

# FYZIKÁLNY KOREŠPONDENČNÝ SEMINÁR

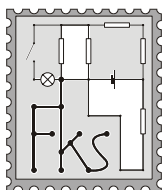
3. séria zimnej časti 19. ročníka

A – kategória (starší)

školský rok 2003/2004

termín príchodu riešení

3. 12. 2003



www.fks.sk

FKS, KZDF FMFI UK

Mlynská dolina

842 48 Bratislava

riesenia@fks.sk

info@fks.sk

## A – 3.1 Chladnička (5 bodov)

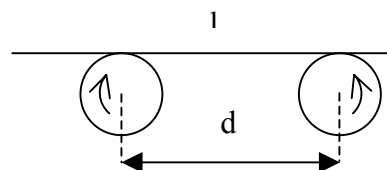
Rodinka sa vybrala na výlet. Pozatvárali všetky okná, povypínali všetky spotrebiče a vyrazili. Zabudli však na chladničku, ktorú nechali otvorenú bežať. Ako sa zmenila teplota vzduchu v kuchyni keď sa na druhý deň vrátili z výletu? Chladnička má výkon  $P$ , účinnosť  $\eta$  a v kuchyni je vzduch s objemom  $V$ . Kuchyňu považujte za tepelne izolovanú. Najprv uvažujte, že kuchyňa je prázdna a potom sa pokúste zistiť, ako tento výsledok ovplyvnia bežné predmety v nej.

## A – 3.2 Koleso (5 bodov)

Bicykel ide po mokrej podložke. Zrátajte do akej maximálnej výšky odfrkne kvapka z kolesa (voda odlieta od všetkých bodov kolesa v smere dotýčnice v danom bode), ak polomer kolesa je  $r$  a bicykel ide rýchlosťou  $v$ . Odpor vzduchu zanedbajte.

## A – 3.3 Netradičné oscilácie (5 bodov)

Predstavte si, že dva kotúče umiestnené v tej istej horizontálnej rovine, ktorých osi otáčania sú vo vzájomnej vzdialenosti  $d$ , sa otáčajú v navzájom opačných smeroch. Na nich je položená homogénna tyč dĺžky  $l$ , ktorej ťažisko je bližšie k jednému z kotúčov. Okrem toho vieme, že koeficient šmykového trenia medzi kotúčmi a tyčou je  $f$ . Mohli by ste skúsiť uhádnuť, čo sa s tyčou bude diať. Ale keďže vedúci FKS sú veľmi dobrí a majú vás radi, prezradíme vám to. Tyč začne kmitať. Zostáva teda už len ľahučká úloha, vypočítať periódu jej kmitov. A to je na vás.



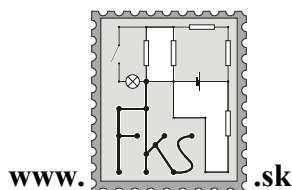
## A – 3.4 Noc je tmavá (5 bodov)

Ak sa pozrieme na oblohu ďalekohľadom, vidíme viac hviezd, než bez neho. Odhadnite, koľko hviezd môžeme vidieť na oblohe ďalekohľadom s priemerom šošovky 5 cm. Koľkokrát dovidíme takýmto ďalekohľadom ďalej než voľným okom?

Tento seminár podporuje  
KZDF FMFI UK

# FYZIKÁLNY KOREŠPONDENČNÝ SEMINÁR

vzorové riešenia 2. série  
A–kategória (starší)  
19.ročník  
zimný semester  
školský rok 2003/2004.



FKS, KZDF FMFI UK  
Mlynská dolina  
842 48 Bratislava  
riesenia@fks.sk  
info@fks.sk

## A – 2.1 Fyzikálne triky (opravoval Tomáš)

*Určite ste už videli, ako niekto naplnil pohár po okraj vodou, opatrne ho zakryl papierom a potom ho prevrátil hore nohami. Papier bolo potom možné ďalej nepridržať a ten akousi zvláštnou silou udržal vodu v pohári. Ako je to možné? Skúste to aj vy so zaváraninovým pohárom (7 dl) a pohľadnicou! Koľko najmenej vody je potrebné mať v pohári, aby sa trik podaril? Skúste toto množstvo vody výpočtom čo najlepšie určiť!*

Takže.. naplníme pohár, pricapíme pohľadnicu a prevrátíme. V záujme zachovania suchého oblečenia odstupíme od umývadla, očakávajúc riadnu vodnú spfšku... heeej, čo je? Voda úplne prekvapivo ostáva v pohári.. Pre menšie výšky vody v pohári sa pohľadnica dokonca na jednom konci provokačne odchlápí, vytvorí asi milimetrovú štrbinu.. a nič. Experimentom sa presvedčíme že pohľadnica udrží prakticky ľubovoľné množstvá vody. Čím tú vodu obľbli, že tak bezohľadne ignoruje gravitáciu?

