\,.$$

Vztah pro zrychlení nyní dosadíme do jedné z pohybových rovnic a vyjádříme si tahovou sílu lana T.

$$T = m_\mathrm{K} a + m_\mathrm{K} g = m_\mathrm{K} g\frac{m_\mathrm{p} - m_\mathrm{K}}{m_\mathrm{p} + m_\mathrm{K}} + m_\mathrm{K} g =$$
$$= m_\mathrm{K} g\frac{m_\mathrm{p} - m_\mathrm{K} + m_\mathrm{p} + m_\mathrm{K}}{m_\mathrm{p} + m_\mathrm{K}}\,,$$
$$T = g m_\mathrm{K}\frac{2m_\mathrm{p}}{m_\mathrm{p} + m_\mathrm{K}}\,,$$
$$T = 9{,}81\,\mathrm{N{\cdot}kg^{-1}} \cdot 50\,\mathrm{kg} \cdot \frac{2 \cdot 75\,\mathrm{kg}}{75\,\mathrm{kg} + 50\,\mathrm{kg}} = 588{,}6\,\mathrm{N}\,.$$

Pokud pytel dopadne na zem, tělesa jsou v klidu, tedy jejich zrychlení je nulové. Z 2. Newtonova zákona jsou také i výslednice sil u obou těles nulové. To znamená, že na Kryšpína působí

[7] Síly působící nahoru mají znaménko kladné, síly působící dolů záporné.

gravitační síla $m_\mathrm{K}g$, kterou vyrovnává v opačném směru tahová síla lana, jejíž hodnota je také $m_\mathrm{K}g$. Tahová síla lana je stejná v celé jeho délce, a proto působí na pytel síla $m_\mathrm{K}g$ a ve stejném směru působí na pytel i zem[8] tak, že tyto síly vyrovnávají tíhovou sílu.

Proto síla po dopadu je

$$T = m_\mathrm{K}g = 9{,}81\,\mathrm{N{\cdot}kg^{-1}} \cdot 50\,\mathrm{kg} = 490{,}5\,\mathrm{N}\,.$$

O kladkách a o tahových silách v lanech si můžete více přečíst v dokumentu na adrese[9].

Eliška Pilátová
eliska@fykos.cz

Úloha III.3 ... Sluníčko

2 body; průměr 1,16; řešilo 57 studentů

Odhadněte, kolik hmoty ztratí Slunce za jeden den tím, že září energii. Potřebné údaje hledejte na internetu.

Očekává se alespoň nějaká úvaha a výpočet, najít přímo tuto hodnotu nestačí. Nezapomeňte uvést své zdroje.

K úbytku hmotnosti Slunce dochází zejména[10] dvěma způsoby. Prvním z nich je uvolňování samotné sluneční plasmy, tedy zejména elektronů a iontů, které je nejintensivnější během slunečních erupcí. Ze zadání však plyne, že v této úloze nás zajímá druhý způsob ztráty hmoty – elektromagnetické záření, jehož podstatná část je ve viditelné části spektra (světlo).

Veličina, jíž je možno poměrně rozumně měřit v pozemských podmínkách, je intensita dopadajícího záření, tedy výkon dopadajícího záření na jednotku plochy (kolmé na dopadající paprsky). Dá se nalézt,[11] že tato hodnota činí ve vzdálenosti, kde se nachází Země (tj. $r = 1\,\mathrm{AU} \doteq 1{,}5 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}$), zhruba $I = 1367\,\mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$.

Veškeré sluneční záření projde pomyslnou kulovou plochou, která jej uzavírá. Vezměme si takovou kulovou plochu o poloměru $r = 1\,\mathrm{AU}$. Slunce září do všech směrů zhruba stejně, takže všude na povrchu této sféry dopadá záření o výše uvedené intensitě I. Povrch kulové plochy je $4\pi r^2$, takže celkový výkon záření je

$$P = 4\pi r^2 I\,.$$

Jak souvisí tento výkon s úbytkem hmotnosti? Použijeme známý vzoreček pro ekvivalenci hmoty m a energie E, $E = mc^2$, kde $c \doteq 3{,}00 \cdot 10^8\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$ je rychlost světla.

Úbytek hmotnosti v časovém úseku Δt označme Δm, podobně vyzářenou energii ΔE. Tato vyzářená energie je rovna součinu vyzařovaného výkonu a příslušného časového úseku, tedy

$$\Delta E = P\Delta t\,,$$
$$\Delta m\, c^2 = 4\pi r^2 I \Delta t\,,$$

[8] Odborně je to síla od podložky.

[9] http://fks.sk/~juro/docs/kladky.pdf

[10] Kromě uvedených iontů, elektronů a elektromagnetického záření (fotonů) vysílá Slunce i další subatomární částice, například neutrina.

[11] http://cs.wikipedia.org/wiki/Sluneční_konstanta

kde jsme dosadili za výkon a úbytek energie výše. Když rovnici vydělíme c^2 a dosadíme číselné hodnoty, dostáváme

$$\Delta m = \frac{4\pi r^2 I \Delta t}{c^2} = \frac{4\pi \cdot \left(1{,}5 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}\right)^2 \cdot 1\,367\,\mathrm{W{\cdot}m^{-2}} \cdot 86\,400\,\mathrm{s}}{\left(3{,}00 \cdot 10^8\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}\right)^2} \approx 3{,}7 \cdot 10^{14}\,\mathrm{kg}\,,$$

kde jsme dle zadání dosadili $\Delta t = 1\,\mathrm{den} = 86\,400\,\mathrm{s}$.

Za den tedy ve formě elektromagnetického záření ztratí asi $3{,}7 \cdot 10^{14}$ kg své hmoty.

Poznámky k došlým řešením

Většina z vás nezačala od intensity záření, ale našla si rovnou celkový výkon slunečního záření $P \approx 4 \cdot 10^{26}$ W. Takové řešení, bylo-li bez nedostatků, bylo oceněno plným počtem (2) bodů. Poněvadž v takovém případě byla úloha velice jednoduchá a většina dospěla ke správnému číselnému výsledku, hodnotili jsme především úroveň zpracování, za kterou obvykle příliš bodů nestrháváme, nicméně chceme, abyste na ni dbali[12], a to (ve vašem vlastním zájmu) nejlépe nejen při řešení Výfuku.

Nejčastější prohřešky byly trojího druhu.

Prvním z nich bylo neúplné uvádění nebo neuvádění zdrojů údajů, které jste si vyhledali. Pakliže citujete webovou stránku, je nutno uvádět celou adresu stránky (tak, jak to můžete vidět zde v brožurce pod čarou). Pouhé jméno webového serveru (např. `cs.wikipedia.org`) nestačí, informace jako *zdroj: internet* už vůbec ne.

Druhým byla nedbalá práce s fyzikálními jednotkami. Je nutné, abyste psali *všude* správné jednotky, v každém kroku výpočtu. Není možné, aby za jedním rovnítkem jednotky zmizely a na konci výpočtu se opět zázračně zjevily – fyzikální veličiny mají svůj rozměr pořád. Možná to někteří učitelé tolerují nebo to sami dělají špatně. To však nic nemění na tom, že je to špatně. Těm z vás, kterým to není zcela jasné, doporučujeme přečíst si studijní text z první série.[13]

Do třetice upozorňuji na nedostatečné slovní komentáře k řešením. Řešení pište tak, aby je mohl pochopit i ten, kdo si úlohu sám předtím nevyřešil, což řešení, v němž je jen řada vzorců a čísel, bez vysvětlení, které veličiny symboly ve vzorcích představují, rozhodně nesplňuje.

