Celoslovenský korešpondenčný seminár z fyziky pre žiakov ZŠ a OG

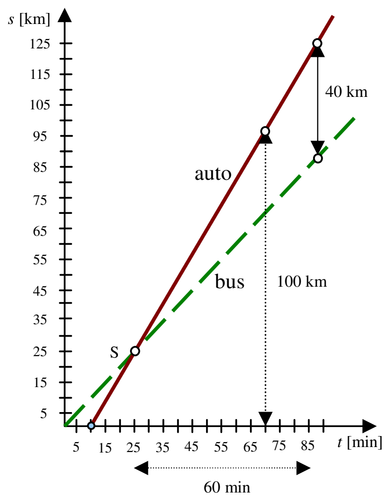
Vzorové riešenia 1. série

Pikofyz, 10. ročník www.p-mat.sk/pikofyz šk. rok 2007/2008

Milá riešiteľka naša, milý riešiteľ náš! *Po každej sérii (teraz prvej) Ti prinesieme aj naše riešenia úloh, aby si sa z nich mohol poučiť a inšpirovať, ako ďalšiu sériu vyriešiť lepšie. Držíme Ti pri tom palce!*

Príklad 1 - Strieborné auto *opravoval Martin Varga - Bubu*

Na začiatok pripomínam, že v zadaní sme chceli grafické riešenie príkladu. To mnohí z vás neurobili a počítali pomocou vzorčekov. Aké malo byť riešenie? Pomocou údajov zo zadania zostrojíme graf (závislosť prejdenej vzdialenosti od času) pre autobus aj pre auto. S tým, že pri aute uvažujeme, že začína svoj pohyb až v čase 10 minút (prechádza križovatkou). Dôležitým bodom je miesto stretnutia, ktoré nám pomôže pri tvorení závislostí.



Ako vieme, autobus sa pohybuje stálou rýchlosťou 60 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Nakreslíme preto polpriamku zodpovedajúcu tejto rýchlosti (viď obrázok) a miesto s polohou 25 km na tejto polpriamke označíme ako bod stretnutia S. Teraz zostrojíme polpriamku znázorňujúcu pohyb auta spojením bodu S a začiatočného bodu jeho pohybu. Spomeňme správne označenie osí - čas t na vodorovnej a vzdialenosť s na zvislej. A graf máme hotový, môžeme z neho čítať odpovede na naše otázky. :)

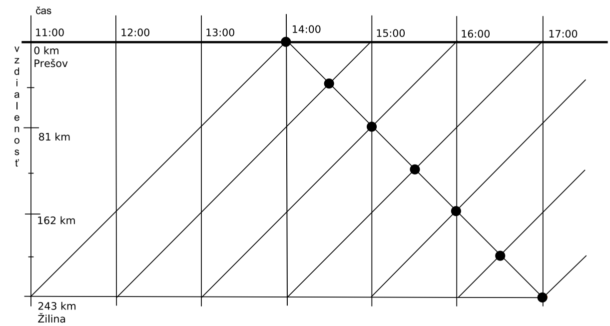
Chceme zistiť rýchlosť auta - najjednoduchšie je nájsť si na časovej osi 60 minútový interval od momentu stretnutia a pozrieť sa, aká vzdialenosť mu prislúcha. Môžeme však zvoliť ľubovoľný časový úsek a prepočítať to na rýchlosť v $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ alebo dokonca zvoliť len jeden bod na polpriamke a použiť vzťah $v = \frac{s}{t}$, teda vzdialenosť vydeliť časom. Nech už ste sa rozhodli akokoľvek, správny výsledok je 100 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

V prípade vzájomnej vzdialenosti po hodine od stretnutia nájdeme na časovej osi hodnotu 85 minút (čas stretnutia - 25 minút + 1 hodina) a na oboch polpriamkach nájdeme príslušné vzdialenosti. Ich rozdiel je odpoveď na našu otázku - 40 km.