Zamyslime sa ešte raz nad pohárom, v ktorom je nejaké množstvo vody. Na začiatku je situácia jasná: zdola pôsobí na pohľadnicu atmosférický tlak, zhora atmosférický tlak vzduchu ktorý je nad vodnou hladinou (môžeme predpokladať, že tam nejaké minimálne množstvo bude vždy) plus hydrostatický tlak vodného stĺpca. Všetko teda hovorí pre neľútostný pád. Čo by sa ale stalo, keby zrazu nejaké množstvo vody z pohára zrazu zmizlo? Praktickou realizáciou zmiznutia sa zatiaľ nebudeme zaoberať, proste budeme predpokladať že objem  $V$  vody z pohára zrazu nahradilo vákuum. Rozumným predpokladom je, že pre malé  $V$  voda vďaka povrchovému napätiu nepustí do pohára žiadny nový vzduch. Vo vzduchu nad vodou teda vznikne podtlak. Ak by bol tento dostatočne veľký, môže to vyrovnať tlak vodného stĺpca na pohľadnicu.. A sústava bude v rovnováhe! Skúsme teda zrátať aký veľký musí byť objem  $V$ . Pre riešiteľov B kategórie a lenivých A-čkarov je teda nasledujúci odsek úplne zbytočný a môžu ho s pokojom v duši preskočiť. A my ostatní rátame ako dráči:

Označme  $V = S\Delta h$  kde  $S$  je plocha pohára,  $\Delta h$  je potom vlastne výška, o ktorú klesne vodný stĺpec. V pohári s výškou  $l$  máme výšku  $h$  vzduchu. (je tam teda  $l - h$  vody). Na začiatku má vzduch atmosférický tlak  $p_a$ . Keď vytečie  $V$  vody, výška vzduchu sa zvýši o  $\Delta h$ . Ak predpokladáme, že vzduch sa rozopol izotermicky, platí preň  $pV = \text{konšt.}$  Ak označíme  $\Delta p$  zmenu tlaku po rozopnutí, máme :

$$S.h.p_a = S(h + \Delta h).(p_a - \Delta p), \text{ z toho} \\ \Delta h = \Delta ph / (p_a - \Delta p).$$

Aby sme to celé mali v rovnováhe, potrebujeme aby  $\Delta p$  bolo rovné (nanajvýš o málo väčšie) hydrostatickému tlaku vodného stĺpca. Teda  $\Delta p = \rho g(l - h)$ , kde  $\rho$  je hustota vody. Nakoľko je  $l$  rovné zhruba 20 cm je  $\Delta p$  najviac 2000 Pa, čo je dosť málo oproti atmosférickému tlaku (101000 Pa) na to, aby sme zanedbali  $-\Delta p$  v menovateli nášho vzorca. Máme teda

$\Delta h = \Delta p.h / p_a$ . Po dosadení za  $\Delta p$  máme

$$\Delta h = \rho g(l - h).h / p_a.$$

Nás zaujíma zrejme maximálne  $\Delta h$  pre všetky možné  $h$ . Inými slovami, pýtame sa, koľko vody maximálne budeme musieť z pohára odčarovať aby sme docielili politickú stabilitu. Závislosť  $\Delta h$  od  $h$  je kvadratická funkcia a keďže to akurát máme rozložené na súčin, vidíme, že korene má v bodoch 0 a  $l$ . Prečo nás trápia korene akejsi prevrátenej paraboly? Lebo kto už niekedy rozjímal nad krásou parabolických funkcií, vie, že maximum (resp. minimum) sa

nachádza presne v strede medzi koreňmi, teda v  $h = l/2$ . Toto je teda výška, pre ktorú to bude najmenej stabilné. Vtedy je

$$\Delta h = \rho g (l - l/2) \cdot (l/2) / p_a = 1 \text{ mm.}$$

Čo nám hovorí toto číslo? Ako zdôvodníme, že z pohára nám zmizne 1mm vody? Dozvieme sa v nasledujúcom odseku.