K těmto třem typickým chybám je asi vhodné zmínit ještě jeden obvyklý nedostatek, jímž je nezaokrouhlování. Zaokrouhlujte výsledek nejlépe na takový počet platných číslic, kolik má nejméně přesný zadaný údaj. Pokud si naleznete, že Slunce má zářivý výkon $4 \cdot 10^{26}$ W (tedy údaj s přesností na jednu platnou číslici), nepište, že za den Slunce ztratí 384 000 000 004 800 kg. To by totiž odpovídalo tomu, že výsledný údaj má přesnost na 15 platných číslic, což je evidentní nesmysl. Místo toho napište, že ztratí $4 \cdot 10^{14}$ kg, což odpovídá přesnosti dosazené hodnoty (1 platná číslice).

Marek Nečada
`marekn@fykos.cz`

Úloha III.4 ... Masakr

6 bodů; průměr 4,84; řešilo 82 studentů

Existuje celá řada prověřených postupů, jak měřit rychlost letící střely. Dnes si za pomoci broku vystřeleného ze vzduchovky demonstrujeme jednu z metod založených na kinematice hmotného bodu. Pro pokus budeme potřebovat dva papírové kotouče opatřené úhlovou stupnicí, metr

[12] `http://vyfuk.fykos.cz/jak-psat-reseni/zasady`
[13] `http://vyfuk.fykos.cz/vyfuk/rocnik2/serie1.pdf`

a samozřejmě i provozuschopný palebný arzenál. Jeden kotouč umístíme čelně před druhý do vzdálenosti 40 cm *tak, aby se shodovaly jejich úhlové stupnice, a za pomoci předem připraveného zařízení oba roztočíme tak, že každý kotouč za minutu vykoná* 1 800 *otáček. Dále, pokud možno po přesném cílení, vypálíme kolmo proti kotoučům brok ze vzduchovky tak, abychom se strefili do stupnice. Po zastavení motůrků otáčejících kotouči zjistíme, že prostřelený úhel na prvním kotouči je 268 a na druhém 292 stupňů. Nyní byste i vy měli být schopni rychlost letící střely vypočítat, což je také vaším hlavním úkolem. Mimochodem, dokázali byste říci, jaká je zjevná nevýhoda této metody?*

Označme n počet otáček kotouče za minutu, l horizontální vzdálenost mezi kotouči, α_1 úhel odečtený z prvního kotouče, α_2 úhel odečtený z druhého kotouče a v rychlost letící střely.

Vzhledem k tomu, že se oba kotouče otáčejí stejným směrem, se stejnou frekvencí a se stejnou počáteční výchylkou (úhel nastavený na kotouči při zahájení rotace), pak doba, za kterou se pootočí během průletu střely o úhlový rozdíl $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$, je rovna době, za kterou střela urazí horizontální vzdálenost mezi oběma kotouči.

Asi nejvhodnějším početním postupem je výpočet přes úhlovou rychlost v_α definovanou jako

$$v_\alpha = \frac{\Delta\alpha}{t}\,,$$

nebo též pomocí frekvence f otáčení kotoučů, tedy počet otáček za sekundu

$$v_\alpha = 360^\circ f\,.$$

Jednotka úhlové rychlosti je $^\circ{\cdot}\mathrm{s}^{-1}$.

Porovnáním těchto rovnic můžeme vyjádřit hledaný vztah pro čas

$$\frac{\Delta\alpha}{t} = 360^\circ f\,,$$

$$t = \frac{\Delta\alpha}{360^\circ f}\,.$$

Je patrné, že pro dosazení je třeba určit i frekvenci, a to pomocí logického vztahu

$$f = \frac{n}{t} = \frac{1\,800}{60\,\mathrm{s}} = 30\,\mathrm{Hz}\,.$$

V tomto kroku udělala řada z vás chybu, přičemž si tento fakt někteří na konci výpočtu uvědomili, když jim vycházela nadzvuková rychlost střely. Z toho plyne rada pro příště – nezdají-li se vám výsledky, vždy vše pečlivě přepočítejte!

Výslednou frekvenci společně s ostatními veličinami dosadíme do rovnice pro čas

$$t = \frac{}{292^\circ - 268^\circ}360^\circ \cdot 30\,\mathrm{Hz} = 2{,}22 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s}\,.$$

Jak bylo již dříve zmíněno, tak doba, za kterou urazí střela vzdálenost l mezi kotouči, je rovna době, za kterou se pootočí kotouče o úhlový rozdíl $\Delta\alpha$. Proto tuto dobu dosaďme do vztahu pro rychlost

$$v = \frac{l}{t} = \frac{0{,}4\,\mathrm{m}}{2{,}22 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s}} = 182\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}\,.$$

Jaké jsou nevýhody zmíněné metody? Předně musíte cílit opravdu přesně, střela musí projít kotouči kolmo. Musíte zanedbat odpor vzduchu, papíru, rotaci střely či její parabolický let.

Navíc, vypočtená rychlost není úsťovou rychlostí zbraně, ale průměrnou rychlostí střely mezi jednotlivými kotouči. Konečně, největší nevýhodou je pak volba frekvence otáčení kotoučů. Zvolíme-li ji špatně, snadno se nám stane, že se kotouče protočí i vícekrát během průletu střely a my tedy výpočtem získáme špatný výsledek.

Tomáš Zadražil
tomasz@fykos.cz

Úloha III.E ... Čajíček

6 bodů; průměr 2,55; řešilo 71 studentů

Změřte účinnost rychlovarné konvice při ohřevu vody z 20 °C na 60 °C. (Pokud nebudete mít k dispozici teploměr daného rozsahu, změřte pro jiné teploty, nezapomeňte je však uvést.) Účinnost je poměr mezi teplem odevzdaným vodě v konvici a dodanou elektrickou energií. Údaje o příkonu konvice hledejte na ní.

Teorie

Jak bylo uvedeno v zadání, účinnost určíme jako podíl tepla odevzdaného vodě v konvici a dodané elektrické energie

$$\eta = \frac{Q}{E}\,.$$

To znamená, že účinnost je poměr mezi tzv. užitečnou prací, která slouží požadovanému účelu (v tomto případě ohřev vody), a prací (tj. elektrickou energií), která je dána příkonem konvice a je nutná na celkový provoz. Užitečná práce, tedy dodané teplo, je

$$Q = mc\,(t_2 - t_1)\ ,$$

kde c je měrná tepelná kapacita, pro vodu má hodnotu $4\,180\,\mathrm{J\cdot kg^{-1}\cdot {}^\circ C^{-1}}$. Celková elektrická energie, kterou konvice odebere ze sítě za čas ohřevu τ, je

$$E = P_o\tau\,,$$

kde P_o značí příkon konvice, který bývá uveden výrobcem na štítku na konvici. Účinnost potom vypočítáme podle vzorce

