Fyzikálny korešpondenčný seminár
8. ročník, 2014/2015
UFO, KTFDF FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava
e-mail: otazky@fks.sk web: http://ufo.fks.sk

Vzorové riešenia 2. kola letnej časti 2014/2015

2.1 Kvíz (opravovala Kamča, vzorák Jarka)

Dáme si krátky fyzikálny kvíz. Odpovedať môžete ihneď na adrese http://ufo.fks.sk/kviz.

Pri tejto úlohe nie je potrebné poslať postup riešenia, na získaniu plného počtu bodov stačia iba správne odpovede.

1.) Rýchlosť $72\,\mathrm{km/h}$ je . . . ? (1 bod)

(a) $15\,\mathrm{m/s}$
(b) $20\,\mathrm{m/s}$
(c) $36\,\mathrm{m/s}$
(d) $72\,\mathrm{m/s}$

2.) Andrejova železná kocka s hranou dlhou 2 centimetre váži 200 gramov. Koľkokrát ťažšia je jeho druhá železná kocka, ktorá má hranu dlhú 6 centimetrov? Odpoveďou je číslo. (2 body)

3.) Katka nahádzala svoje štyri kačičky s rovnakým objemom do vody. Z ktorej kačičky trčí najväčší objem nad vodou? (2 body)

(a) z olovenej
(b) z polystyrénovej
(c) z drevenej
(d) z ľadovej

4.) Koľko by približne trval priamy let lietadlom z Bratislavy do Košíc, ak by lietadlo letelo rýchlosťou zvuku? (2 body)

(a) $30\,\mathrm{min}$
(b) $1\,\mathrm{h}$
(c) $20\,\mathrm{min}$
(d) $15\,\mathrm{min}$

5.) Kváder s hranami dĺžok $1\,\mathrm{cm}$, $2\,\mathrm{cm}$ a $3\,\mathrm{cm}$ chceme postaviť na jednú z jeho stien. Na ktorú z jeho stien ho máme postaviť, aby mal čo najväčšiu stabilitu? (2 body)

Generálny partner
Partneri
Mediálny partner

(a) na stenu s rozmermi $1\,\mathrm{cm} \times 2\,\mathrm{cm}$

(b) na stenu s rozmermi $1\,\mathrm{cm} \times 3\,\mathrm{cm}$

(c) na stenu s rozmermi $2\,\mathrm{cm} \times 3\,\mathrm{cm}$

(d) kváder bude vždy rovnako stabilný

1.) Nepamätáš si, ako premeniť km/h na m/s? Poďme na to spolu prísť: vieme, že $1\,\mathrm{km} = 1\,000\,\mathrm{m}$ a $1\,\mathrm{h} = 60\,\mathrm{min} = 60 \cdot 60\,\mathrm{s} = 3\,600\,\mathrm{s}$. So znalosťou týchto vzťahov rýchlosť premeníme jednoducho:

$$72\,\mathrm{km/h} = 72 \cdot \frac{1\,000\,\mathrm{m}}{3\,600\,\mathrm{s}} = \frac{72 \cdot 10}{36}\,\mathrm{m/s} = 20\,\mathrm{m/s}\,.$$

Správnou odpoveďou je teda možnosť (b).

2.) Hmotnosť homogénnej[1] kocky závisí od jej objemu, ktorý rastie s treťou mocninou dĺžky hrany, podľa vzorca $V = a^3$. To znamená, že bez ohľadu na pôvodnú dĺžku hrany, ak ju predĺžime trikrát (z a na $3a$), objem sa zväčší 27-krát (z a^3 na $(3a)^3 = 3^3a^3 = 27a^3$). Navyše vieme, že kocky boli z rovnakého materiálu, takže hmotnosť je priamo úmerná objemu, podľa vzťahu $m = \rho V$. Z toho vyplýva, že aj hmotnosť kocky sa zväčšila 27-krát.