Ostáva nám teda vysvetliť Copperfieldovské zmiznutie vody z pohára. Uplatňuje sa tu najmä niekoľko javov: pohľadnica nie je dokonale pevná a môže sa teda trochu vypučiť. Do tohoto výpuku sa dostane voda z pohára. Skúste si pre pohár naplnený cca do polovice pohýbať pohľadnicou – ide úplne ľahko a vôbec netrie o pohár, iba o vodu. Prečo? Povrchové napätie vody dovoľuje pohľadnici nepriľnúť úplne tesne na okraj pohára ale nechať si malú medzeru. Táto medzera tiež spôsobí, že objem vody v pohári sa zmenší. Ak by tieto efekty nestačili, trochu vody sa jednoducho vyleje: voda začne vytekať (nie prudko, lebo už spomínané javy zaručia, že sústava bude skoro v rovnováhe) z jednej strany pohľadnice (nie je dokonale rovná). Vytečie toľko, čo ešte chýba do objemu  $V$  a nastane rovnováha.

Na záver krátke zamyslenie: načo je vlastne v celom tomto kúsku potrebná pohľadnica? Prečo to nedrží len tak? Je pravda, že aj bez pohľadnice sa jedná o rovnovážnu polohu sústavy – voda by teda teoreticky nemusela vytekať ani bez pohľadnice. Jedná sa však o labilnú rovnovážnu polohu. Ako guľička na kopci: stačí do nej dŕnúť a už sa kotúľa. Pohľadnica nám akoby na našom kopci vyhlbila jamku, v ktorej môže guľička bezpečne existovať. Pohľadnica sa totiž relatívne ťažko ohýba a preto na dostatie sa z rovnovážnej polohy je potrebné pohľadnicu na jednom mieste prehnúť – na to už ale nestačí náhodný impulz sily. Skúste nahradiť pohľadnicu igelitkou, uvidíte prečo je pevnosť (alebo jamôčka na kopci) taká dôležitá.

---

## A – 2.2 Džimmy Hendrix (opravoval Džony)

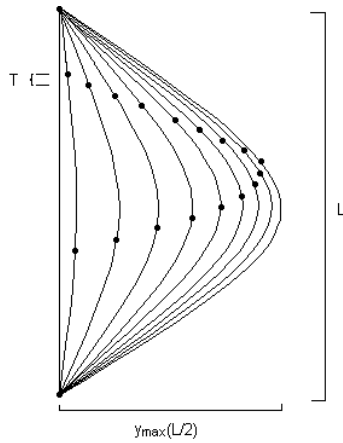
*Keď brnkne na gitarovú strunu, zdá sa nám rozmazaná. Ak sa však na vertikálne umiestnenú strunu pozrieme tak, že za ňou zbadáme televíznu obrazovku, uvidíme na strune pohybujúce sa vlnky. Odkiaľ sa tam vzali? Od čoho závisí ich vlnová dĺžka? Svoje tvrdenia skúste dokázať aj inými pozorovaniami.*

Tak v prvom rade chcem pochváliť všetkých ľudí, ktorým sa nepodarilo zohnať gitaru, ale sa ako správni fyzici vynašli a experimentovali s niečím iným (gumička, špagát...).

Na gitarovej strune, ako vieme, vzniká stojaté vlnenie, ktoré má dosť vysokú frekvenciu ( $f_s$ ) (rádovo stovky hertzov). Objekty, ktoré kmitajú tak veľmi rýchlo, nevie naše oko resp. mozog spracovať (tá hranica vnímania je okolo 10Hz) a práve preto vidíme strunu rozmazanú. Jednoducho nevieme určiť, kde presne je daný kus struny v danom čase.

Čo sa zmení, keď je tam aj televízna obrazovka? Obraz na televíznej obrazovke je vytváraný elektrónovým lúčom, ktorý "behá" po riadkoch obrazovky a tým ich osvetľuje. Dôležité je, že osvetľuje riadky postupne zhora dole. Takto stihne lúč prebehnúť za jednu sekundu celú obrazovku až 50-krát (v Amerike 60, ako som sa dozvedel). Toto voláme obnovovacia frekvencia ( $f_t$ ) a v podstate to znamená, že lúč sa znovu dostane k tomu istému riadku za čas  $T_t$ , ktorý je približne rovný  $1/f_t$  (nemusí byť rovný presne tomu, lebo istý čas aj trvá, kým lúč zamieri odspodu obrazovky zase nahor, ale tento efekt môžeme zanedbať).