$$\eta = \frac{mc\,(t_2 - t_1)}{P_\mathrm{o}\tau}\,.$$

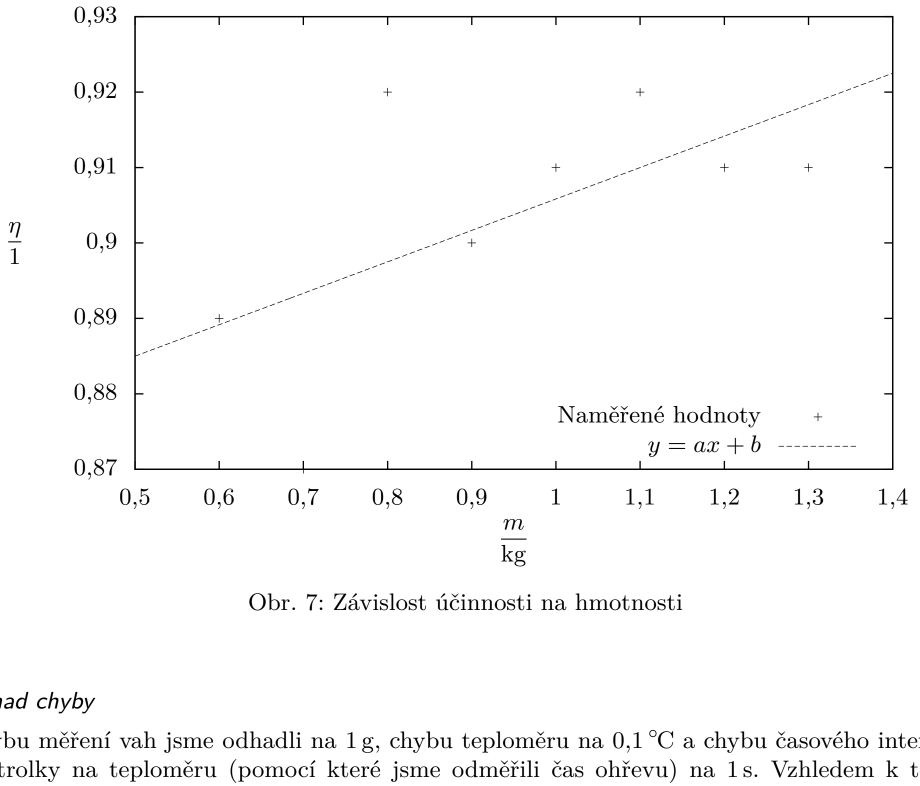
Ten nám říká, že pokud chceme účinnost konvice určit experimentálně, musíme změřit hmotnost vody v konvici, změnu její teploty a čas, za který tato změna nastane.

Postup

K experimentu byl použit digitální teploměr, který má čidlo umístěné na dlouhém tenkém drátku. Toto čidlo zaznamenává okolní teplotu každých 35 s za doprovodu světelného signálu (bliknutí červené kontrolky). Hodnota teploty zobrazené na displeji se po jednom měření změní maximálně o cca 20 °C, proto pro měření většího teplotního rozdílu během krátkého časového intervalu je třeba počkat alespoň na druhé měření teploty, tj. 70 s.

Do varné konvice o příkonu v rozmezí 2000 W – 2400 W jsme pomocí digitálních vah odvážili 800 g vody o teplotě přibližně 20 °C. Hmotnostní ztráty při přelévání do konvice považujme za zanedbatelné. Poté jsme čidlo teploměru ponořili do vody tak, aby se nedotýkalo dna ani stěny a víko konvice jsme zavřeli. Počkali jsme na první světelný signál teploměru, zaznamenali zobrazenou teplotu vody, konvici zapnuli a zároveň pro kontrolu zapnuli i stopky. Po celkově třetím světelném signálu (tzn. 70 s od začátku ohřívání) jsme konvici spolu se stopkami vypnuli. Abychom mohli přesně určit, o kolik stupňů se teplota vody zvětšila, počkali jsme na čtvrtý signál a nově zobrazenou teplotu zapsali. Po dobu všech čtyř signálů bylo víko konvice zavřené, takže nedocházelo k příliš velkým teplotním ztrátám. Celé měření jsme opakovali pro několik různých hmotností vody, abychom zjistili, zda je účinnost ovlivněna množstvím kapaliny v konvici (předpokládáme, že taková závislost existuje kvůli následující úvaze: na ohřátí konvice (ne vody) je také třeba jisté teplo. Při vyšším objemu vody se poměr tohoto tepla vůči teplu dodanému vodě stává menším, což znamená, že účinnost by měla růst). Mezi jednotlivými měřeními jsme konvici vždy vypláchli studenou vodou, aby byly výsledky minimálně zkreslené.

Poznámka. Nezáleží na tom, zda měříme čas, po který dlouho trvá ohřev vody mezi dvěma předem danými teplotami (jak bylo uvedeno v zadání), nebo měříme rozdíl teplot v předem daném časové intervalu, jak jsme kvůli praktickému provedení měřili my.



Obr. 7: Závislost účinnosti na hmotnosti

Odhad chyby

Chybu měření vah jsme odhadli na 1 g, chybu teploměru na 0,1 °C a chybu časového intervalu kontrolky na teploměru (pomocí které jsme odměřili čas ohřevu) na 1 s. Vzhledem k tomu, že jsou všechny veličiny zatíženy pouze malou relativní chybou, můžeme při výpočtu chyby účinnosti využít zákon o sčítání malých relativních chyb. To znamená, že při násobení a také při dělení naměřených veličin určíme relativní chybu vypočítané veličiny jako součet relativních chyb naměřených veličin.

Výsledky měření

Tabulka 1: Naměřené a vypočtené hodnoty

Měření	m [kg]	t_1 [°C]	t_2 [°C]	τ [s]	η pro $P_o = 2000\,\mathrm{W}$ [-]	η pro $P_o = 2400\,\mathrm{W}$ [-]
1	0,6	22,6	72,0	70	$0{,}89 \pm 0{,}02$	$0{,}74 \pm 0{,}01$
2	0,7	22,4	64,0	70	$0{,}87 \pm 0{,}02$	$0{,}72 \pm 0{,}01$
3	0,8	22,5	60,9	70	$0{,}92 \pm 0{,}02$	$0{,}76 \pm 0{,}02$
4	0,9	22,6	56,0	70	$0{,}90 \pm 0{,}02$	$0{,}75 \pm 0{,}01$
5	1,0	22,2	52,8	70	$0{,}91 \pm 0{,}02$	$0{,}76 \pm 0{,}01$
6	1,1	22,4	50,4	70	$0{,}92 \pm 0{,}02$	$0{,}77 \pm 0{,}02$
7	1,2	22,7	48,1	70	$0{,}91 \pm 0{,}02$	$0{,}76 \pm 0{,}01$
8	1,3	22,6	46,1	70	$0{,}91 \pm 0{,}02$	$0{,}76 \pm 0{,}01$

Průměrná účinnost varné konvice pro $P_\mathrm{o} = 2000\,\mathrm{W}$ je

$$\eta = (90 \pm 2)\ \%\,,$$

pro $P_\mathrm{o} = 2\,400\,\mathrm{W}$ vychází

$$\eta = (75 \pm 1)\ \%\,.$$

Dostali jsme dvě hodnoty účinnosti, které nám určují rozmezí, ve kterém se účinnost konvice nachází. Tím, jak výrobce udává široký rozptyl příkonu konvice, se z našeho poměrně velmi přesného měření stává měření velmi nepřesné. Naměřená účinnost konvice se nachází v rozmezí

$$\eta = (74\text{–}92)\ \%\,.$$

Ještě zkusme prozkoumat již dříve zmíněnou možnost závislosti účinnosti na hmotnosti ohřívané vody.

Pro příkon 2 000 W jsme sestrojili graf závislosti účinnosti na hmotnosti. V grafu 7 můžeme vidět mírný vzestup hodnot účinnosti s rostoucí hmotností vody. Nicméně tento vzestup není tolik zřetelný, tudíž účinnost na hmotnosti nejspíš výrazně nezávisí.

Diskuze

Experimentálně jsme určili účinnost rychlovarné konvice. Použitá metodika (digitální měřidla, čidlo teploměru na tenkém drátku umožňujícím úplné zavření víka konvice a tím omezení ztrát tepla) nám umožnila nepřímo změřit účinnost s poměrně velkou přesností (relativní odchylka pouze 2 %). Bohužel ale kvůli širokému rozptylu možného příkonu konvice, který jsme nemohli ovlivnit, se i výsledná účinnost konvice nachází v širokém rozpětí. Nepodařilo se nám významně prokázat závislost účinnosti ohřevu na hmotnosti. Pokud nějaká taková závislost existuje, byla v našem experimentu překryta příliš velkou chybou měření, kvůli které nemůžeme s dostatečnou jistotou její existenci potvrdit ani vyvrátit.