Medzi časté chyby patrilo počítanie rýchlosti a vzdialenosti pomocou vzorcov (takto sme to nechceli), prípadne chyby pri zaokrúhľovaní, čo sa prejavilo na nesprávnom výsledku. Častou chybou bolo nesprávne označenie osí - je takým pekným zvykom, že na vodorovnú os sa dáva čas, pretože na ňom závisí, akú vzdialenosť auto danou rýchlosťou prejde.

Bodovanie: *3 b za správny graf (t.j. aj správne označenie osí), pričom bol potrebný aspoň náznak toho, že výsledky boli určené z neho a nie pomocou výpočtov, 2 b za číselne správne výsledky (uznával som aj vypočítané)*

Príklad 2 - Protiidúce vlaky *opravoval Tomino Jediný*



Úlohu sme podľa zadania **riešili graficky**. To v tomto prípade znamená minimum počítania a prehľadný graf. Pretože ide o stretávanie sa protiidúcich vlakov, nakreslíme graf závislosti dráhy od času. Čas dáme na x-ovú os a dráhu na y-ovú. Keďže sa všetky vlaky pohybujú rýchlosťou 81 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, bude vhodné, ak jeden dielik na osi so vzdialenosťou bude predstavovať túto hodnotu. Jeden dielik na časovej osi nech zodpovedá 1 hodine.

Ako prvý do grafu zakreslíme vlak, v ktorom sa vezie Klára. Tento vlak bude v grafe predstavovať čiara začínajúca v čase 14:00 vo vzdialenosti (od Prešova) 0 km. Po hodine bude vo vzdialenosti 81 km, po troch hodinách bude v Žiline, ktorá je vzdialená od Prešova 243 km.

Grafické riešenie spočíva v tom, že do grafu zakreslíme aj vlaky, ktoré vychádzali zo Žiliny. V mieste, kde sa ich graf pretne s Klárinym vlakom, dôjde k stretnutiu vlakov. Grafické riešenie neznamená, že vyrátam, kde sa vlaky stretnú a tam nakreslím do grafu bodku.

Vlaky vychádzajúce zo Žiliny zakreslím obdobne ako Klárin. Rozdiel je len v tom, že vlaky vychádzajú z bodu 243 km (Žilina) a smerujú do bodu 0 km (Prešov). Netreba však zabudnúť, že Klára môže vidieť aj vlaky, ktoré vyštartovali zo Žiliny ešte pred jej odchodom z Prešova (vlaky jazdia predsa celý deň).

Ak spočítam všetky vlaky, ktoré na grafe **križujú** Klárin vlak, zistím že ich je **7**. Päť na trase, jeden pri odchode z Prešova a jeden pri príchode do Žiliny. Dôležité je, že Klára **uvidí** aj tieto dva vlaky. Keď spravím **vodorovnú čiaru** z bodov stretnutia, zistím, že je to každého pol dielika vzdialenosti, teda každých 40,5 km.

Bodovanie: *5 b za správne a úplné riešenie; -0,3 b za „zabudnuté” krajné vlaky, -1 b za nesprávne vysvetlenie grafu, -3 b za nesprávny graf alebo výpočtové riešenie úlohy*

Príklad 3 - Petrova pipeta *opravoval Ondrej Bogár - Bugý*

Na začiatok malý náhľad do encyklopédie. Na Mesiaci nie je atmosféra, teda ani atmosferický tlak. Mesiac má gravitačné pole. Je síce slabšie ako na Zemi, ale v okolí Mesiaca je jediné, a teda aj dominantné. Pôsobí tam gravitačná sila. Vo vákuu však nie je žiaden plyn, ktorý by spôsoboval tlak. Preto je tam nulový tlak.

Ako teda pipeta funguje? Ponoríme ju do vody (alebo do nej naberieme vodu). Kým je pipeta pod vodou, zakryjeme jej horný koniec. Pre zjednodušenie predpokladajme, že voda siahala až po horný okraj. Teraz pipetu vyberieme. Časť vody nám vytečie, ale to nevadí. Po chvíľke tiecť prestane a ostane nám v nej voda, ktorú chceme preniesť.