3.) Keďže kačičky majú rovnaký objem, ich hmotnosť závisí iba od hustoty, opäť podľa vzťahu $m = \rho V$. Čím má kačička menšiu hustotu, tým je ľahšia, teda tým väčšia časť kačičky trčí z vody.[2] Z tabuliek zistíme hustoty látok, z ktorých sú kačičky vyrobené:

(a) olovo: $11\,340\,\mathrm{kg/m^3}$,

(b) polystyrén: $1\,050\,\mathrm{kg/m^3}$ (polystyrén v sebe dokáže vďaka svojej štruktúre udržať veľké množstvo vzduchu, vďaka čomu jeho efektívna hustota klesá na asi polovicu),

(c) drevo: $100 - 700\,\mathrm{kg/m^3}$ (podľa druhu dreva a podľa vlhkosti),

(d) ľad: $917\,\mathrm{kg/m^3}$.

V tomto prípade sme uznávali dve odpovede – (b) a (c), pretože rozhodnúť tento problém nejde úplne jednoznačne.

4.) Rýchlosť zvuku vo vzduchu je pri štandardných podmienkach asi $v = 340\,\mathrm{m/s} = 1224\,\mathrm{km/h}$. Vzdušná vzdialenosť Bratislava – Košice je približne $s = 320\,\mathrm{km}$. Z toho už jendoducho dopočítame potrebný čas:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{320\,\mathrm{km}}{1224\,\mathrm{km/h}} = 0.26\,\mathrm{h}\,,$$

teda približne 15 minút. Správna odpoveď je (d).

[1] To znamená s konštantnou hustotou.

[2] Presnejšie, tiažová sila menej hustej kačičky je menšia. Na to, aby kačička plávala, musí byť jej tiaž v rovnováhe so vztlakovou silou, ktorá, ako sme sa v škole učili, závisí na ponorenom objeme ($F_{\mathrm{vz}} = \rho_{\mathrm{v}} V' g$). Kačička s menšou hustotou musí byť nadľahčovaná menšou vztlakovou silou, a preto nad hladinou môže vykukovať viac.

5.) Stabilita je určená prácou potrebnou na prevrátenie telesa zo stabilnej polohy do vratkej. Tu si treba vyjasniť zopár pojmov. V prvom rade, stabilné polohy su tie, z ktorých keď vychýlime teleso, vráti sa naspäť do pôvodnej polohy. V zadaní sú to prípady, kedy kváder leží na niektorej zo stien. Naopak, vratké su tie, z ktorých po vychýlení teleso padne do niektorej zo stabilných polôh. Pre kváder sú takéto polohy tie, v ktorých sa jeho ťažisko bude nachádzať nad hranou,[3] ktorou sa kváder dotýka podložky. Pri hľadaní jednotlivých prác sa obmedzíme na tie, ktoré sú najmenšie potrebné na to, aby sme dostali teleso zo stabilnej polohy do vratkej.

Predpokladáme teda, že kváder je z homogénneho materiálu. Potom sa jeho ťažisko nachádza v geometrickom strede telesa.

(a) V tomto prípade je výška kvádra 3 cm, ťažisko je teda vo výške 1.5 cm. Keďže hľadáme minimálnu prácu, budeme kváder otáčať okolo hrany s dĺžkou 2 cm. Vo vratkej rovnovážnej polohe bude ťažisko z Pytagorovej vety vo výške

$$\sqrt{(1.5\,\mathrm{cm})^2 + (0.5\,\mathrm{cm})^2} = \sqrt{2.5}\,\mathrm{cm} \doteq 1.58\,\mathrm{cm}\,.$$

Keďže práca je priamo úmerná zmene výšky ťažiska Δh podľa vzorca $\Delta E = mg\Delta h$, stačí nám porovnať výškové rozdiely. V tomto prípade je $\Delta h_a \doteq 0.08\,\mathrm{cm}$.

(b) V tomto prípade postupujeme analogickým spôsobom. Ťažisko sa nachádza vo výške 1 cm. Najlepšie bude kváder postaviť na hranu s dĺžkou 3 cm, čím dostaneme ťažisko do výšky

$$\sqrt{(0.5\,\mathrm{cm})^2 + (1\,\mathrm{cm})^2} = \sqrt{1.25}\,\mathrm{cm} \doteq 1.12\,\mathrm{cm}\,.$$

Z toho dostávame $\Delta h_b \doteq 0.12\,\mathrm{cm}$.