Poznámky k došlým řešením

S výpočtem účinnosti jste si téměř všichni bez problémů poradili. Přesto jsme bohužel často nemohli dát více bodů. Toto je experimentální úloha, která vyžaduje měření. Důležité je tedy zapsat postup, jaký jste zvolili (tak, aby podle něj mohl být pokus kýmkoli jiným zopakován), a samozřejmě měření několikrát opakovat. Pokud toto ve vašem řešení chybělo, nebylo bodové ohodnocení příliš vysoké.

Veronika Dočkalová
`verca@fykos.cz`

Úloha III.C ... Co se to děje?

5 bodů; průměr 2,23; řešilo 47 studentů

a) Zjistěte, jakou jednotku mají součiny pV a nRT.
b) 1 mol *ideálního plynu jsme izobaricky zahřáli o* 20 K. *O kolik stoupnul tlak, když víme, že původní tlak byl $p_0 = 50\,000\,\mathrm{Pa}$ a objem $V_0 = 1\,\mathrm{m}^3$?*
c) Překreslete pT diagram na obrázku na pV diagram. Vypočítejte makroskopickou práci, kterou při tomto ději plyn vykonal.

Jednotka súčinu pV je rovná jednotke tlaku (Pa) vynásobenej jednotkou objemu (m^3). Bohužiaľ, v texte seriálu bol rozmer pascalu zle udaný – správna hodnota má byť $\mathrm{Pa} = \mathrm{kg{\cdot}m^{-1}{\cdot}s^{-2}}$. Ďakujeme početnej skupine riešiteľov, ktorí si tento omyl všimli a zároveň sa zaň ospravedlňujeme.[14] Súčin jednotiek stačí iba upraviť

$$[pV] = \mathrm{kg{\cdot}m^{-1}{\cdot}s^{-2}} \cdot \mathrm{m}^3 = \mathrm{kg{\cdot}m^2{\cdot}s^{-2}} = \mathrm{J}\,.$$

K rovnakému výsledku dospejeme aj pri druhom súčine

$$[nRT] = \mathrm{mol} \cdot \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol{\cdot}K}} \cdot \mathrm{K} = \mathrm{J}\,.$$

To, že sme dostali rovnaké jednotky, je dôležit – *musí* to tak byť, pretože rovnica $pV = nRT$ musí platiť aj pre jednotky.

Zaujímavé je zamyslieť sa, prečo nám vyšli práve jednotky energie, jouly. Naznačili sme to už v seriáli. Pravá strana rovnice obsahuje teplotu, o ktorej sme si povedali, že je nejaký vnútorný prejav energie plynu. Ľavá strana rovnice zasa popisuje vonkajší prejav tej istej energie – plyn s väčšou energiou má vyšší tlak a/alebo objem.

Druhá časť úlohy bola podfuk – ak plyn zohrievame *izobaricky*, znamená to, že jeho tlak sa nemení. Tlak teda nestúpol :-). Viacerí z vás ste počítali zmenu objemu, ktorú sme od vás nevyžadovali. Preto pripomíname: *ak by vám v budúcnosti nebolo v zadaní niečo jasné, neváhajte a vaše otázky píšte na adresu* `vyfuk@fykos.cz`*, kde vám radi odpovieme.*

V poslednej časti úlohy sme mali za úlohu prekresliť pT diagram na pV diagram. Musíme teda identifikovať jednotlivé deje, ktoré plyn zažíva. Deje $2 \to 3$ a $4 \to 1$ sú celkom zjavne deje izobarické – vidíme, že tlaky p_1 a p_2 sa počas jednotlivých dejov nemenia. Problematickejšia je druhá dvojica dejov. Väčšina správne určila, že sú to deje izochorické, neuviedla však správny argument prečo. Pozrime sa na to spoločne: vidíme, že sú to priamky, ktoré *prechádzajú nulou* – táto podmienka je dôležitá, ukážeme si dôvod:

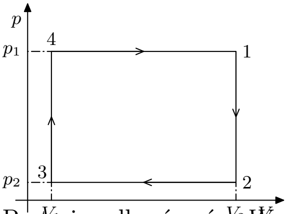
[14] „Náš ústav se vám, pane Hudečku, mými ústy co nejsrdečněji omlouvá za toto politování hodné nedopatření, ke kterému dochází maximálně jednou za deset let!“ – Jáchyme, hoď ho do stroje!

Všeobecná priamka ako funkcia $y(x)$ je popísaná rovnicou $y = ax + b$, pre priamku prechádzajúcu nulou platí $b = 0$, teda zápis funkcie je jednoducho $y = ax$. Porovnajme si tieto vzťahy so vzorcom pre izochorický dej odvodený v seriáli

$$p = \frac{nR}{V} T \,.$$

Hneď vidíme, že závislosť $p(T)$ má rovnaký tvar závislosti ako priamka prechádzajúca nulou. Priamka, ktorá neprechádza nulou buď nepopisuje ideálny plyn, alebo popisuje nejakú komplikovanejšiu sústavu, pre ktorú neplatí stavová rovnica uvedená vyššie.

Tým sme dokázali, že plyn vykoná 2 izochorické a 2 izobarické deje. pV diagram bude teda tvoriť pekný obdĺžnik.



Spočítať makroskopickú prácu je jednoduché – je to jednoducho plocha obdĺžnika so stranami $p_1 - p_2$ a $V_2 - V_1$. V zadaní sa však objemy nevyskytujú, preto by sa patrilo ich vyjadriť zo stavovej rovnice pomocou zadaných teplôt a tlakov. Pre body 1 a 3 platí

$$V_2 = nR\frac{T_2}{p_1} \qquad V_1 = nR\frac{T_1}{p_2} \,.$$

Preto je celková práca W

$$W = (p_1 - p_2)(V_2 - V_1) = nR(p_1 - p_2)\left(\frac{T_2}{p_1} - \frac{T_1}{p_2}\right) =$$

$$= nR\,(p_1 - p_2)\left(\frac{p_2T_2 - p_1T_1}{p_1p_2}\right) \,.$$

Patrik Švančara
`patrik@fykos.cz`

Řešení II. série

Úloha II.E ... Ředím, ředíš, ředíme. 4 body; průměr 1,85; řešilo 60 studentů

Se zadáním jste dostali 2 kovové kancelářské sponky. Pokud budete dostatečně šikovní, pak položíte kovovou sponku na hladinu čisté vody tak, aby na ní plavala.

Když ale do vody přidáte trochu mýdla, tak tento úkol už není tak jednoduchý.

Při jaké koncentraci mýdla sponka „dobrovolně“ klesne na dno? Nezapomeňte měření zopakovat vícekrát a popsat chybu měření!

Pokud položíme kancelářskou sponku na hladinu tak, aby se nepotopila, potom říkáme, že sponka plove na hladině. Docílit toho, aby na hladině plavala (třeba kraula) se nám asi těžko podaří. To, že sponka plove na hladině vody i přesto, že je těžší než voda, je způsobeno povrchovým napětím vody.

Uvnitř kapaliny na molekulu vody působí přitažlivé síly okolních molekul ze všech stran a výslednice sil je nulová. U rozhraní voda-vzduch jsou „krajní“ molekuly přitahovány molekulami vody, které jsou jenom z jedné strany, a tudíž si kapalina „drží“ krajní molekuly. Proto kapaliny vytváří kapky.

Tyto síly také způsobí, že sponka plove na hladině a nepotopí se. Když přidáme dostatečné množství tekutého mýdla nebo prostředku na mytí nádobí (těmto látkám říkáme detergenty), tak se povrchové napětí sníží a sponka klesne ke dnu.

Mnozí z vás jste přišli na to, že po přidání nejmenšího měřitelného množství (cca 0,1 ml) detergentu se sponka potopí. Odtud vidíme, že množství, které stačí na potopení, bude celkem malé. Proto si nejprve připravíme roztok vody s detergentem a ten budeme přidávat. Tímto způsobem můžeme připravit výsledný roztok, kde je jen velmi málo detergentu (10^{-3} ml).