Pozrime sa, aké tlaky a aké sily pôsobia na vodu v pipete. Sila je jasná hneď - gravitačná sila F_g. Na spodný otvor pôsobí atmosferický tlak - smerom nahor. Teda na vodu bude pôsobiť silou, ktorá bude opačne orientovaná ako F_g a jej veľkosť bude $F_1 = p_\mathrm{at} S$, kde S je plocha prierezu pipety - je to len nejaké číslo. Čo skrýva priestor nad vodou? Predtým tam bola voda, ale teraz tam nie je. Vzduch sa tam dostať nemohol, lebo hore je prst. Preto tento priestor je vákuum. To môže vzniknúť, ale veľmi ľahko sa zase zaplní. Vákuum bude pôsobiť tlakovou silou $F_2 = p_2.S$. Keďže vo vákuu je $p_2 = 0$ tak aj $F_2 = 0$.

Môžeme povedať, že v tomto priestore vznikol podtlak. Lebo keď si vezmeme tlakové sily pôsobiace na vodu, tak zistíme, že výsledná sila bude pôsobiť smerom do priestoru, kde je vákuum (alebo menší z dvojice tlakov). Teda podtlak nie je nič iné ako rozdiel tlakov.

Teraz, keď vieme aké sily pôsobia na vodu, spravíme ich výslednicu.

$$F = F_\mathrm{g} - (F_1 - F_2) = F_\mathrm{g} - F_1$$

Sila bude brániť vode vytiecť z pipety práve vtedy, keď $F_\mathrm{g} = F_1$.

Keď odkryjeme prst, tak zhora aj zdola bude pôsobiť rovnaký atmosferický tlak, ale opačným smerom. Naša rovnica sa zmení na:

$$F = F_\mathrm{g} - (F_1 - F_1) \qquad \text{teda} \qquad F = F_\mathrm{g}$$

Na vodu bude pôsobiť len gravitačná sila, a preto vytečie.

Ako to bude na Mesiaci? Je tam gravitácia, čiže F_g bude vo vzorci vystupovať stále. Nie je tam však atmosferický tlak. Teda $F_1 = F_2 = 0$. Potom budú naše rovnice vyzerať nasledovne. Ak prstom prikryjeme pipetu:

$$F = F_\mathrm{g} - (F_1 - F_2) = F_\mathrm{g} - (0 - 0) = F_\mathrm{g}$$

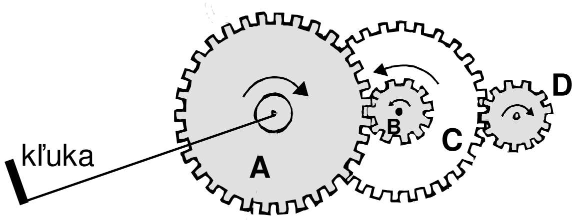
Ak prst povolíme:

$$F = F_g - (F_1 - F_1) = F_g$$

Vidíme, že v oboch prípadoch pôsobí na vodu len gravitačná sila a voda preto vytečie. **Pipeta nebude fungovať**, lebo voda z nej vytečie v každom prípade.

Bodovanie: *Za podrobné zdôvodnenie 3 b, Za správny výsledok na Zemi 1 b, na Mesiaci 1 b, drobné chyby max -1 b za zlé tvrdenia o gravitácii na Mesiaci -0,5 b*

Príklad 4 - Miniškriatok v hodinách *opravovali Martin Lauko - Logik a Lucia Komendová - Lusi*



Na úvod si pripomeňme, ako tie zubaté kolieska vlastne fungujú. Prvá možnosť je spojiť dve kolieska **zubami**. Vtedy sa kolieska budú otáčať zub-za-zub (rovnaký počet zubov za jednotku času), ale v opačnom smere. To je prípad koliesok A a B na obrázku. Druhá možnosť je prichytiť kolieska bokmi **na spoločnú os** - kolieska sa točia rovnakým smerom o rovnaký uhol, teda nezávisle od počtu zubov sa otočia o 360° za rovnaký čas. Napríklad kolieska B a C na obrázku.