(c) A opäť rovnako. Ťažisko sa nachádza vo výške 0.5 cm. Najlepšie bude kváder postaviť na hranu s dĺžkou 3 cm, čím dostaneme ťažisko do výšky

$$\sqrt{(0.5\,\mathrm{cm})^2 + (1\,\mathrm{cm})^2} = \sqrt{1.25}\,\mathrm{cm} \doteq 1.12\,\mathrm{cm}\,.$$

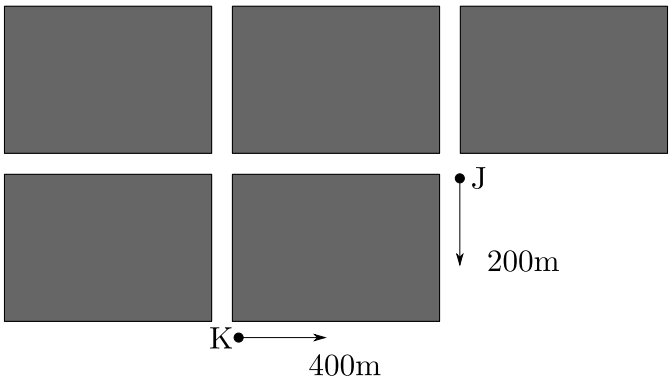
Z toho dostávame $\Delta h_c \doteq 0.62\,\mathrm{cm}$.

Vidíme, že najväčšia práca bude vynaložená v poslednom prípade, a teda správna odpoveď je (c).

2.2 Rande (opravovali Enka a Majka)

Kajka a Julo si dohodli rande na rohu svojho obytného bloku. Nepochopili sa však dobre, a tak sa obaja čakali na opačných rohoch. Kajke to nedalo a zavolala Julovi. Dohodli sa, že sa obaja vydajú na cestu okolo bytoviek a stretnú sa niekde na pol ceste. Kde presne sa stretli, ak Julo vyštartoval na juh rýchlosťou $v_\mathrm{J} = 7\,\mathrm{km/h}$ a Kajka na východ rýchlosťou $v_\mathrm{K} = 5\,\mathrm{km/h}$? Obytný blok má rozmery $400\,\mathrm{m} \times 200\,\mathrm{m}$.

[3] Prípadne aj nad rohom, ale to je zbytočne komplikovaný prípad.



Obr. 1: Pohľad na obytné bloky zhora

Poďme si najprv predstaviť priebeh cesty našich zaľúbencov. Keďže okamih telefonátu a okamih, kedy sa hodia do náručia je pre oboch rovnaký, cesta bude obom trvať rovnaký čas, ktorý si označíme t.

Ďalej si označme dráhu, ktorú prejde Kajka s_K a dráhu, ktorú prejde Julo ako s_J. Dokopy musia prekonať vzdialenosť $s = 400\,\mathrm{m} + 200\,\mathrm{m} = 600\,\mathrm{m} = 0{,}6\,\mathrm{km}$, teda doslova

$$s_\mathrm{K} + s_\mathrm{J} = s\,.$$

V škole ste sa určite učili vzťah pre výpočet dráhy $s = vt$. Teraz ho poďme aplikovať na Kajkinu a Julovu dráhu:

$$s_\mathrm{K} = v_\mathrm{K} t\,, \qquad s_\mathrm{J} = v_\mathrm{J} t\,.$$

Momentálne máme už všetko, čo potrebujeme, rovnice už musíme len vyriešiť. Z posledných dvoch rovníc dosadíme dráhy do prvej rovnice