No pozrite sa, čo sa deje, keď naše poznatky o strunách a obrazovkách skombinujeme. Musíme si uvedomiť, že daný kusok struny vidíme najvýraznejšie, práve keď je tento kusok osvetľovaný daným riadkom z obrazovky. Zvyšnú časť struny vidíme horšie, pretože za ňou nežiaria žiadne riadky. Keďže sa struna pohybuje, tak daný kusok struny budeme vidieť práve v mieste, kde sa nachádzal počas toho, ako bol osvetlený riadkom. A práve toto je ten dôvod vzniku vlniek. Asi sa to dá ťažko predstaviť, ale snáď vám pomôže obrázok od vášho kolegu Jana Lalinského, ktorý danú situáciu celkom dobre vystihuje. Struna sa vždy po  $T$  sekundách o kusok posunie a takisto sa o niečo posunie aj "svietiaci" riadok, ktorý nám zviditeľní daný



kúsok struny (označené bodkou). Keďže tieto osvetlenia nasledujú veľmi rýchlo za sebou, naše oko to vníma spojito, a teda to, čo vnímame ako záhadné vlnky, je iba sled rôznych bodov na strune v rôznych polohách (znie to hrozivo, ale na obr. to je pekne vidno). Teraz si asi viete predstaviť, čo sa stane, ak je táto struna horizontálna. Keďže je len veľmi tenká a výchylky sú malé (vzhľadom na jej dĺžku), "osvetľovací riadok" tento úsek prebehne rýchlejšie ako vo vertikálnom prípade a teda bude to vyzerat' ako také čierne pruhy, resp. bude rozmazaná. Skúste si nakresliť podobný obrázok pre túto situáciu. Tak, keď už vieme, čo to je, môžeme aj vytušiť, od čoho závisí vlnová dĺžka týchto vlniek. Treba si uvedomiť, že to nie je žiadne

reálne vlnenie a teda ani žiadna reálna vlnová dĺžka neexistuje!

Od čoho ale závisí táto fiktívna vlnová dĺžka? Veľmi rád by som vyzdvihol riešenie Jakuba Závodného, ktorý pristupoval k problému veľmi elegantne. Mnohí z vás si všimli, že vlnky, ktoré vznikajú, sa väčšinou pohybujú nejakou rýchlosťou. Keď gitaru ladíme (alebo skôr rozladujeme), môžeme si všimnúť, že rýchlosť pohybu týchto vlniek sa mení a dokonca môžeme dosiahnuť stav, keď pozorujeme vlnky, ktoré sa nehýbu. Vidíme teda len akúsi nehybnú zvltnenú strunu. Za čas ( $T_t$ ), za ktorý sa elektrónový lúč namieri zase na ten istý riadok, kmitne struna  $N$ -krát ( $N$  nemusí byť celé číslo).  $N$  môžeme vyjadriť ako:  $N = T_t/T_s$  ( $T_s$  je perióda kmitu struny). Čiže  $N = T_t f_s$  resp.  $N = f_s/f_t$ . To znamená, že ak vidíme celú strunu (dĺžky  $L$ ) pred obrazovkou, tak na nej uvidíme  $N$  vlnových dĺžok nášho fiktívneho vlnenia. Čiže vlnová dĺžka je:  $\lambda = L/N$  čiže  $\lambda = Lf_t/f_s$ . Z toho nám vyplýva ďalší krásny pozorovateľný jav. Keď sa obrazovka nepremieta na celú strunu, ale len na kúsok struny dĺžky  $L_x$ , vlnová dĺžka je rovná

$$\lambda = L_x f_t / f_s.$$

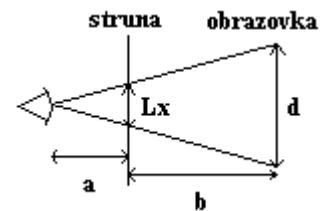
Ale veľkosť tohoto priemetu predsa určujú vzájomné vzdialenosti pozorovateľa, struny (a) a obrazovky (b) a jej veľkosť (d). Čiže z podobnosti trojuholníkov môžeme napísať vzťah:

$$\lambda = d \frac{a}{a+b} \cdot \frac{f_t}{f_s}.$$

Keď sa k strune približujete, pred očami sa vám zmenšuje vlnová dĺžka pozorovaných vlniek. Úžasné!

