Riešenia 2. kola zimnej časti

2.1 Asimetrický Jožko

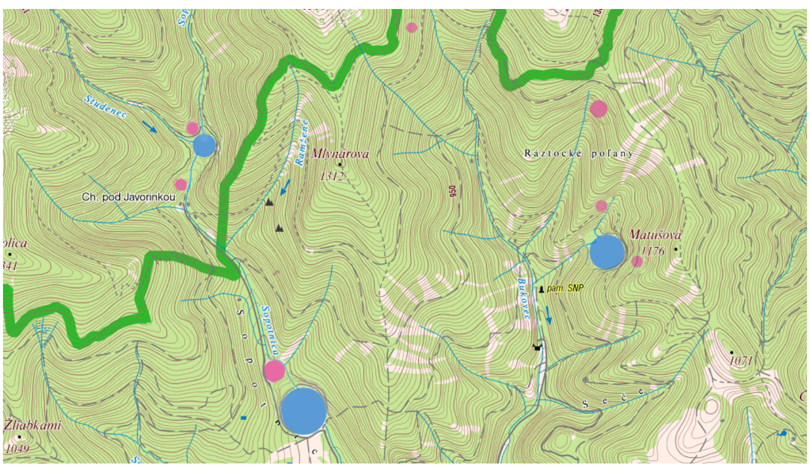
vzorák **Jimi**, opravovali **Maťo G. a Bubu**

To, že sústredká sú úplne úžasné, vedia všetci. Sem-tam sa však aj napriek dokonalej organizácii niečo prihodí. Väčšina problémov bývajú malichernosti, nad ktorými sa vedúci sotva pozastavia, no niekedy treba akčný zásah v teréne.

Malý asimetrický Jožko (má asi meter dlhé nohy aj ruky a váži asi metrák) sa stratil na sústredku a zavolal vedúcim. Našťastie ma so sebou ako správny fyzik meracie pomôcky, preto ho Dušan poprosil, aby sa rozhliadol s pravítkom v natiahnutej ruke a povedal, čo vidí. Jožko povedal, že v údolí vidí jazero, ktoré sa zdá byť 20 cm *široké a okrem toho je hneď napravo vedľa jazera fialková lúka, ktorá sa zdá byť* 10 cm *široká. Potom sa však Jožkovi vybil mobil, a tak sa Dušan už nedozvedel nič ďalšie. Kam ma Duško vyslať záchranné čaty vedúcich, kde všade sa Jožko môže nachádzať?*

Pri riešení úlohy zanedbajte tretí rozmer – výškové rozdiely medzi jednotlivými bodmi (t.j. fakt, že body sa nachádzajú na rôznych vrstevniciach)! Okrem postupu do svojho riešenia priložte aj mapu so zakreslenými pozíciami, na ktorých sa môže Jožko nachádzať.

V elektronickej verzii zadaní nájdete aj odkazy na mapy s mapovým podkladom a bez mapového podkladu (fialkové lúky sú na nich vyznačené fialovou farbou a jazerá modrou).



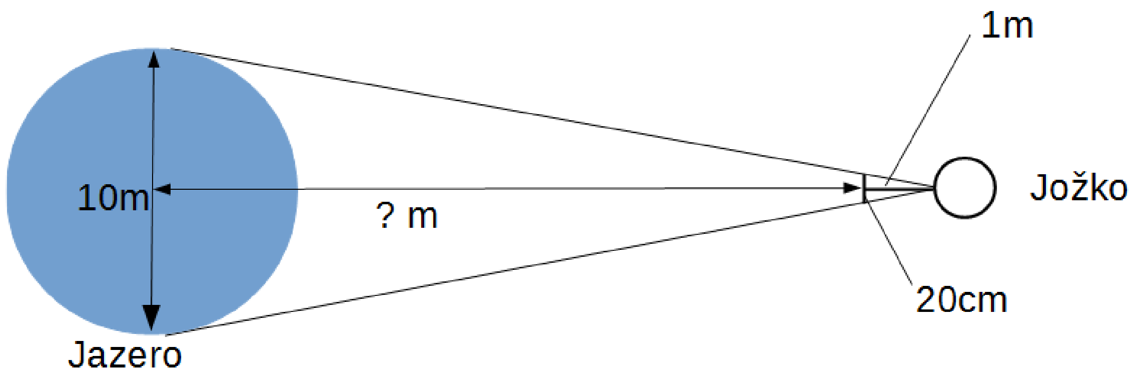
Poďme sa vcítiť do kože chudáka Jožka: Keď sa rozhliadne s pravítkom v ruke, zistí, že každý objekt mu zaberá istú časť zorného poľa. Pravítko v natiahnutej ruke je dobrý spôsob ako veľkosť tejto zabratej časti vieme ako tak rozumne odmerať (túto veľkosť budeme volať zdanlivá šírka). Problémom ale je, že taký strom ktorý má priamo pred nosom mu určite zaberie väčšiu časť zorného poľa ako strom na kopci až tam ďaleko, aj keď sú oba rovnaké. Preto záleží nie len od veľkosti objektu, ale aj od jeho vzdialenosti.