$$v_\mathrm{K} t + v_\mathrm{J} t = s\,.$$

Čas t vyberieme pred zátvorku

$$t(v_\mathrm{K} + v_\mathrm{J}) = s$$

a rovnicu vzniknutou zátvorkou predelíme

$$t = \frac{s}{v_\mathrm{K} + v_\mathrm{J}}\,.$$

Nakoniec čas z tejto rovnice dosaďme do rovnice pre celkovú dráhu s_K

$$s_\mathrm{K} = v_\mathrm{K} \cdot \frac{s}{v_\mathrm{K} + v_\mathrm{J}}\,.$$

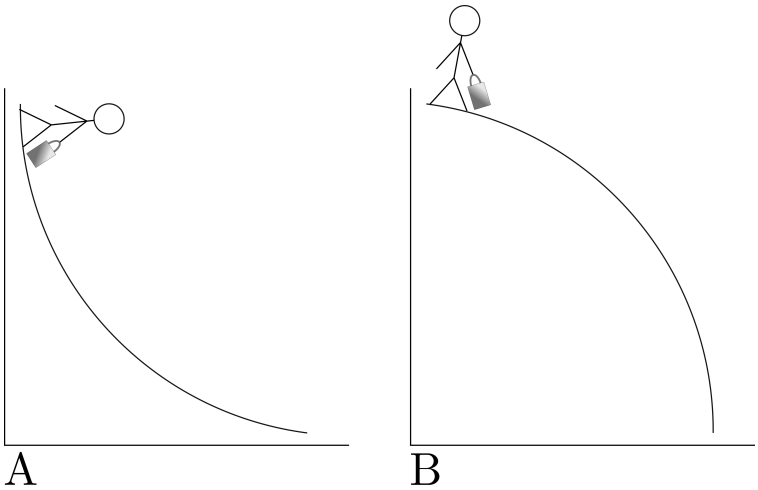
Do finálneho vzťahu dosadíme zadané hodnoty a dostávame výsledok

$$s_\mathrm{K} = 5\,\mathrm{km/h} \cdot \frac{0{,}6\,\mathrm{km}}{5\,\mathrm{km/h} + 7\,\mathrm{km/h}} = 0{,}25\,\mathrm{km} = 250\,\mathrm{m}\,.$$

Náš párik sa stretol $250\,\mathrm{m}$ od miesta, odkiaľ vyrazila Kaja (a $600\,\mathrm{m} - 250\,\mathrm{m} = 350\,\mathrm{m}$ od miesta, odkiaľ vyrazil Julo).

2.3 Sánkovačka (opravoval Pedro, vzorák Dušan)

Samko s Hellboyom sa chceli pretekať počas zimných prázdnin na Pezinskej Babe, a tak vytiahli pekáče a poďho na štart! Samko si vybral zjazdovku s profilom A, Hellboyovi ostala zjazdovka typu B. Ktorý z nich mal na úpätí kopca vyššiu rýchlosť? Ktorý z nich prišiel na úpätie kopca ako prvý? Obe zjazdovky majú rovnaké prevýšenie. Trecie a odporové sily zanedbajte. Svoje odpovede nezabudnite zdôvodniť.



Obr. 2: Kopec s profilom A a B

Základným kameňom riešenia tejto úlohy bolo zistiť, akú majú chlapci rýchlosť v každom bode svojho pohybu. Keďže nepoznáme presný „profil“ zjazdoviek, tak najjednoduchší spôsob je pozrieť sa na mechanikckú energiu chlapcov. Na začiatku majú obaja potenciálnu energiu rovnú mgH, kde H vyjadruje ich výšku nad *referenčným* bodom, kde je ich potenciálna energia nulová. My si môžeme tento bod určiť úplne ľubovoľne, pretože fyzikálne dôležité sú len vzájomné rozdiely potenciálnych energií. Aj keď by sme si referenčný bod zvolili tak, že potenciálna energia je záporná, nič sa nedeje. Okrem toho majú obaja chlapci na začiatku nulovú kinetickú energiu.

Keď sa chlapci začnú spúšťať, ich potenciálna energia sa začne na kinetickú energiu meniť. Tá má veľkosť $\frac{1}{2}mv^2$. Na iné formy energie sa potenciálna energia meniť nebude, keďže v zadaní stojí, že trecie a odporové sily máme zanedbať. Tým sa nám bude celková mechanická energia zachovávať, takže môžeme medzi sebou porovnávať celkovú energiu v dvoch bodoch zjazdovky.

Porovnajme teda vrch zjazdovky, ktorý je vo výške H, a ľubovoľné miesto, v ktorom nás zaujíma rýchlosť, ktoré je vo výške h. Zo zákona zachovania mechanickej energie teda dostaneme

$$mgH = mgh + \frac{1}{2}mv^2\,.$$

Ak si vyjadríme hľadanú rýchlosť v, tak uvidíme, že vôbec nezávisí vôbec na hmotnosti, ale iba na rozdiele výšok:

$$v = \sqrt{2(H-h)g}\,.$$

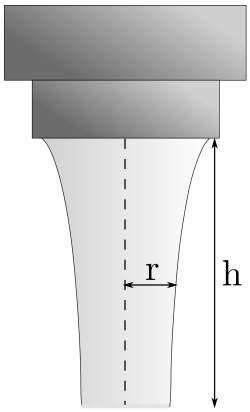
Tento výsledok nám dáva priamočiaru odpoveď na prvú otázku. Keďže výškový rozdiel medzi vrcholom a úpätím kopca je v oboch prípadoch rovnaký, tak Samkova aj Hellboyova rýchlosť na úpätí kopca bude rovnaká.