Tak a ešte by sa žiadalo vysvetliť pohyb vlniek a prípad stojacich vlniek. Z našej (vašej) úvahy vyplýva, že ak je frekvencia struny celočíselným násobkom obnovovacej frekvencie, "osvetľovací riadok" zastihne dané miesto struny vždy v tej istej polohe (výchylke), takže sa zdá ako keby sa struna vôbec nepohybovala, len tak zvltnene visela. V skutočnosti sa ale samozrejme pohybuje (a brutálne rýchlo). Ak však pomer týchto frekvencií nie je celočíselný, pri ďalšom obnovení obrazovky je dané miesto struny o kúsok posunuté (fázovo posunuté). Keďže bude takto posunuté každé miesto, tak vlastne všetky vlnky budú o kúsok posunuté (hore alebo dole). No a obrazovka sa obnovuje dosť rýchlo, takže sled týchto posunutí nám vytvára ilúziu pohybu vlniek.

Niektorí ste robili aj skvelé pokusy, kde ste merali vlnové dĺžky a príp. ladičkou overovali frekvenciu struny a celkom pekne sa vám to zhodovalo. To som už ale od vás nechcel, stačili mi overenia závislosti na vzdialenosti a teórie pokusom "horizontálna struna". A kto sa dobojoval až sem, má odo mňa na sústredení čokoládu. Veľa zdaru pri riešení ďalších pekných úloh.

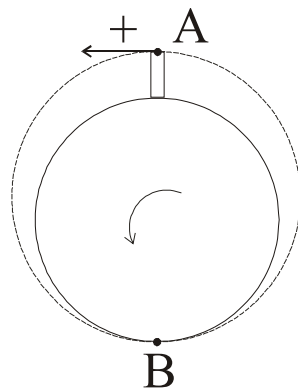


### A – 2.3 Kryptón (opravoval Stano)

Predstavte si planétu Kryptón veľkosti Zeme, ktorá rotuje takou uhlovou rýchlosťou, že na rovníku je nulové tiažové zrýchlenie. Akou maximálnou rýchlosťou môže čiernokňažník Relpék zo svojej 1 km vysokej veže na rovníku vyhodit' kryštálovú guľu proti smeru rotácie Kryptónu tak, aby guľa nespadla späť?

Najprv si treba uvedomiť, čo znamená, že guľa nespadne naspäť na Kryptón. Nech udelí čiernokňažník krištáľovej guľi akúkoľvek rýchlosť, tá sa bude pohybovať po kužeľosečke (elipse, parabole alebo hyperbole) okolo Kryptónu. Pravda, ak jej v tom nebude prekážať samotný Kryptón. Dráha, po ktorej guľa len tak tak minie Kryptón, je elipsa, ktorej ohniskom je Kryptón s hlavnou poloosou rovnou  $(2R_k + h)/2$ , kde  $R_k$  je polomer Kryptónu a  $h$  je výška veže (pozri obrázok).

Pozrime sa teraz na našu elipsu zo súradnicovej sústavy spojenjej s osou otáčania Kryptónu (teda nás nezaujíma, že sa Kryptón otáča, berieme ho len ako hmotné teleso). Keďže potrebujeme poznať veľkosť rýchlosti, s akou Relpék vyhodil guľu, je vhodné použiť zákon zachovania energie pre body A a B (pozri obrázok). Energia telesa v radiálnom gravitačnom poli je



$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{\kappa mM_k}{R},$$

kde  $m$  je hmotnosť gule,  $M_k$  je hmotnosť Kryptónu,  $v$  je rýchlosť gule,  $R$  je jej vzdialenosť od stredu Kryptónu a  $\kappa$  je gravitačná konštanta. Takže:

$$\frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{\kappa mM_k}{R_A} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{\kappa mM_k}{R_B}.$$

Ak vezmeme do úvahy, že  $R_A = R_k + h$ ,  $R_B = R_k$  dostaneme po pár úpravách pre rýchlosť  $v_A$ :

$$v_A^2 = v_B^2 - 2\kappa M_k \frac{h}{R_k(R_k + h)}. \quad (1)$$

Potrebujeme ešte poznať vzťah medzi  $v_A$  a  $v_B$ , ten nám s radosťou poskytnie zákon zachovania momentu hybnosti (moment hybnosti je  $\vec{L} = m\vec{R} \times \vec{v}$ ). Keďže v bodoch A a B je rýchlosť gule kolmá na sprievodič, platí v nich  $\vec{R}_{A,B} \times \vec{v}_{A,B} = R_{A,B}v_{A,B}$ , preto  $v_B = v_A R_A/R_B$ . Ak to dosadíme do (1) a znova vyjadríme  $v_A$ , dostaneme (pričom znova použijeme  $R_A = R_k + h$ ,  $R_B = R_k$ ):