Pohľad na zadanie: prvé koleso v sústave sa bude otáčať rýchlosťou 360° za 5 sekúnd - teda celé sa otočí $\frac{60\text{ s}}{5\text{ s}} = 12$ krát za minútu. Posledné koliesko otáča sekundovú ručičku, musí sa teda otočiť o 360° za 60 sekúnd, teda práve raz za minútu. V sústave teda potrebujeme prvé koliesko 12x spomaliť. Spomaliť ho môžeme tak, že ďalšie koleso bude mať viac zubov ako predošlé koleso. Otočí sa rovnaký počet zubov, v prípade druhého kolesa to však znamená menší uhol, bude sa teda točiť pomalšie.

Ako to technicky zrealizovať kolieskami s 11 až 50 zubami? Určite to nepôjde v jednom kroku (ak by prvé malo 10 zubov, druhé by muselo mať 120). Fintou bude, že spomalenie rozdelíme medzi dve dvojice koliesok. Prvá dvojica môžu byť kolesá s 11 a 44 zubami (označme ich A a B), druhá dvojica 13 a 39 zubov (ozn. C a D) - na číslach nezáleží, podstatné je celkové spomalenie bolo akurát:

$$\frac{B}{A} \cdot \frac{D}{C} = 12 \quad \overset{\text{náš prípad}}{=} 4 \cdot 3 = 12$$

Teda ak sa A otočí 12x za minútu, otočí sa o $12 * 11$ zubov $= 132$ zubov - aj B sa otočí o 132 zubov, to znamená $132/44 = 3$ krát o 360°. Podobne, ak sa C otočí 3x za minútu, D sa otočí za minútu práve raz. Fungovať to bude, ak sa kolieska B a C budú otáčať o rovnaký uhol - teda ak budú na spoločnej osi.

Ľahko overíme, že sedí aj smer otáčania - škriatok otáča koleso A v smere hodinových ručičiek, B pripojené zubami sa otáča proti smeru, C rovnako ako B, D sa otáča v opačnom smere ako C, teda **v smere** hodinových ručičiek. Hurá, máme to! Pozornejší si všimli, že správne riešenie bolo aj na obrázku v zadaniach :). Stačilo doplniť, že A má 11 zubov, B 44, C 13 a D 39 zubov (to je jedno zámožných riešení, sú aj iné, napr. a 12-zubé, B 48-zubé, C 11-zubé a D 33-zubé).

Najčastejšou chybou bolo, že ste zostrojili zariadenia, ktoré namiesto spomalenia ešte 5-krát zrýchlili posledné koliesko, takže sa otočilo dookola už za 1 sekundu, alebo že ste si sťažili úlohu tým, že ste použili zbytočne viac koliesok, než bolo treba alebo kolieska s necelým násobkom zubov toho pri ňom.

Bodovanie: *Funkčný stroj s vysvetlením za 5 bodov, bez vysvetlenia 3 body, nefunkčný stroj za 1-2 body, ak riešenie obsahovalo správne úvahy.*

Príklad 5 - Prívesok *opravoval Juraj Čechvala - Jurino*

Poďme sa pozrieť na náš diamantový prívesok (áno, ten drahokam bol diamant). Vašou úlohou bolo zistiť **hustotu drahokamu** (ρ_D) a **priemernú hustotu prívesku** (ρ_P). Vzťah na výpočet hustoty je vám iste dobre známy $\rho = \frac{m}{V}$, ale musíme si dobre rozmyslieť, aké m a aké V do vzorca dosadíme. Vždy keď do vzorca dosádzame hmotnosť alebo objem, musíme si byť istí, že je to určite hmotnosť a objem rovnakého predmetu, ktorého hustotu určujeme.

Začnime hustotou drahokamu:

$$\rho_\mathrm{D} = \frac{m_\mathrm{D}}{V_\mathrm{D}}$$

Hmotnosť drahokamu (m_D) máme zadanú, potrebujeme zistiť jeho objem (V_D). Vieme, že drahokam tvorí 25% objemu prívesku. To znamená, zlato spolu so striebrom tvoria zvyšných 75% objemu prívesku (spolu to musí byť 100%). Objem zlata spolu so striebrom ($V_\mathrm{Z+S}$) dostaneme sčítaním ich objemov. Objem zlata (V_Z) je zadaný a objem striebra (V_S) vypočítame z jeho zadanej hmotnosti (m_S) a hustoty (ρ_S):

$$V_\mathrm{S} = \frac{m_\mathrm{S}}{\rho_\mathrm{S}} = \frac{10,5\ \mathrm{g}}{10,5\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}} = 1\ \mathrm{cm}^3$$