S ich časom to už však nebude rovnaké. Z obrázku je zrejmé, že zjazdovky A aj B majú rovnakú dĺžku. Na úpätie kopca príde skôr ten chlapec, ktorý mal väčšiu priemernú rýchlosť. Našťastie túto rýchlosť netreba počítať a stačí sa pozrieť na výškové rozdiely medzi vrcholom a každým bodom zjazdovky.

V ľubovoľnom bode zjazdovky typu A bude tento rozdiel vždy väčší ako v analogickom bode zjazdovky typu B.[4] Vidíme to z toho, že celá Samkova zjazdovka sa nachádza pod tou Hellboyovou. A keďže má Samko v každom bode svojej jazdy prekonaný väčší výškový rozdiel, tak má v každom bode aj väčšiu rýchlosť. Samko príde na úpätie kopca teda skôr ako Hellboy.

2.4 Vodovodný kohútik (opravoval Baklažán)

Paťa vždy fascinovalo, ako sa prúd vody vytekajúci z vodovodného kohútika zužuje. Pustite si teda prúd vody s konštantným prietokom. Odmerajte hrúbku vodného prúdu d v závislosti od vzdialenosti h od vodovodného kohútika. Meranie urobte pre aspoň 10 rôznych vzdialeností h. Merať môžete priamo pravítkom alebo si situáciu môžete odfotiť a zistiť údaje z fotografie. Namerané údaje zaznačte do grafu.



Obr. 3: Vodovodný kohútik

Teória Najprv sa zamyslime, prečo sa vlastne prúd vody zužuje.

Vezmime si nejakú (ľubovoľnú) vodorovnú rovinu pretínajúcu prúd a pozrime sa, koľko vody cez túto rovinu pretečie za nejaký čas t. Ak si rýchlosť vody tečúcej cez rovinu označíme v a plochu prierezu prúdu danou rovinou označíme S, potom za čas t cez našu rovinu prejde „valček“ vody vysoký $h = vt$ s plochou podstavy S. To znamená, že prietok (objem vody, ktorý pretiekol cez našu rovinu za čas t) našou rovinou je

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{Svt}{t} = Sv\,.$$

Ak si vezmeme dve rôzne vodorovné roviny, za rovnaký čas cez ne musí pretiecť rovnako veľa vody (inak by sa medzi nimi voda buď hromadila, alebo naopak strácala). To znamená, že ak cez prvú rovinu tečie voda rýchlosťou v_1 a prúd tam má prierez S_1 a cez

[4] Analogické body sú tie, do ktorých sme sa dostali po prejdení rovnakej dráhy na oboch zjazdovkách.

druhú rovinu tečie voda rýchlosťou v_2 a prúd tam má prierez S_2, musí platiť $v_1 S_1 = v_2 S_2$. Tomuto vzťahu sa odborne hovorí *rovnica kontinuity*.

A v tom je pes zakopaný. Voda totiž počas svojho pádu zrýchľuje, keďže na ňu pôsobí gravitačná sila. To znamená, že cez nižšiu rovinu tečie väčšou rýchlosťou a teda prúd tam musí mať menší prierez.

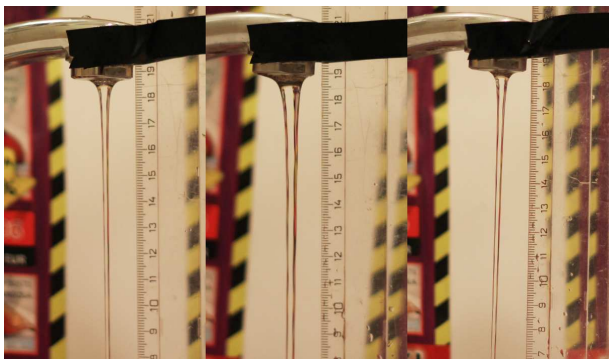
Meranie Zadanie odporúča prúd vody odfotiť. Pri fotení si musíme dať pozor na dve veci:

1.) Keďže z fotky budeme potrebovať odčítať vzdialenosti, potrebujeme vedieť mierku fotky, teda koľko pixelov na fotke je jeden centimeter (ospravedlňujeme sa ľuďom, ktorí používajú foťáky s filmom). Preto je vhodné odfotiť si vedľa prúdu vody aj pravítko, najlepšie v zvislej polohe. Treba si, samozrejme, dať pozor, aby sa pravítko nachádzalo v rovnakej vzdialenosti od foťáka ako prúd vody.