Naměřené hodnoty

Výsledky měření udává tabulka 2.

Tabulka 2: Naměřené hodnoty.

směs č.	0	1	2	3	4	5
objem vody [ml]	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
objem mýdla [ml]	–	1	–	–	–	–
objem směsi č.1 [ml]	–	–	1	5	10	15
počet spadlých sponek [ks]	0	10	0	0	1	10
počet plovajících sponek [ks]	10	0	10	10	9	0
koncentrace detergentu [10^{-5}]	0	9 990	9,98	49,7	98,9	148

V této tabulce najdete i vypočtené objemové koncentrace roztoku podle vzorce

$$w = \frac{V_1 w_1 + V_2 w_2}{V_1 + V_2}\,,$$

kde w je výsledná objemová koncentrace, V_n je objem n-té složky a w_n je objemová koncentrace n-té složky.

Výsledky

Na sponku působí její tíha, která je kompenzována silami, které vyvolává povrchové napětí. My tyto síly zmenšujeme, až při určité koncentraci jsou překonány a sponka klesne ke dnu. Výsledná koncentrace bude v intervalu koncentrací, který je ohraničen takovými koncentracemi, kdy z měření určitě víme, že sponky buď plovou na hladině, nebo klesají ke dnu.

Objemová koncentrace, kdy sponka klesne ke dnu, je zaokrouhleně $(10 \pm 5) \cdot 10^{-4}$. Vidíme, že naše měření je zatíženo velkou chybou. Takže můžeme spíše mluvit o úspěšném řádovém odhadu: zjistili jsme, že i velmi malá koncentrace detergentu má na povrchové napětí velký vliv.

Petr Pecha
`xlfd@fykos.cz`

Pořadí řešitelů po III. sérii

Kategorie šestých ročníků

	jméno	škola	1	2	3	4	E	C	III	%	Σ
	Student Pilný	MFF UK	2	2	2	6	6	5	**23**	*100*	**71**
1.	*Miroslav Šafář*	ZŠ, Znojmo, Mládeže 3	2	2	–	4	1	–	**9**	*55*	**35**
2.	*Martin Schmied*	G Jihlava	2	0	2	4	2	2	**12**	*51*	**25**
3.–4.	*Vít Kučera*	1. ZŠ TGM Milevsko	1	1	1	–	3	–	**6**	*48*	**10**
3.–4.	*Marta Stehlíková*	Masarykova ZŠ, Ždánice	1	0	–	4	–	–	**5**	*63*	**10**
5.	*Stanislava Košáková*	ZŠ Strakonice, Dukelská	1	0	–	–	–	–	**1**	*67*	**8**
6.–7.	*Petr Kolář*		–	–	–	–	–	–	–	*78*	**7**
6.–7.	*Nora Prokešová*	První české G, Karlovy Vary	2	–	–	–	–	–	**2**	*100*	**7**
8.	*Pavla Mašková*	2. ZŠ JAK Milevsko	–	–	–	–	–	–	–	*83*	**5**
9.–10.	*Nikola Müllerová*	ZŠ Nová Paka, Husitská	2	0	–	–	–	–	**2**	*67*	**4**
9.–10.	*Václav Nevyhoštěný*	ZŠ Letovice	–	–	–	–	–	–	–	*67*	**4**
11.	*Martin Burget*		–	–	–	–	–	–	–	*33*	**3**
12.	*Pavel Svoboda*	ZŠ Jílovská, Praha	–	–	–	–	–	–	–	*100*	**2**
13.–15.	*Tereza Březinová*	ZŠ a MŠ Znojmo, Pražská 68	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**1**
13.–15.	*Tereza Burianová*	ZŠ a MŠ Znojmo, Pražská 68	–	–	–	–	–	–	–	*14*	**1**
13.–15.	*Kateřina Hledíková*	ZŠ TGM, Bojkovice	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**1**
16.–18.	*Ondřej Benáček*	ZŠ a MŠ Znojmo, Pražská 68	–	–	–	–	–	–	–	*0*	**0**
16.–18.	*Tomáš Kudera*	ZŠ a MŠ Znojmo, Pražská 68	–	–	–	–	–	–	–	*0*	**0**
16.–18.	*Romana Nehybová*	ZŠ a MŠ Znojmo, Pražská 68	–	–	–	–	–	–	–	*0*	**0**