Takže objem zlata spolu so striebrom je:

$$V_{\mathrm{Z\,+\,S}} = V_\mathrm{Z} + V_\mathrm{S} = 2\ \mathrm{cm}^3 + 1\ \mathrm{cm}^3 = 3\ \mathrm{cm}^3$$

Teraz vieme, že 75% celého objemu sú 3 cm^3 a objem drahokamu je 25% celého objemu prívesku. Konkrétnu hodnotu objemu drahokamu už zrátame jednoducho (napr. trojčlenkou, rovnicou, úvahou, atď.). Ja som si vybral úvahu: 25% je trikrát menej než 75%, takže aj objem drahokamu je trikrát menší ako objem zlata spolu so striebrom: 3 cm^3 : 3 = 1 cm^3. a už máme všetky potrebné údaje na výpočet hustoty drahokamu:

$$\rho_\mathrm{D} = \frac{m_\mathrm{D}}{V_\mathrm{D}} = \frac{3,52\ \mathrm{g}}{1\ \mathrm{cm}^3} = 3,52\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$$

Priemernú hustotu celého prívesku spočítame rýchlo, ale musíme si uvedomiť jednu dôležitú vec: Priemerná hustota **NIE JE priemerom hustôt**, ale **JE TO celková hmotnosť telesa (teda prívesku) vydelená celkovým objemom tohto telesa**. V našom prípade:

$$\rho_{\mathrm{P}} = \frac{m_{\mathrm{P}}}{V_{\mathrm{Z+S}} + V_{\mathrm{D}}} = \frac{52,6\ \mathrm{g}}{4\ \mathrm{cm}^3} = 13,15\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$$

A to je všetko. Najčastejšou chybou bolo už spomínané priemerovanie hustôt. s hustotami to takto nefunguje, pretože hustota je síce priamo úmerná hmotnosti, takže ak by sme mali látky S rovnakými objemami a rôznymi hmotnosťami, mohli by sme robiť priemernú hustotu ako priemer hustôt. Avšak hustota závisí aj na objeme a to nepriamo úmerne (objem je v menovateli zlomku), no a pri nepriamej úmernosti už je to zložitejšie a obyčajný aritmetický priemer nefunguje (tu funguje tzv. **vážený priemer**). Podobné pravidlá platia aj pre priemerné rýchlosti, výkony, atď., jednoducho všetko, čo je definované ako podiel dvoch (alebo viac) veličín.

Bodovanie: *Za každú správne spočítanú hustotu z otázky (drahokam a prívesok) aj s postupom bolo 2,5 bodu. Ak ste mali správny postup, ale urobili ste iba jednu numerickú chybu, dostali ste o 0,5 boda menej. Za správny postup boli teda 2 body (pri každej hustote). Nad vynechanými jednotkami som prižmúril oči, pokiaľ chýbali iba na jednom-dvoch miestach, inak som strhával do 1 bodu*

Príklad 6 - Tréning na schodoch *opravoval Peter Petrík - Zilo*

Výkon P sa počíta ako práca W za čas t. Čo je to ale práca $W = F.s$ v našom prípade? Nič iné ako zmena polohovej (potenciálnej) energie :). Bežíme po schodoch hore a teda prekonávame gravitačnú silu $F_{\mathrm{g}} = mg$ po dráhe $s = hn$ - **pozor!** - počet schodov (n) krát výška jedného schodu (h), t.j. $W = mghn$. Čiže pre výkon dostávame vzťah:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mghn}{t}$$

Môžeme ísť merať. Hmotnosť odmeriame na váhe ($m = 55$ kg) s chybou okolo 1%. Odmeriame si výšku niekoľkých schodov a spriemerujeme hodnotu ($h_1 = 16$ cm, $h_2 = 16,2$ cm, $h_3 = 15,9$ cm) $h = 0{,}16$ m. Keďže to meriame pravítkom a schody sú každý jeden inak veľký, tak môžeme odhadnúť chybu merania napríklad ako 0,5 cm na jeden schod ($n = 50$, v mojom prípade asi 3%. A potom tu máme čas: takisto si to treba odbehnúť viackrát, dostaneme časy a spriemerujeme ich ($t_1 = 16,2$ s, $t_2 = 18,0$ s, $t_3 = 15,1$ s) $t = 16{,}4$ s s chybou asi 6% (tu presnosť môžete odhadnúť z toho, ako sa vám líšia tie hodnoty ktoré ste namerali).