$$|v_A| = \sqrt{2\kappa M_k \frac{R_k}{(2R_k + h)(R_k + h)}}. \quad (2)$$

Na to aby sme sa dokázali premiestniť do sústavy spojenjej s čiernokňažníkovou vežou, potrebujeme poznať jej rýchlosť v sústave, v ktorej sa nachádzame teraz (os Kryptónu). To určíme ľahko, lebo vieme, že na rovníku je nulové tiažové zrýchlenie. Musí tam byť preto gravitačné zrýchlenie rovné dostredivému zrýchleniu

$$\omega^2 R_k = \kappa \frac{M_k}{R_k^2}.$$

Uhlová rýchlosť otáčania Kryptónu potom musí byť

$$\omega = \sqrt{\kappa \frac{M_k}{R_k^3}}.$$

Rýchlosť vrcholku veže teda bude

$$v_v = \omega(R_k + h) = (R_k + h) \sqrt{\kappa \frac{M_k}{R_k^3}}.$$

Teraz už máme pripravené všetko na to, aby sme zistili akou rýchlosťou musí vyhodit' Relpék svoju krištáľovú guľu tak, aby nepadla späť na Kryptón. Zostaňme ešte chvíľu v sústave spojennej s osou Kryptónu. Tu sme už zistili, akou rýchlosťou musíme hodiť guľu, aby len tak tak nenarazila na Kryptón. Je to  $|v_A|$  zo vzťahu (2). Ak si zvolíme za kladnú orientáciu smer otáčania Kryptónu (pozri obrázok), je jasné, že rýchlosti, pri ktorých guľa nedopadne na Kryptón, budú z intervalu

$$(-\infty, -v_A) \cup (v_A, \infty).$$

Nemôže sa však nadobudnúť celý tento interval, lebo čiernokňažník hádže guľu len proti smeru otáčania Kryptónu. Preto bude len

$$(-\infty, -v_A) \cup (v_A, v_v).$$

Je to zrejmé, lebo ak Relpék hodí guľu nulovou rýchlosťou (sme v sústave spojennej s vežou), tá bude mať v sústave spojennej s osou Kryptónu rýchlosť  $v_v$ . Ak ju hodí väčšou rýchlosťou ako nulovou, bude táto rýchlosť menšia ako  $v_v$ . Aby toto obyčajný smrteľník pochopil musí si dobre uvedomiť smer otáčania Kryptónu a smer hádzania gule.

Nakoniec, aby sme mali tieto intervaly vzhľadom na súradnicovú sústavu spojenú s vežou, musíme ich odčítať od  $v_v$ .

$$v_{vv} - [(-\infty, -v_A) \cup (v_A, v_v)] \\ (0, v_v - v_A) \cup (v_v + v_A, \infty).$$

Čo je výsledok. Na to aby sme mu pochopili musíme si uvedomiť, že  $v_v > v_A$ . Zúfalom, ktorí to aj tak nevidia, ešte dodávam: uvedomte si, ktorý smer je kladný a ktorý záporný, v akej sústave sa nachádzate, v akej poznáte veľkosti jednotlivých rýchlostí a v akej ich chcete poznať.

Číselne bude výsledok (ak použijeme bežné tabuľkové hodnoty pre polomer Zeme, hmotnosť Zeme a gravitačnú konštantu):

$$(0; 2,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) \cup (15,8 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}, \infty).$$

Nakoniec jeden návrh na premyslenie na dlhé zimné večery. Čo bude vidieť pozorovateľ na Kryptóne, keď hodí Relpék guľu rýchlosťou  $2,17 \text{ ms}^{-1}$ ? **Nie je** správne riešenie, že guľa obehne raz okolo Kryptónu a trafi Relpéka zozadu do hlavy (na šťastie pre Relpéka :)).

## A – 2.4 Blikajúce hviezdy (opravovala Myša)

*Ak sa pozrieme voľným okom na hviezdy nad obzorom, často sa zdá, že blikajú. Naproti tomu planéty sú pokojné, ich svetlo „netancuje“. Prečo hviezdy blikajú? Prečo planéty nie?*

Prečo teda? Ako ste všetci vo svojich riešeniach správne postrehli, prsty v tomto probléme bude mať naša atmosféra. Avšak – čo ste už zďaleka nepostrehli úplne všetci – nielen ona... Ale poďme pekne poporiadku!