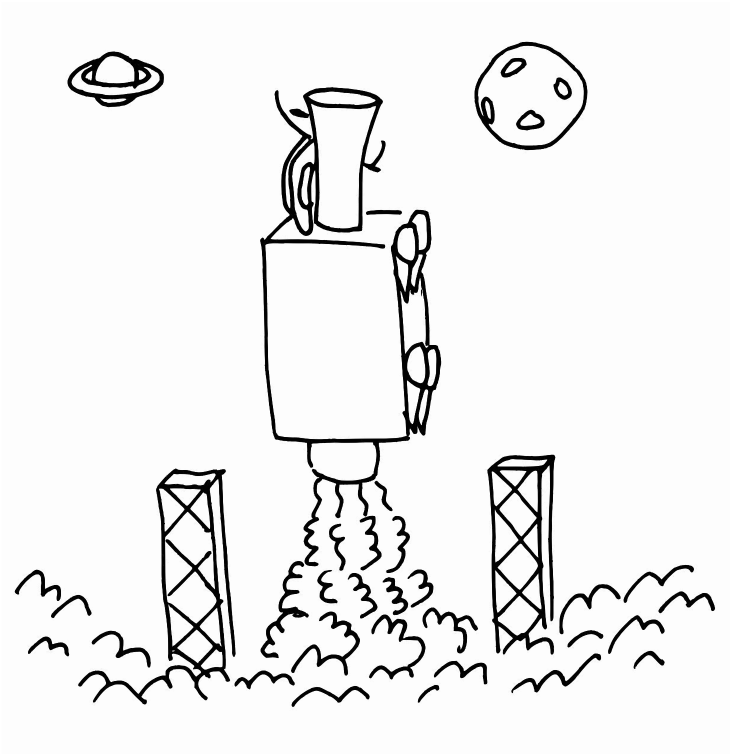
Kategorie sedmých ročníků

	jméno	**škola**	**1**	**2**	**3**	**4**	**E**	**C**	**III**	**%**	**Σ**
	Student Pilný	MFF UK	2	2	2	6	6	5	**23**	*100*	**71**
1.	*Erik Kočandrle*	G, Mikulášské nám. 23, Plzeň	2	2	3	5	3	4	**19**	*82*	**58**
2.	*Markéta Kaiserová*	ZŠ Schulz. sady, Dvůr Králové	2	1	1	5	4	5	**18**	*70*	**50**
3.	*Jakub Sochor*	G, Blovice	2	2	1	6	2	2	**15**	*56*	**34**
4.–5.	*Kateřina Pšeničková*	ZŠ, Lupáčova, Praha	2	2	1	5	2	2	**14**	*60*	**33**
4.–5.	*Ladislav Trnka*	ZŠ a MŠ B. Reynka, Lípa	1	2	2	6	4	1	**16**	*72*	**33**
6.	*Veronika Přikrylová*	G J. Škody, Přerov	1	1	1	6	2	–	**11**	*52*	**32**
7.	*Jan Pokorný*	G J. V. Jirsíka, Č. Budějovice	2	0	2	6	4	3	**17**	*79*	**31**
8.–10.	*Václav Brož*	G Christiana Dopplera, Praha	2	0	–	–	4	–	**6**	*70*	**28**
8.–10.	*Lucie Hercíková*	G O. Březiny a SOŠ, Telč	1	0	–	5	2	3	**11**	*48*	**28**
8.–10.	*Kateřina Rosická*	G J. Ortena, Kutná Hora	1	2	–	6	2	1	**12**	*70*	**28**
11.–12.	*Nikola Bartková*	G, Olomouc – Hejčín	0	1	–	6	0	–	**7**	*51*	**23**
11.–12.	*Eleonora Krůtová*	Klvaňovo G Kyjov	1	–	–	–	3	–	**4**	*74*	**23**
13.	*Jiří Blaha*	G Uherské Hradiště	–	–	1	6	3	3	**13**	*75*	**21**
14.–15.	*Ludmila Hlávková*	ZŠ Šlapanice	–	–	–	–	–	–	–	*53*	**19**
14.–15.	*Ivana Horáčková*	G Havlíčkův Brod	–	–	–	–	–	–	–	*73*	**19**
16.–17.	*Martin Křemek*	G, Hranice	–	–	–	–	–	–	–	*65*	**17**
16.–17.	*Martin Pernica*	G a ZUŠ, Šlapanice	2	0	2	6	–	–	**10**	*77*	**17**
18.	*Hynek Prát*	ZŠ a MŠ Mikulčice	2	1	–	5	–	–	**8**	*70*	**16**
19.	*Tadeáš Erban*	ZŠ a MŠ Petřiny – jih, Praha	1	1	0	–	–	–	**2**	*43*	**15**
20.–21.	*Klára Adámková*	G Jana Keplera, Praha	2	–	–	–	–	–	**2**	*74*	**14**
20.–21.	*Sára Elichová*	G Jana Keplera, Praha	1	2	–	6	–	–	**9**	*61*	**14**
22.–26.	*David Hudák*	ZŠ a MŠ Ořechov	2	0	0	–	2	–	**4**	*29*	**13**
22.–26.	*Ondřej Charvát*	První české G, Karlovy Vary	2	0	1	–	–	0	**3**	*52*	**13**
22.–26.	*Šimon Kubík*	G Christiana Dopplera, Praha	–	0	–	6	–	–	**6**	*76*	**13**
22.–26.	*Josef Sabol*	G, Chotěboř	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**13**
22.–26.	*Štěpán Šmíd*	G Brno, tř. Kpt. Jaroše 14	2	–	–	3	–	–	**5**	*76*	**13**
27.	*Martin Motejlek*	SG Dr. Randy, Jablonec n. N.	2	–	–	–	–	–	**2**	*100*	**11**
28.–29.	*Petr Martinek*		–	0	–	5	–	–	**5**	*45*	**10**
28.–29.	*Jan Procházka*	G, Židlochovice	–	–	–	–	–	–	–	*77*	**10**
30.–32.	*Martina Ivanova*	ZŠ Litovel, Vítězná 1250	–	–	–	–	–	–	–	*56*	**9**
30.–32.	*Michael Mallý*	ZŠ JIH, Mariánské Lázně	–	–	–	–	–	–	–	*53*	**9**
30.–32.	*Miroslava Sloupová*	ZŠ a MŠ Nýrsko, Komenského	–	–	–	–	–	–	–	*45*	**9**
33.–35.	*Marek Gottwald*	ZŠ Litovel, Vítězná 1250	–	–	–	–	–	–	–	*62*	**8**
33.–35.	*Sára Kopúnová*	PORG, Praha	–	–	–	–	–	–	–	*89*	**8**
33.–35.	*Václav Kůla*	G, Strakonice	–	–	–	–	–	–	–	*40*	**8**
36.–41.	*Jan Bartoň*	G Zábřeh	–	–	–	–	–	–	–	*70*	**7**
36.–41.	*Vítek Horčička*	G J. Škody, Přerov	–	–	–	–	–	–	–	*54*	**7**
36.–41.	*Martin Kadlec*	ZŠ JAK, Karlovy vary	–	–	–	–	–	–	–	*47*	**7**
36.–41.	*Barbora Lejsková*	G, U Balvanu, Jablonec n. N.	–	–	–	–	–	–	–	*35*	**7**
36.–41.	*Kristýna Paulusová*	G Cheb	–	–	–	–	–	–	–	*27*	**7**
36.–41.	*Kateřina Tymlová*	G, Blovice	1	0	–	–	–	–	**1**	*70*	**7**
42.–45.	*Marek Božoň*	ZŠ, Dělnická, Karviná	–	–	–	–	–	–	–	*67*	**6**
42.–45.	*Iva Bublíková*	G Cheb	–	–	–	–	–	–	–	*26*	**6**
42.–45.	*Alena Jirková*	G P. de Coubertina, Tábor	–	–	–	–	–	–	–	*67*	**6**
42.–45.	*Benjamín Petržela*	ZŠ Frýdek-Místek, ČSA 570	–	–	–	–	–	–	–	*60*	**6**
46.–48.	*Zbyněk Holan*	G, Voděradská, Praha	2	1	–	–	–	–	**3**	*83*	**5**
46.–48.	*Tomáš Martiník*	Wichterlovo G, Ostrava	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**5**
46.–48.	*Marie Sejkorová*	ZŠ Pardubice – Polabiny	–	–	–	–	–	–	–	*83*	**5**
49.–50.	*Kateřina Bartošová*	ZŠ Karlovy Vary, Poštovní 33	–	–	–	–	–	–	–	*44*	**4**
49.–50.	*Jiří Halberštát*	ZŠ Sokolov, Běžecká 2055	2	–	–	–	–	–	**2**	*50*	**4**
51.–56.	*Alžběta Fiľová*	Masarykovo G, Vsetín	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**3**
51.–56.	*Karel Jirgl*	ZŠ Brno, Sirotkova 26	0	1	–	–	–	–	**1**	*33*	**3**
51.–56.	*Natali Kaufholdová*	ZŠ Jihlava, Nad Plovárnou	–	–	–	–	–	–	–	*33*	**3**
51.–56.	*Tereza Pospíšilová*	ZŠ a MŠ Šlapanov	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**3**
51.–56.	*Jan Tym*	ZŠ Šumperk, Šumavská 21	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**3**
51.–56.	*Jiří Žalud*	ZŠ Tachov, Zárečná 1540	–	–	–	–	–	–	–	*15*	**3**