2.) Aby sa nám dobre meralo, je dobré, aby pozadie kontrastovalo s vodným prúdom. To sa dá dosiahnuť využitím faktu, že voda láme svetlo. My sme ako pozadie použili biely papier, na ktorého bočné okraje sme prilepili farebné pásy. Okraje prúdu tak boli vďaka lomu svetla farebné, kým pozadie za prúdom bolo biele.

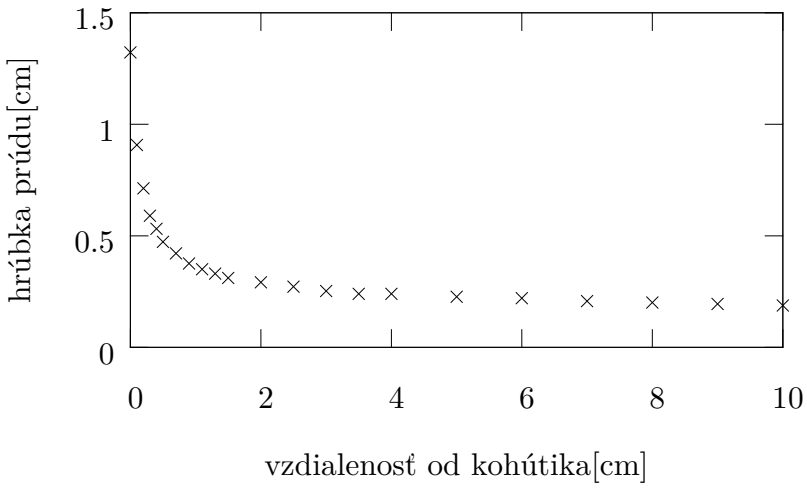
Po úspešnom odfotení treba z fotky odčítať hrúbku prúdu v rôznych výškach. Na určenie výšky nám výborne poslúži pravítko odfotené vedľa prúdu. Hrúbka prúdu v danej výške sa dá určiť rôznymi spôsobmi: väčšina programov na prácu s obrázkami dokáže zobraziť súradnice daného pixela, niektoré (ako napríklad grafický program GIMP, ktorý sme použili my) majú aj špeciálny nástroj na meranie vzdialeností. Netreba ale podceňovať ani techniku pravítka priloženého k monitoru, ktorá je veľmi rýchla a vhodná aj pre počítačovo menej zdatných. V každom prípade ale treba odmerať aj dĺžku jedného centimetra (alebo akejkoľvek inej dĺžky) na odfotenom pravítku a všetky vzdialenosti príslušne prepočítať.

Výsledky Meranie sme urobili trikrát, pri troch rôznych prietokoch. Pri každom z nich sme merali hrúbku prúdu v rôznych vzdialenostiach od kohútika z rozsahu 0 cm až 10 cm. Bližšie pri kohútiku sme robili merania hustejšie, keďže pri kohútiku sa hrúbka prúdu mení najrýchlejšie.