Pre každý objekt ale existujú miesta, z ktorých má danú zdanlivú šírku. To znamená, že ak Jožko natiahne ruku s pravítkom a postupne sa bude od stromu vzďalovať, v istej vzdialenosti bude zdanlivá šírka stromu práve 10 cm. Ak podíde ďalej, zmenší sa na 5 cm, a tak ďalej. Ak by začal okolo stromu krúžiť, zistil by, že jeho zdanlivá šírka sa nemení, keďže sa nemení ani šírka stromu, ani vzdialenosť v ktorej od neho stojí. Preto okolo každého objektu, či už lúky, jazera alebo stromu vieme nakresliť kružnicu, na ktorej bude jeho zdanlivá šírka rovnaká.

No dobre, ale aký bude polomer tejto kružnice? Tu nám pomôže fakt, že poznáme dĺžku ruky 1 m a zdanlivú šírku objektu. Povedzme že sa pozerá na jazero s priemerom 10 m a vidí zdanlivú šírku 20 cm. Z obrázku je vidno, že na základe podobnosti trojuholníkov platí

$$\frac{\text{zdanlivá šírka}}{\text{dĺžka ruky}} = \frac{\text{šírka jazera}}{\text{vzdialenosť od jazera}}$$

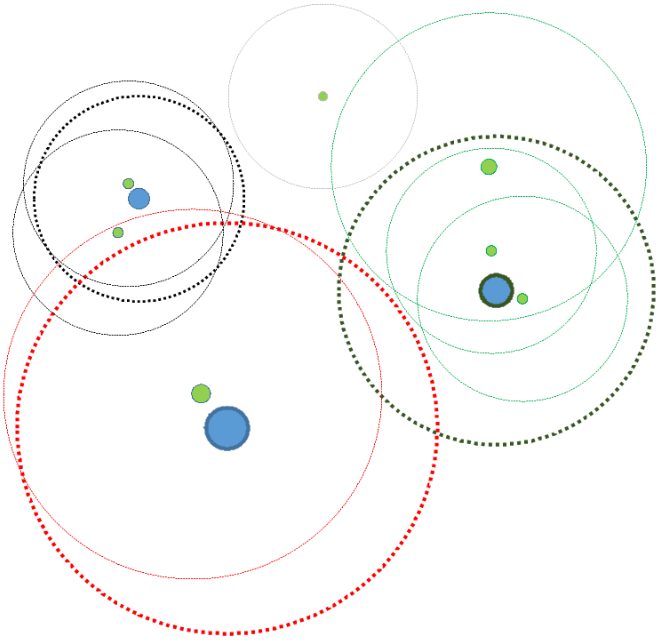
Ak teda dosadíme známe veľkosti, vyjde nám, že jazero je vzdialené 50 m. To znamená, že Jožko je niekde na kružnici so stredom v strede jazera s polomerom 50 m.