Z nameraných hodnôt teraz vypočítame výsledný výkon:

$$P = \frac{mghn}{t} = \frac{55\ \mathrm{kg}.10\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}.0{,}16\ \mathrm{m}.50}{16{,}4\ \mathrm{s}} = 268\ \mathrm{W}$$

Čo presnosť merania? **Chyba merania** je rozdiel medzi nameranou hodnotou veličiny a skutočnou hodnotou, ktorá nie je presne známa. Závisí od presnosti meracích prístrojov, ale môže vzniknúť aj iná náhodná chyba pri meraní. Preto často používame **aritmetický priemer** viacerých meraní. Tu nepresnosť vypočítame inak: sčítame percentuálne chyby jednotlivých vecí, čo sme merali, t.j. 6+1+3=10%. Preto chyba je približne 10% z nášho P, teda $268/10 \doteq 27$ W. Celkový výsledok môžeme potom zapísať $P = 270 \pm 30$ W. Všimnite si, že keď je chyba ± 30 W, tak je zbytočné uvádzať výkon na 5 desatinných miest. :)

Ako sa výkon **mení počas jedného behu**? No dosť. To, čo sme hore vypočítali, je iba priemerný výkon. Výkon v každej sekunde behu závisí od toho, akú máte aktuálnu rýchlosť smerom dohora ($P = Fv$), ktorá (ako si viete predstaviť) sa podstatne lýši. Už len to, že sa musíme na začiatku rozbiehať a potom sme unavení, ako aj to, že človek keď beží, tak sústavne zdvíha a znižuje svoje ťažisko o pár centimetrov (keď sa odrážaš od zeme, tak zdvihneš pätu o zopár cm).

Bodovanie: *za správne použitie vzťahu* $P = \frac{mghn}{t}$ *1 b, za odhad chyby 1 b, za určenie priemerného výkonu 0,5 b, 2 b za meranie, 0,5 b za diskusiu zmeny* P *počas behu.*

Príklad 7 - Zlámaná špajdľa *opravovala Zuzka Batmendijnová - BTW*

Môj experiment vyzeral nasledovne: na špajdľu som si fixkou zaznačila každé 2 cm jej dĺžky, zaťažila ju knihami a na vytŕčajúcu časť som špagátom zavesila fľašu s vodou, ktorú som si predtým odvážila na kuchynských váhach (neskôr som ju doplnila vždy o ďalších 50 g vody). Špajdľu som po dvoch centimetroch vyťahovala (závažie som si pritom nadľahčila rukou), až kým sa nezlomila. Pokus som pri rovnakej hmotnosti závažia zopakovala ešte dvakrát s novými špajdľami, aby som sa presvedčila, že sa zlomia pri rovnakej dĺžke prečnievania. Áno, polámala som pri tom síce trochu viac špajlí, ale prišla som na veľmi zaujímavé zistenie, že aj pri tej istej hmotnosti závažia sa špajdle vôbec nesprávali rovnako.

Takže pozor, dôležité! Pri experimente treba vždy urobiť viacero meraní pri tých istých podmienkach! V našom prípade pri tej istej dĺžke špajdle a tej istej hmotnosti závažia. Nestačí sa uspokojiť so zistením, že špajdľa sa nám **raz** zlomila pri 200 g. Musíme pokus zopakovať viackrát, s viacerými špajdľami.