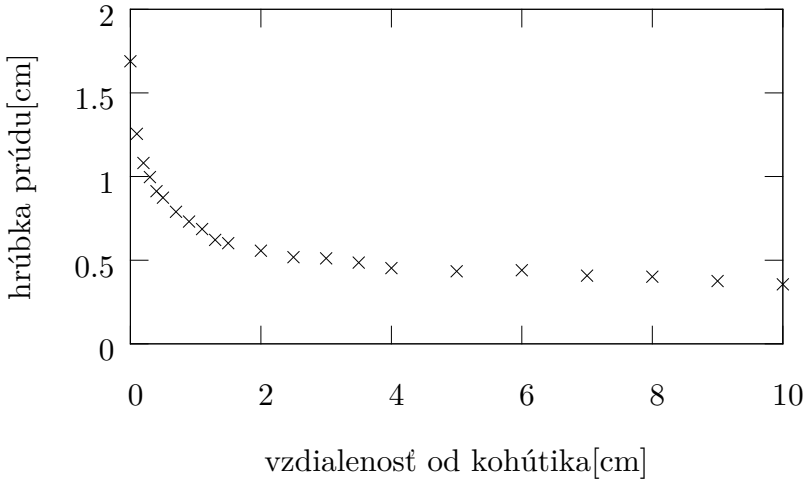


Obr. 4: Tri rôzne prietoky

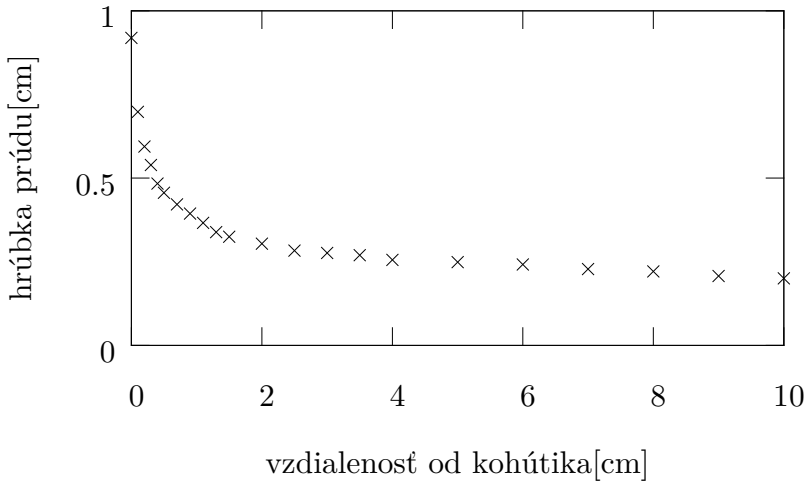
A tu sú výsledky:



Obr. 5: Prietok: 3,4 mℓ/s



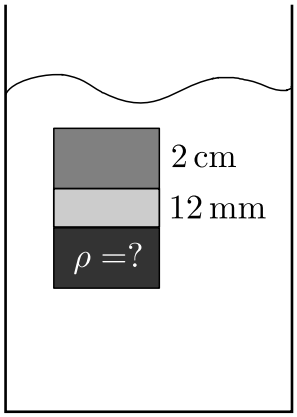
Obr. 6: Prietok: 12 mℓ/s



Obr. 7: Prietok: 4,33 mℓ/s

2.5 Amulet (opravovali Jerry a Nika, vzorák Paťo)

Černokňažník Jimi si vyrába ochranný amulet. Na to, aby mal svoje magické schopnosti, musí presne spĺňať určité kritériá. Amulet by mal byť zložený z troch zlepených, na sebe ležiacich homogénnych kvádrikov s rovnakou podstavou. Jimimu sa už podarilo získať prvé dva. Prvý má hustotu $1080\,\mathrm{kg/m^3}$ a výšku $2\,\mathrm{cm}$, druhý hustotu $0{,}7\,\mathrm{g/cm^3}$ a výšku $12\,\mathrm{mm}$. Akú hustotu má mať tretí kvádrik, aby mal celý amulet výšku $5\,\mathrm{cm}$ a po vložení do vody sa v nej vznášal (ako na obrázku 8)?



Obr. 8: Vznášajúci sa Jimiho ochranný amulet

Prvá vec, ktorá nás v zadaní môže zaraziť, sú rôzne jednotky, v akých sú zadané hustoty a výšky. Keďže amulet je väčšinou drobná vecička, hmotnosti vyjdarujme v gramoch, rozmery v centimetroch a hustotu v gramoch na centimeter kubický.

Zo zadania rovno vidíme, že prvý kvádrik má výšku $h_1 = 2\,\mathrm{cm}$ a druhý $h_2 = 12\,\mathrm{mm} = 1{,}2\,\mathrm{cm}$. Keďže celý amulet má mať dokopy výšku $5\,\mathrm{cm}$, tretí kvádrik musí byť vysoký $h_3 = 5\,\mathrm{cm} - (2\,\mathrm{cm} - 1{,}2\,\mathrm{cm}) = 1{,}8\,\mathrm{cm}$.