Obrázok 1: *Jožko s natiahnutou rukou a jazerom pri pohľade zhora.*

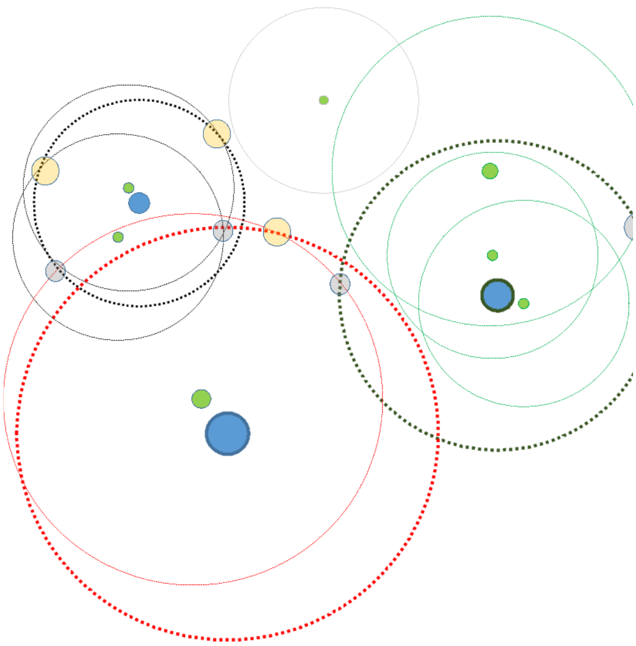
Takto vyzbrojení sa už môžme pustiť do hľadania. Okolo každého jazera si narysujeme kružnicu na ktorej by ho videl so zdanlivou šírkou 20 cm a okolo každej lúky kružnicu, na ktorej by ju videl so zdanlivou šírkou 10 cm. Pozor! Polomer tejto kružnice závisí od veľkosti jazera alebo lúky – okolo veľkého jazera je táto kružnica väčšia.

Keď si takto narysujeme všetky potrebné kružnice, pozrime sa na body, kde vidí nejaké jazero a nejakú lúku so spomínanou zdanlivou šírkou: priesečníky kružníc. Tu zrazu máme nejaké body, kde by mohol Jožko byť.



Obrázok 2: *Bodkované kružnice sú okolo jazier, plné okolo lúk*

Teraz nás teda zaujímajú priesečníky bodkovaných a plných kružníc. Na každej z nich môže byž Jožko. Dušan ale nechce posielať vedúcich na toľko miest, takže sa pozrime. či ich ešte aspoň trochu nevieme prerediť. Spomeňme si teda, že nám dal ešte jeden kus informácie: lúka je z Jožkovho pohľadu vpravo od jazera. Preto si teraz označme len miesta, kde toto platí:



Obrázok 3: *Žlté miesta sú tie, kde je lúka tesne vpravo. Sivé sú tie, kde je lúka ďalej vpravo – v tej panike možno v Jožkovej hlave znamená „hneď vedľa" niečo iné ako v chladnej Dušanovej.*

Takto sa nám podarilo určiť tri pravdepodobné a štyri nepravdepodobné miesta, kde sa môže Jožko schovávať. Nuž teda hľadaniu zdar!

2.2 Maťovo mliečko

vzorák **Kubo H.**, opravovali **Kubo H. a Lucka**

Po rozcvičke idú na sústredku vždy na rad raňajky. Dnes bude vianočka a mliečko, priamo z krabice. Pani kuchárka, požičali by ste nám handru, sme šikovní.

Maťo si nalieval mliečko. Keď usúdil, že má dosť, začal krabicu nakláňať do vertikálnej polohy. Mliečko sa v tom okamihu začalo vylievať rytmicky a pooblievalo celý stôl. Vysvetlite Maťovi, prečo sa to deje a či sa tomu dá zabrániť.

Čo sa deje v takej krabici s mliekom keď sme si už naliali a nakláňame ju späť? Keď v nej náhodou ešte niečo zostalo[1], to sa vplyvom nakláňania (hladina chce byť vždy vodorovná a teraz má na to k dispozícií menšiu plochu) začne valiť k druhej stene (tej bez dierky, nazvime ju zadná stena). Jednoducho povedané, vytvorí sa tam vlna. No a tá sa od zadnej steny odrazí, pri tom samozrejme pekne žblnkne a ide naspäť dopredu. Rovno k dierke. A von!

Časť vlny, ktorá zostala vnútri si to však rada zopakuje, vráti sa dozadu, dopredu a kúsok zas von. No toto celé sa stane najviac tri alebo štyri razy[2], pretože vlna zoslabne. Samozrejme, žblnkanie sa ozve pri každom jednom náraze vlny o stenu a práve takto tento zvuk vzniká. A práve preto sa vylieva do rôznych smerov, vlna pôsobí na mlieko iným smerom ako gravitácia, preto sa vylieva kde-kade.