Kategorie osmých ročníků

	jméno	škola	1	2	3	4	E	C	III	%	Σ
	Student Pilný	MFF UK	2	2	2	6	6	5	**23**	*100*	**71**
1.	*Jan Preiss*	G, Lovosice	2	2	2	5	4	3	**18**	*80*	**57**
2.	*Denisa Chytilová*	G J. Škody, Přerov	2	1	1	5	2	2	**13**	*75*	**47**
3.	*Anna Mlezivová*	G P. de Coubertina, Tábor	2	–	3	4	3	2	**14**	*75*	**39**
4.	*Ondřej Konicar*	ZŠ Bílovice nad Svitavou	2	0	0	4	2	3	**11**	*52*	**37**
5.	*Tomáš Dvořák*	G, SOŠ, SOU a VOŠ, Hořice	1	1	0	6	2	1	**11**	*49*	**33**
6.–7.	*Dan Kellner*	ZŠ Karlovy Vary, Krušnohorská 11	2	2	0	5	–	3	**12**	*66*	**31**
6.–7.	*Michal Zobaník*	ZŠ Hranice, Tř. 1. máje	1	2	–	4	2	3	**12**	*49*	**31**
8.–9.	*Richard Fleischhans*	G, Benešov	2	2	–	6	2	–	**12**	*74*	**28**
8.–9.	*Jiří Křesák*	ZŠ a ZUŠ Horažďovice	1	0	0	5	3	–	**9**	*60*	**28**
10.–11.	*Veronika Venclová*	ZŠ, Nasavrky	2	0	2	5	2	–	**11**	*54*	**26**
10.–11.	*Lukáš Vlček*	G, Mikulášské nám. 23, Plzeň	2	0	–	4	–	–	**6**	*76*	**26**
12.–13.	*Radka Janků*	G, Ostrov	2	1	–	6	3	3	**15**	*63*	**25**
12.–13.	*Adéla Seidelmannová*	ZŠ J. Pravečka, Výprachtice	2	1	–	5	3	–	**11**	*78*	**25**
14.	*Yan Stepanyshyn*	G, Mikulášské nám. 23, Plzeň	1	1	2	–	2	1	**7**	*44*	**24**
15.–16.	*Vít Beran*	Masarykovo G, Plzeň	0	0	0	5	2	2	**9**	*41*	**23**
15.–16.	*Martin Hejl*	1. ZŠ TGM Milevsko	2	1	–	4	1	–	**8**	*55*	**23**
17.–18.	*Ondřej Teplík*	ZŠ Ústí nad Labem, Stříbrnická	0	–	–	–	1	3	**4**	*41*	**22**
17.–18.	*Jan Trejbal*	G Luďka Pika, Plzeň	2	0	–	6	3	–	**11**	*63*	**22**
19.	*Viktorie Grussmannová*	Mendlovo G, Opava	1	1	–	4	3	–	**9**	*46*	**19**
20.–22.	*Eliška Cejnarová*	G a SOŠ, Jaroměř	–	–	–	–	–	–	–	*52*	**17**
20.–22.	*Josef Pekař*	ZŠ Vodňany, Alešova 50	1	–	–	–	–	–	**1**	*52*	**17**
20.–22.	*Adam Šišpera*	G J. A. Komenského, Uh. Brod	–	0	0	–	2	–	**2**	*33*	**17**
23.–25.	*Petr Bečvář*	ZŠ E. Beneše a MŠ Písek, Mírové	1	–	1	–	–	–	**2**	*75*	**15**
23.–25.	*Vojtěch Melichar*	ZŠ, Liberec, Oblačná	–	0	–	5	–	–	**5**	*88*	**15**
23.–25.	*Lukáš Neshyba*	ZŠ a MŠ Staré Hobzí	–	–	–	–	–	–	–	*58*	**15**
26.–29.	*Petr Hebký*	ZŠ Jihlava, Křížová 33	1	0	1	–	2	1	**5**	*29*	**14**
26.–29.	*František Jurák*	ZŠ a ZUŠ, Liberec, Jabloňová	2	1	–	5	–	–	**8**	*61*	**14**
26.–29.	*Monika Machalová*	Slovanské G, Olomouc	–	–	–	–	–	–	–	*39*	**14**
26.–29.	*Pham Lan Phuong*	G Cheb	2	–	1	–	–	–	**3**	*88*	**14**
30.–32.	*Vladimír Jirka*	G P. de Coubertina, Tábor	–	–	–	–	–	–	–	*65*	**13**
30.–32.	*Martin Orság*	G a SOŠZZE Vyškov	1	–	3	–	–	–	**4**	*100*	**13**
30.–32.	*Matouš Pikous*	Podještědské G, Liberec	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**13**
33.–35.	*Zuzana Klimsová*	G Jihlava	1	0	–	–	–	–	**1**	*60*	**12**
33.–35.	*Daniel Ridzoň*	ZŠ Norbertov, Praha	1	0	1	–	–	–	**2**	*46*	**12**
33.–35.	*Silvie Zbořilová*	G, Jeseník	1	0	–	5	1	–	**7**	*32*	**12**
36.	*David Slavíček*	G Brno-Řečkovice	–	–	–	–	–	–	–	*55*	**11**
37.–41.	*Barbora Jedličková*	ZŠ a MŠ Tasovice	–	–	–	–	–	–	–	*33*	**10**
37.–41.	*Pham The Huynh Duc*	G, Šumperk	–	–	–	–	–	–	–	*77*	**10**
37.–41.	*Andrea Podskalská*	G Brno, tř. Kpt. Jaroše 14	–	–	–	–	–	–	–	*59*	**10**
37.–41.	*Petr Schonherr*	ZŠ Liberec, Sokolovská 328	–	–	–	–	–	–	–	*77*	**10**
37.–41.	*Veronika Vávrová*	ZŠ újezd, Kyjov	1	0	–	5	–	–	**6**	*43*	**10**
42.–45.	*Radek Gadas*	ZŠ, Liberec, Oblačná	–	0	–	–	0	2	**2**	*30*	**9**
42.–45.	*Jan Rosenthaler*	2. ZŠ Plzeň	–	–	–	–	–	–	–	*23*	**9**
42.–45.	*Tomáš Troján*	G Cheb	1	0	0	2	–	–	**3**	*29*	**9**
42.–45.	*Veronika Tupá*		–	–	–	–	2	–	**2**	*41*	**9**

	jméno	**škola**	**1**	**2**	**3**	**4**	**E**	**C**	**III**	**%**	**Σ**
	Student Pilný	MFF UK	2	2	2	6	6	5	**23**	*100*	**71**
46.–48.	*Helena Havelková*	Biskupské G, Brno	–	–	–	–	–	–	–	*50*	**8**
46.–48.	*Michaela Kleslová*	ZŠ Karlovy Vary, Poštovní 33	–	–	–	–	–	–	–	*40*	**8**
46.–48.	*Roman Krása*	ZŠ jazyků Karlovy Vary	1	0	–	4	–	–	**5**	*29*	**8**
49.–53.	*Hana Hladíková*	G, Nad Kavalírkou, Praha	–	–	–	–	–	–	–	*54*	**7**
49.–53.	*Michaela Kovandová*	G, Nad Štolou Praha	–	–	–	–	–	–	–	*44*	**7**
49.–53.	*Jan Macháček*	G L. Jaroše, Holešov	–	–	–	–	–	–	–	*78*	**7**
49.–53.	*Matěj Suchánek*	ZŠ a MŠ Bílovice	–	–	–	–	–	–	–	*41*	**7**
49.–53.	*Michal Viktora*		–	–	–	–	–	–	–	*37*	**7**
54.–56.	*Markéta Lipovská*	Jiráskovo G, Náchod	–	–	–	–	–	–	–	*60*	**6**
54.–56.	*Duy Mai Van*	G F. X. Šaldy, Liberec	–	–	–	–	–	–	–	*100*	**6**
54.–56.	*Laura Thonová*	G, Nad Alejí, Praha	–	–	–	–	–	–	–	*67*	**6**
57.–61.	*Aneta Fajstlová*	G Brno, tř. Kpt. Jaroše 14	–	–	–	–	–	–	–	*56*	**5**
57.–61.	*Ludmila Fridrichová*	CZŠ Veselí nad Moravou	–	–	–	–	–	–	–	*29*	**5**
57.–61.	*Bohumil Hora*	Podkrušnohorské G, Most	–	–	–	–	–	–	–	*38*	**5**
57.–61.	*Petr Kučera*	ZŠ J. Hlávky Přeštice	–	–	–	–	–	–	–	*31*	**5**
57.–61.	*David Němec*	G, Tanvald	–	–	–	–	2	–	**2**	*50*	**5**
62.	*Kristýna Zubzandová*	ZŠ jazyků Karlovy Vary	–	–	–	–	–	–	–	*33*	**3**
63.–66.	*Jan Houkar*	ZŠ a MŠ Mirovice	–	–	–	–	–	–	–	*100*	**2**
63.–66.	*Vlastislav Hozák*	ZŠ Opava, E. Beneše 2	–	–	–	–	–	–	–	*100*	**2**
63.–66.	*Veronika Králová*	ZŠ a MŠ Červený vrch, Praha	–	–	–	–	–	–	–	*33*	**2**
63.–66.	*Veronika Stratilová*	ZŠ a MŠ Hrabišín	–	–	–	–	–	–	–	*100*	**2**