Vzdušný obal našej planéty nemá konštantnú teplotu. Inak povedané, niekde môže byť studený a inde (aj v blízkosti studenej oblasti) sa celkom pekne zohrieva. Keď má vzduch rôznu teplotu, potom bude mať aj rôznu hustotu. No a s hustotou nám veľmi úzko súvisí index lomu prostredia (v tomto prípade index lomu atmosféry, resp. jej konkrétnych miest, kadiaľ musí povinne prejsť každý svetelný lúč, ktorý chceme pozorovať).

V rozličných oblastiach atmosféry sa nám index lomu mení a to znamená, že svetlo si pri svojom putovaní k nám hľadá rôzne cestičky (láme a kľukatí sa práve v závislosti od nestáleho indexu lomu).

Svetlo k nám týmto spôsobom prichádza od planét i od hviezd (v tomto momente je nepodstatné, či ide o svetlo odrazené alebo neodrazené). Takmer každý z prichádzajúcich lúčov si nejakú tú cestu napokon nájde a my môžeme vidieť rôzne nebeské telesá (tancujúce i úplne pokojné).

Stále však nie je jasné, prečo by mal byť v pozorovaní svetla prichádzajúceho od planét a od hviezd rozdiel. Atmosféra už svoju úlohu splnila (polámala lúče), je preto na čase zamyslieť sa ešte nad ďalšími faktormi, ktoré objasnia pozorovaný jav.

Toto naše zamyslenie sa vôbec nebude komplikované a ani bolestivé. Iba si uvedomíme, že hviezda je pre pozorovateľa na Zemi kvôli svojej obrovskej vzdialenosti bodovým zdrojom svetla. Bodový zdroj svetla k nám vysiela jeden pozorovateľný lúč, ktorý sa nejakým jedným spôsobom zlomí. Rozloženie hustôt vzduchu sa s časom mení. Preto sa o chvíľu toto svetlo zlomí trochu inak (chudáčik lúč je „vyvedený z miery“ atmosférickými fluktuáciami) a hviezdička nám poskočí. Zazreli sme ju totiž na inom mieste, ako pred nepatrnou chvíľou.

O planéte toto isté povedať nemôžeme. Planéty sú pre pozemských pozorovateľov zdroje plošné. Sú k nám oveľa bližšie, a keď sa dobre prizrieme (stačí malý ďalekohľad), naozaj ich môžeme pozorovať ako malé svietiace disky. Ich svetlo k nám teda „nepriháša“ jeden lúč, ale celý zväzok lúčov. Každý lúč zväzku sa láme (každý trochu inak a každý nekontrolovateľne máličko). My však registrujeme nie každý lúč osobitne, ale iba ich spoločný súčet (voľným okom totiž predsa len disk planéty nerozlišujeme). No a tento súčet už nemôže kolísať tak ako každý lúč osobitne a preto pozorujeme vždy ten istý obraz – obraz planéty, ktorá si pokojne visí na oblohe a vôbec nemá chuť poskakovať. Voči nepokojnej atmosfére je teda plošný zdroj svetla zvýhodnený, je voči nej „odolnejší“.

Kto si všetko presne takto uvedomil a svoje uvedomenie si napísal zrozumiteľne na papier ešte predtým, ako si prečítal vzorové riešenie, ten sa teraz môže tešiť. Spolu s tými, ktorí sa celú pravdu dozvedeli práve v tejto chvíli.

Mimochodom, roztapašné tancujúce hviezdy kedysi robili ťažkú hlavu (síce z iných dôvodov ako vám :-)) aj astronómom. Ako ste ale niektorí vo svojich riešeniach správne poznamenali, aj oni boli pri riešení tohto problému vcelku úspešní. Vplyv atmosférických fluktuácií sa im podaril eliminovať výstavbou observatórií, umiestnených vo vysokohorských polohách (teplotné výkyvy v atmosfére sú tam menšie ako napríklad tesne pri povrchu Zeme a v blízkosti miest).