Okrem toho sa mliečko môže vylievať rytmicky z iného dôvodu. Toto sa deje napríklad vtedy, keď sa snažíme nalievať príliš rýchlo. Keď z krabice vytečie nejaké mlieko, čo v nej ostane? No… nič. Skoro. Bude tam zvyšok mlieka, ktorý bude blokovať otvor, a ešte rovnaké množstvo vzduchu ako predtým, ale s menšou hustotou, pretože vytečený objem mlieka nahradí práve vzduch, a teda zväčší svoj objem.

Čo nám takáto zmena hustoty spôsobí? Jednoducho klesne tlak vzduchu vo vnútri krabice, pretože tlak nie je nič iné ako miera silového pôsobenia na nejaký povrch. A čím menšia hustota, tým menej molekúl bude priemerne na tento povrch (v našom prípade na hladinu mlieka) narážať a teda budú pôsobiť menšou silou, ako keby bol v krabici atmosférický tlak. A keďže mimo krabice máme práve atmosférický tlak, na mlieko pôsobí sila, ktorá brzdí jeho vytekanie.

Takto nám bude podtlak v krabici narastať, až kým nevyrovná práve tú tiažovú silu. Na základe týchto informácií by sme mohli usúdiť, že mlieko prestane vytekať a hotovo. Ako však vieme, nie je to tak. Nejakú silu by sme potrebovali aj na zastavenie rozbehnutého mlieka. No a teda vo vnútri krabice budeme mať väčší podtlak ako ten, ktorý by sme potrebovali len na zastavenie mlieka.

Teraz bude rozdiel tlakov medzi vonkajškom a vnútrom taký veľký, že atmosférický tlak doslova pretlačí vzduch dovnútra. Tam to začne žblnkať a bublať. Ale tomuto vieme predísť jednoducho tak, že budeme liať dostatočne pomaly. Alebo si môžeme niekde, kam nebude siahať hladina (dobré miesto[3] je napríklad druhý rožtek krabice) urobiť ešte jednu dierku, aby mal kade prúdiť vzduch dovnútra.

Ale ako by sme vyriešili prvý problém vylievania? Vlna tam bude vznikať v každom prípade, to nezmeníme, pokiaľ krabicu úplne nevyprázdninme. Ale niekoľko riešení sa ponúka. Ak krabica nie je príliš plná, môžeme ju nakloniť rýchlo, aby vlna, ktorá sa vrátila k prednej stene už nedočiahla na dierku a tým pádom by ani nešpliechala. Ešte netreba mať krabicu opretú o stôl, ale držať ju otvorom pri pohári, to ma ochráni aj od rytmického vylievania. Dierku môžeme okrem toho vždy zavrieť prstom, to pomôže spoľahlivo.

2.3 Fén

vzorák **Hovorca**, opravoval **Kubo H.**

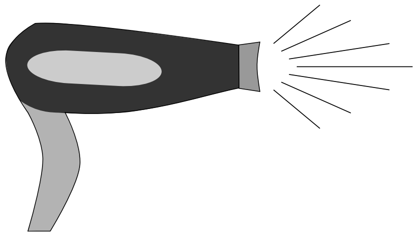
Kubo sa vždy na sústredkách čudoval spoluúčastníčkam, načo si nosia fén. Sám ho na sústredku nikdy nepotreboval. Toľko zabratého miesta v batožine! A párkrát, keď si doma nejaký požičal od mamičky, lebo niekam išiel a potreboval mať suché vlasy, aby náhodou neprechladol, zdalo sa mu, že sušenie vlasov trvá dlho a že fén fúka veľmi slabo.

[1] pri Maťovi je to naozaj iba náhoda

[2] viac sa mi nepodarilo experimentálne, netvrdím, že toto číslo je pevne dané, na druhej strane, vlna slabne dosť rýchlo

[3] samozrejme za predpokladu, že plánujeme minúť celú krabicu

Odmerajte, ako závisí sila, ktorou pôsobí fén na nejaký predmet napr. na dosku rozmerov A4, od vzdialenosti.