Ako vidno v tabuľke mojich meraní (na ďalšej strane), viackrát sa mi stalo, že z troch pokusov sa špajdľa pri tom istom zaťažení nezlomila vždy. Možné dôvody: niektoré špajdle sú tenšie, trochu ohnuté, niekedy som pri púšťaní závažia trochu potiahla lankom. Práve opakovaním merania sa dajú takéto chyby odhaliť. (Mne sa to stalo napr. pri 16 cm a 100 g).

Praktická poznámka: ak sa špajdľa zlomí pri 200 g, nemá zmysel skúšať 300 g. A ak je cieľom úlohy zistiť, pri akej najmenšej hmotnosti sa špajdľa zlomí, informácia, že pri 40 g sa nezlomí, alebo že pri 20 kg sa zlomí, nie je riešením úlohy

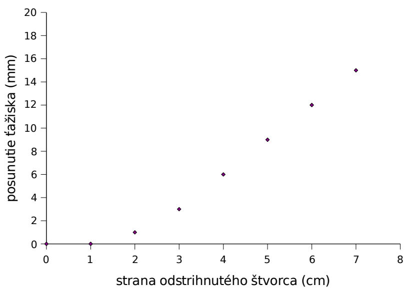
Bodovanie: *5 b dobré riešenie, -0,5 b až -2 za málo meraní a ich neopakovanie, -0,5 b za chýbajúcu tabuľku všetkých meraní, -1 b za nesystematickosť v meraniach*

vytŕčajúca časť	4 cm			8 cm			12 cm			16 cm			20 cm		
meranie č.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
50 g	N			N			N			N	N		N		
100 g	N			N			N			Z	N	N	N	N	
150 g	N			N			N			N	N		N	N	
200 g	N			N			N			N	N	N	Z	Z	N
250 g	N			N			Z	N	N	Z	Z	N	Z	Z	Z
300 g	N			N	N		Z	Z	Z						
350 g	N	N	N	Z	Z	Z									
400 g	N	N	N												
850 g	N	Z	N												
900 g	N	Z	Z												

Príklad 8 - Menovky *opravoval Matej Duník - Matt*

Strihám, strihááš, meriame. Najprv trošku teórie (sľubujem, nie veľa). Možností, ako nájsť ťažisko je veľa. Niektoré sú presnejšie, iné menej. Niektoré sú rýchle a iné môžu trvať veľmi dlho. Tak napríklad, keby som zobral ihlu, držal ju hrotom hore a snažil sa naň položiť štvorec tak, aby ostal vodorovný a nepadal, tak by som skôr či neskôr to ťažisko našiel. Horšie by bolo, keby sa mi triasli ruky.

Ja som si vybral iný spôsob - zavesený predmet sa totiž „snaží" dostať ťažisko čo najhlbšie a teda bude presne pod bodom závesu - vtedy je najnižšie. Takže stačí na jeden klinček zavesiť môj veľký štvorec a šnúrku so závažím, a viem, že ťažisko je niekde na priamke, ktorú určuje šnúrka. Toto keď zopakujem pre dve rôzne mesta na štvorci, tak dostanem dve priamky, ktoré sa pretínajú práve v ťažisku. Moje výsledky sú v tabuľke. Po odstrihnutí 1 cm štvorca je odchýlka ťažiska veľmi blízko nuly (nevedel som namerať, o koľko sa posunulo).



strana odstrihnutého štvorca [cm]	0	1	2	3	4	5	6	7	8
vzdialenosť ťažiska od stredu [mm]	0	0	1	3	6	9	12	15	19

Najčastejšou chybou bolo, že ste nenapísali poriadne, ako ste zisťovali polohu ťažiska. V takom prípade som nemohol ani pri správne nameraných hodnotách dávať plný počet. No od mnohých z vás prišlo skutočne kvalitné riešenie a to ma veľmi potešilo :)

Bodovanie: *Ak boli v riešení: popis merania, graf, tabuľka s hodnotami, a všetko znelo rozumne, tak bol plný počet. Bez popisu merania 3,5 bodu (tých bolo veľa), za fakt veľmi zlé hodnoty (keď sa zdalo, že ste až tak úplne nemerali) 1,5 bodu, za chýbajúci graf -1 bod ± bodíky za drobnosti a úroveň vysvetľovania*