Jimi okrem tejto informácie vie, že amulet vo vode pláva. To znamená, že tiažová sila $F_g = mg$, ktorá ťahá amulet na dno, je rovnako veľká ako vztlaková sila $F_{\mathrm{vz}} = \rho_{\mathrm{v}} V g$,

ktorá sa naopak snaží, aby amulet vyplával na hladinu ($\rho_\mathrm{v} = 1\,\mathrm{g/cm^3}$ je hustota vody, m a V je hmotnosť a objem amuletu).

Ak si rozpíšeme hmotnosť amuletu pomocou jeho hustoty $m = \rho_\mathrm{a} V$, môžeme tiažovú a vztlakovú silu napísať do rovnice

$$\rho_\mathrm{a} V g = \rho_\mathrm{v} V g\,, \qquad \Rightarrow \qquad \rho_\mathrm{a} = \rho_\mathrm{v}\,.$$

Hľa, vidíme, že *priemerná* hustota amuletu, rovná m/V, musí byť rovná $\rho_\mathrm{v} = 1\,\mathrm{g/cm^3}$!

Na to, aby sme túto hustotu vedeli vyjadriť pomocou hustôt jednotlivých kvádrikov, musíme poznať ich objemy. Obsah podstáv kvádrikov ale napoznáme – preto si ho označme len všeobecne ako S a dúfajme, že sa nám v ďalších úpravách vykráti. Objemy kvádrikov sú teda $V_1 = h_1 S$, $V_2 = h_2 S$ a $V_3 = h_3 S$.

Pomocou objemov a hustôt kvádrikov si vyjadríme aj ich hmotnosti. Prostredníctvom vzorca pre hustotu dostávame postupne $m_1 = \rho_1 V_1$, $m_2 = \rho_2 V_2$ a $m_3 = \rho_3 V_3$. Prvé dve hustoty nájdeme v zadaní: $\rho_1 = 1080\,\mathrm{kg/m^3} = 1{,}08\,\mathrm{g/cm^3}$, $\rho_2 = 0{,}7\,\mathrm{g/cm^3}$. Poslednú hustotu, ρ_3, (zatiaľ) nepoznáme.

Napíšme si, ako bude vyzerať vzťah pre priemernú hustotu. Z definície hustoty vieme, že je to pomer hmotnosti a objemu. Preto *priemerná* hustota je pomer *celkovej* hmotnosti amuletu a jeho *celkového* objemu. Ak naviac napíšeme, že táto hustota sa rovná (ako sme zistili vyššie) hustote vody, dostávame rovnicu

$$\rho_\mathrm{a} = \rho_\mathrm{v} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{V_1 + V_2 + V_3}\,.$$

Menovateľ na pravej strane „prehodíme“ do čitateľa na ľavej strane a naviac si vyjadríme hmotnosti pomocou objemov a objemy pomocou výšok – presne tak, ako sme si ich rozpísali vyššie. Dostávame

$$\begin{aligned} \rho_\mathrm{v}(V_1 + V_2 + V_3) &= m_1 + m_2 + m_3\,, \\ \rho_\mathrm{v}(h_1 S + h_2 S + h_3 S) &= \rho_1 h_1 S + \rho_2 h_2 S + \rho_3 h_3 S\,. \end{aligned}$$

A pozrime sa – po roznásobení ľavej strany (skúste si) bude *každý* člen v rovnici obsahovať nám plochu S, ktorú preto môžeme vykrátiť. To je ale skvelé, pretože v rovnici nám tak zostane jedniná neznáma, a to hľadaná hustota ρ_3. Tú si z rovnice jednoduchými úpravami vyjadríme (opäť si skúste). Dostaneme

$$\begin{aligned} \rho_3 &= \frac{\rho_\mathrm{v}(h_1 + h_2 + h_3) - \rho_1 h_1 - \rho_2 h_2}{h_3} = \\ &= \frac{1\,\mathrm{g/cm^3} \cdot 5\,\mathrm{cm} - 1{,}08\,\mathrm{g/cm^3} \cdot 2\,\mathrm{cm} - 0{,}7\,\mathrm{g/cm^3} \cdot 1{,}2\,\mathrm{cm}}{1{,}8\,\mathrm{cm}} = 1{,}11\,\mathrm{g/cm^3}\,. \end{aligned}$$

Jimi má teda hľadať tretí kvádrik s hustotou $1{,}11\,\mathrm{g/cm^3} = 1100\,\mathrm{kg/m^3}$.