Kategorie devátých ročníků

	jméno	škola	1	2	3	4	E	C	III	%	Σ
	Student Pilný	MFF UK	2	2	2	6	6	5	**23**	*100*	**71**
1.	*Matěj Mezera*	ZŠ Havlíčkův Brod, Nuselská 3240	2	2	2	6	5	5	**22**	*94*	**67**
2.	*Martin Štyks*	G, Lovosice	2	2	1	5	6	3	**19**	*82*	**58**
3.	*Jaroslav Janoš*	G, Lesní čtvrť, Zlín	2	2	2	6	6	3	**21**	*80*	**57**
4.	*Jáchym Bártík*	G Havlíčkův Brod	2	0	2	5	3	4	**16**	*77*	**55**
5.	*Klára Ševčíková*	G Uherské Hradiště	2	2	1	5	5	3	**18**	*75*	**53**
6.	*Matěj Coufal*	G Havlíčkův Brod	2	1	1	6	3	2	**15**	*73*	**48**
7.	*Miroslav Vejvoda*	G, Nový Bydžov	2	0	2	5	5	4	**18**	*70*	**47**
8.–9.	*Simona Gabrielová*	G, Jírovcova, České Budějovice	2	0	2	6	4	3	**17**	*61*	**43**
8.–9.	*David Surma*	G J. Wolkera, Prostějov	2	1	1	6	3	1	**14**	*61*	**43**
10.	*Adam Poloček*	ZŠ Havlíčkova, Český Těšín	2	1	1	4	2	2	**12**	*58*	**41**
11.–12.	*Lucie Hronová*	G Brno, tř. Kpt. Jaroše 14	0	2	1	6	5	2	**16**	*60*	**40**
11.–12.	*Kateřina Stodolová*	ZŠ Pardubice – Polabiny	2	2	1	6	2	3	**16**	*56*	**40**
13.	*Jan Stulhofer*	G, SpgŠ, OA a JŠ Znojmo	2	1	1	4	3	3	**14**	*59*	**39**
14.	*Zuzana Matůšová*	CZŠ Veselí nad Moravou	2	–	–	6	4	2	**14**	*60*	**36**
15.	*Pavla Mikulíková*	G J. Škody, Přerov	1	2	2	6	2	3	**16**	*73*	**33**
16.	*Markéta Ospálková*	ZŠ Šumvald	–	2	–	6	2	–	**10**	*69*	**31**
17.	*Aneta K. Lesná*	G Christiana Dopplera, Praha	2	0	1	5	2	–	**10**	*60*	**27**
18.–19.	*Jan Gavlas*	Svobodná chebská škola	2	1	0	5	0	0	**8**	*39*	**26**
18.–19.	*Jaromír Mielec*	G Volgogradská, Ostrava	2	1	2	3	–	2	**10**	*62*	**26**
20.–22.	*Jan Bureš*	Svobodná chebská škola	2	1	0	3	–	0	**6**	*43*	**23**
20.–22.	*Honza Dang*	Svobodná chebská škola	2	1	–	3	–	0	**6**	*48*	**23**
20.–22.	*Oldřich Kupka*	ZŠ Ivanovice na Hané	1	1	1	5	3	0	**11**	*37*	**23**
23.–25.	*Klára Slováčková*	G Christiana Dopplera, Praha	2	2	2	–	3	–	**9**	*81*	**22**
23.–25.	*Matěj Šnajdr*	Svobodná chebská škola	2	0	0	4	0	0	**6**	*36*	**22**
23.–25.	*Anežka Žádníková*	ZŠ, Tišnov, Smíškova 840	2	1	–	6	1	2	**12**	*50*	**22**
26.–27.	*Jakub Matějik*	ZŠ a MŠ Bílovice	–	2	–	4	2	–	**8**	*38*	**19**
26.–27.	*David Vu Trung*	První české G, Karlovy Vary	2	0	0	4	2	–	**8**	*31*	**19**
28.–30.	*Alžběta Andrýsková*	G, Olomouc – Hejčín	2	1	0	4	–	3	**10**	*62*	**18**
28.–30.	*Jan Marek*	ZŠ a MŠ T. G. Masaryka Železnice	–	0	–	5	–	–	**5**	*58*	**18**
28.–30.	*Klára Svobodová*	Křesťanská ZŠ Nativity, Děčín	1	1	–	3	–	–	**5**	*51*	**18**
31.	*Petr Šimůnek*	G, SOŠ, SOU a VOŠ, Hořice	2	0	–	5	–	–	**7**	*42*	**15**
32.–33.	*Daniel Bobek*	G Christiana Dopplera, Praha	2	–	–	5	–	–	**7**	*54*	**14**
32.–33.	*Jakub Vrba*	G, Svitavy	–	–	–	–	–	–	–	*48*	**14**
34.–35.	*Martina Fusková*	G Uherské Hradiště	–	–	–	–	–	–	–	*57*	**13**
34.–35.	*Raja Marek*	G, Nymburk	–	–	–	–	–	–	–	*59*	**13**
36.–38.	*Daniel Hrdinka*	ZŠ Trutnov, Komenského 399	2	–	–	–	3	–	**5**	*67*	**12**
36.–38.	*Kateřina Škorvánková*	G a SOŠ, Rokycany	2	–	–	5	–	–	**7**	*57*	**12**
36.–38.	*Lukáš Winkler*	G, Mikulášské nám. 23, Plzeň	1	–	–	6	–	–	**7**	*57*	**12**
39.–44.	*Anna Dědová*	G, Benešov	–	–	–	–	–	–	–	*58*	**11**
39.–44.	*Aleksej Gaj*	G Christiana Dopplera, Praha	–	–	–	–	–	–	–	*41*	**11**
39.–44.	*Jan Holásek*	G, Ústí nad Orlicí	–	–	–	–	–	–	–	*85*	**11**
39.–44.	*Markéta Holubová*	G Christiana Dopplera, Praha	0	0	–	5	–	–	**5**	*42*	**11**
39.–44.	*Michal Smrčka*	G, Lesní čtvrť, Zlín	–	–	–	–	–	–	–	*73*	**11**
39.–44.	*Kateřina Volková*	Masarykovo G, Vsetín	2	0	–	–	2	–	**4**	*44*	**11**
45.–46.	*Dinh Huy Nhat Minh*	G, Kadaň	–	–	–	–	–	–	–	*67*	**10**
45.–46.	*Jonáš Uřičář*	CZŠ Veselí nad Moravou	–	1	0	–	1	–	**2**	*43*	**10**
47.–50.	*Tomáš Hlavatý*	G, Kadaň	–	–	–	–	–	–	–	*69*	**9**
47.–50.	*Tamara Maňáková*	G, Šumperk	–	–	–	–	–	–	–	*100*	**9**
47.–50.	*Matěj Pur*	G a SOŠPg, Jeronýmova, Liberec	–	–	–	–	–	–	–	*60*	**9**
47.–50.	*Jan Touš*	G, Nymburk	–	–	–	–	–	–	–	*69*	**9**
51.–52.	*Kateřina Fuková*	G, Ohradní, Praha-Michle	2	–	–	–	–	–	**2**	*100*	**8**
51.–52.	*Filip Oplt*	G, Budějovická, Praha	–	–	–	–	–	–	–	*62*	**8**
53.–54.	*Tereza Havelková*	ZŠ Loštice	–	–	–	–	–	–	–	*83*	**5**
53.–54.	*Jakub Horáček*	ZŠ Šumperk, Šumavská 21	–	–	–	–	–	–	–	*38*	**5**
55.	*Pavel Herinek*	ZŠ Luhačovice	–	–	–	–	–	–	–	*67*	**4**
56.	*Michaela Čermáková*	ZŠ a MŠ Staré Hobzí	–	–	–	–	–	–	–	*33*	**3**

FYKOS – Výfuk
UK v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta
Ústav teoretické fyziky
V Holešovičkách 2
180 00 Praha 8

www: `http://vyfuk.fykos.cz`
e-mail pro řešení: `vyfuk-reseni@fykos.cz`
e-mail: `vyfuk@fykos.cz`

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.