## FYZIKÁLNY KOREŠPONDENČNÝ SEMINÁR

výsledková listina A – kategórie po 2. sérii zimného semestra 19. ročníka

Priezvisko	Meno	Trieda	Škola	⊕	A-2.1	A-2.2	A-2.3	A-2.4	☹	Σ
1. Maták	Peter	4 E	G VBN Prievidza	19.0	5.0	5.00	4.5	5.0		38.50
Závodný	Jakub	ok.	G BA Grösslingova	18.5	5.0	5.00	5.0	5.0		38.50
3. Ďurák	Michal	4	G BST Lučenec	16.5	5.0	5.00	3.5	5.0		35.00
4. Brutovská	Eva	ok.	G Kežmarok	18.0	3.5	4.00	3.5	5.0		34.00
5. Batmendijnová	Zuzana	ok.	G T. Vansovej	15.5	5.0	3.50	5.0	5.0	-1	33.00
6. Mánik	Tomáš	4 C	G BST Lučenec	16.0	5.0	4.00	3.5	3.5		32.00
7. Lalinský	Ján	se. A	G Varšavská cesta	13.4	5.0	5.00	5.0	2.5		31.60
8. Sasák	Róbert	3 D	SPŠE Piešťany	15.3	5.0	5.00	3.5	1.5		31.39
9. Neilinger	Pavol	4 A	G Dunajská Streda	14.5	5.0	4.00	4.5	2.5		30.50
Zalom	Peter	5 G	G Poprad Tatarku	18.5	3.5	1.00	3.5	4.0		30.50
11. Šoltéssová	Mária	4 B	G BA Grösslingova	14.5	5.0	3.00	3.5	3.0		29.00
12. Glaus	Peter	4 A	G BA J. Hronca	14.0	5.0	3.50	1.5	5.0	-1	28.00
Trubenová	Barbora	4 A	G BA J. Hronca	16.0	2.5	3.00	1.5	5.0		28.00
14. Džunko	Ján	se.	G Spišská Stará Ves	14.8	5.0	2.00	1.0	2.5		26.81
15. Kysel	Róbert	4 A	G BB Š. Moyzesa	12.5	5.0	1.50	2.5	5.0		26.50
Mikulík	Andrej	4 B	G BA Grösslingova	10.5	5.0	4.50	3.5	3.0		26.50
17. Baník	Dušan	4 A	G Poprad Popr. nábr.	11.5	4.5	3.00	2.0	5.0		26.00

18. Molnárová	Katarína	3 D	G KE Šrobárova	12.0	3.0	2.00	3.5	4.0	25.90
19. Vojtko	Andrej	se. A	G Skalica	14.8	1.5	2.00	1.0	5.0	25.81
20. Štolc	Miroslav	ok.	G Nitra Párovská	11.0	4.0	4.00	3.5	3.0	25.50
21. Fialka	Vlado	4 E	G K2 Prešov	13.0	4.0	2.00	2.5	3.5	25.00
22. Krššák	Martin	ok. A	G Piaristické Nitra	12.0	1.0	4.50	1.0	5.0	23.50
23. Dzetkulič	Michal	3 A	G PH Michalovce	13.0	2.5	2.00	2.5	4.0	-2 23.45
24. Domány	Dušan	3 A	G PH Michalovce	14.4	0.5	1.50	0.5	3.5	21.63
25. Rušin	Michal	se.	G Spišská Stará Ves	13.0	1.5	1.00	1.0	2.5	20.23
26. Astaloš	Róbert	3 A	G Rimavská Sobota	9.4	2.0	2.00	1.5	3.5	19.93
27. Svrček	Matúš	ok.	G Terézie Vansovej	11.5	1.5	2.00	2.5	5.0	-3 19.50
28. Piják	Peter	3 B	G VOZA	10.0	3.0	-	2.5	3.0	-1 18.93
29. Lauko	Martin	ok. A	G JL Martin	12.5	1.0	0.50	1.0	1.5	16.50
30. Savincová	Katarína	3 E	G PH Michalovce	10.0	2.0	0.50	0.5	1.5	15.51
31. Kubová	Miška	3 A	G Vrbové	3.3	2.5	1.00	0.0	2.5	10.52
32. Šimko	Peter	3 C	G BA J. Hronca	4.1	-	-	-	-	4.13
33. Luptáková	Jozefína	4 C	G BB Sládkoviča	1.5	-	-	-	-	1.50
34. Michnová	Mária	4 B	G Banská Štiavnica	1.0	-	-	-	-	1.00

---

Milí naši riešitelia!

Práve držíte v rukách poslednú možnosť, ako spraviť niečo s vaším umiestnením. Dostalo sa nám do uší, že sa pre prvých 16 - tich po tretej sérii chystá unikátna akcia, zhruba v čase od 1. do 7.2. 2004. Tak hor sa do riešenia! Teší sa na vás

vaše **FKS**