Úloha požaduje, aby sme merali silu fénu v závislosti od vzdialenosti. Potrebujeme teda merať silu, ktorou fén pôsobí na zvolený predmet (môžeme použiť papier, nakoľko má želaný rozmer A4) a vzdialenosť predmetu od fénu. Merať vzdialenosť nie je žiaden problém, stačí zobrať pásmo a máme namerané. Ako však merať silu? Silu zvyčajne meriame silomerom, ale asi by bolo ťažké upevniť papier či dosku na silomer – ideálne tak, aby smeroval kolmo na silomer a následne takto merať silu by asi bolo náročné. Taktiež, keď meriame silu silomerom, čo je vlastne princíp založený na predĺžení pružinky (pôsobením sily), trochu sa nám nutne mení vzdialenosť fénu od nášho predmetu, teda by sa nutne menila aj sila, a meralo by sa nám to naozaj veľmi zle.

Ako teda odmerať silu? Newtonov druhý gravitačný zákon hovorí, že pre silu F platí vzťah

$$F = ma,$$

kde a je zrýchlenie, ktoré pôsobením telesu udelíme a m je hmotnosť telesa, na ktoré pôsobíme silou. Kebyže sa pokúšame merať zrýchlenie, opäť narážame na problém. Ak sa totiž teleso pohybuje s určitým zrýchlením, znamená to že sa nám vzhľadom na fén mení vzdialenosť. Ale môžeme určitým spôsobom merať hmotnosť telesa. Číslo, ktoré ukazuje bežná digitálna váha, vlastne určuje, akú hmotnosť by teleso (ktoré samozrejme na váhu pôsobí nejakou silou) malo, kebyže sila, ktorou pôsobí na váhu, mala gravitačné zrýchlenie (akoby zmeria silu a vydelí ju gravitačným zrýchlením g). Teda ak hmotnosť, ktorú nám ukáže váha vynásobíme gravitačným zrýchlením (môžeme použiť hodnotu $g = 9{,}81\,\mathrm{m\,s^{-2}}$), dostávame vlastne silu, ktorou na teleso pôsobíme.

Ak máme váhu s možnosťou aretácie[4], takýmto výpočtom dostaneme presne želanú silu, ak nie, treba od takto vypočítanej sily odpočítať gravitačnú silu pôsobiacu na teleso. Keď už vieme, ako na to, môžeme sa pustiť do experimentálnej časti úlohy. Na váhu položíme predmet (ak chceme použiť papier, odporúčame nepoužiť jediný kus, ale ideálne kôpku papierov), umiestnime fén do želanej vzdialenosti (môžeme aj zhotoviť nejaký držiak, aby sa fén vôbec nehýbal), túto vzdialenosť odmeriame a zapneme fén. Nakoľko sila, ktorou fén pôsobí na predmet, je sila tlaková, ideálne chceme, aby bol fén natočený kolmo na predmet a aby smeroval do stredu nášho predmetu (docielime tak vyššiu presnosť). Z váhy odčítame hodnotu a tú si zapíšeme, napríklad do prehľadnej tabuľky.

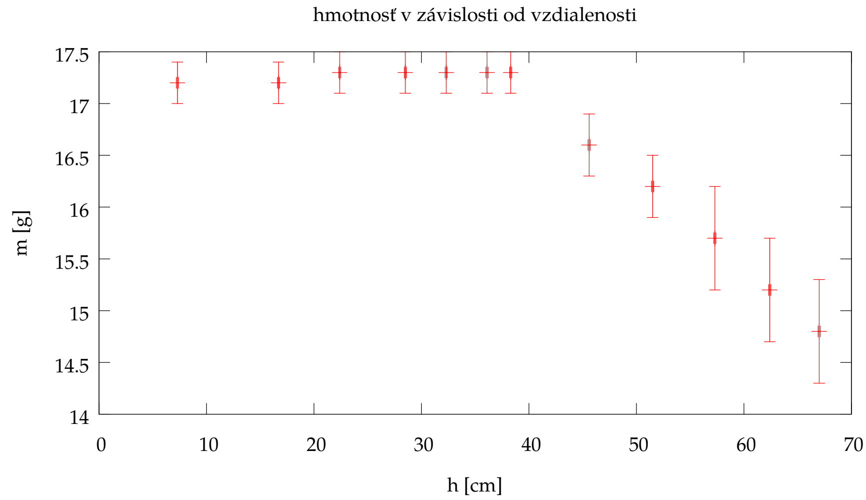
Naše namerané údaje vyzerajú takto:

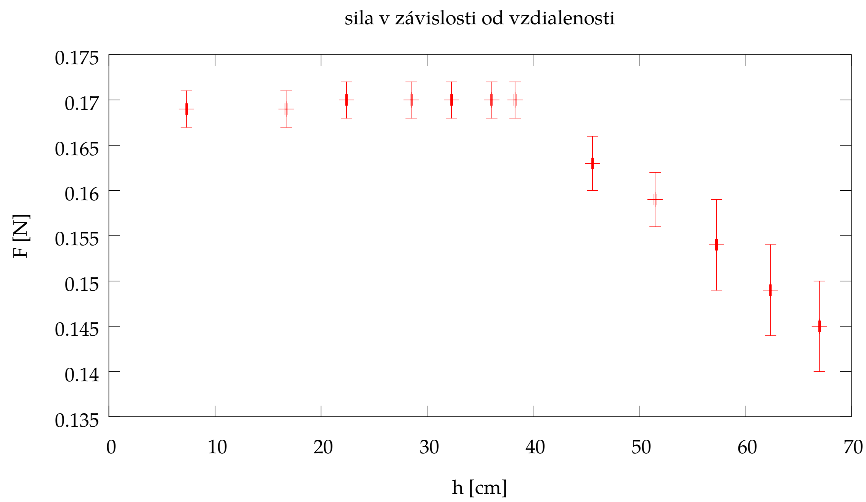
h / cm	chyba / cm	m / g	chyba / g	F / N	chyba / N
67	0,1	14,8	0,5	0,145	0,005
62,4	0,1	15,2	0,5	0,149	0,005
57,3	0,1	15,7	0,5	0,154	0,005
51,5	0,1	16,2	0,3	0,159	0,003
45,6	0,1	16,6	0,3	0,163	0,003

[4] to znamená, že vieme nastaviť „novú nulu“ po tom, ako sme na váhu položili merané teleso

h / cm	chyba / cm	m / g	chyba / g	F / N	chyba / N
38,3	0,1	17,3	0,2	0,170	0,002
36,1	0,1	17,3	0,2	0,170	0,002
32,3	0,1	17,3	0,2	0,170	0,002
28,5	0,1	17,3	0,2	0,170	0,002
22,4	0,1	17,3	0,2	0,170	0,002
16,7	0,1	17,2	0,2	0,169	0,002
7,3	0,1	17,2	0,2	0,169	0,002

V tabuľke uvádzame rovno aj vypočítanú silu fénu. Taktiež uvádzame odhadovanú chybu meraných veličín (o koľko sme sa mohli pomýliť pri meraní hodnoty, závisí od presnosti našich meracích pomôcok). A aby sme našu závislosť videli úplne prehľadne, môžeme z údajov urobiť aj graf:





Veľkosť úsečky v grafoch určuje chybu určenia. Vidíme, že chyba určenia hmotnosti (a teda aj sily, ktorú sme cez ňu vypočítali) je pomerne veľká. Je to spôsobené jednak tým, že fén nefúka úplne rovnomerne, ale najmä turbulenciami vzduchu. Vzduch, ktorý naráža na papier má tendenciu prúdiť nerovnomerne, krútiť sa a naráža na papier pod rôznymi uhlami. Tento efekt je ešte výraznejší s rastúcou vzdialenosťou, kde dokonca môže nastať situácia, kedy sa vzduch krúti tak, že vlastne na predmet naráža zospodu, teda pôsobí proti našej želanej sile. Tomu však nevieme úplne zabrániť. Hodnoty, ktoré nám ukáže váha, sa teda nerovnomerne menia, a teda nevieme dokonale presne určiť jednu, ktorá je „tá správna".

Pri meraní sme použili hodnotu, ktorá sa ukazuje najčastejšie, a zostane na váhe nejaký čas. Na grafe môžeme vidieť, že pokiaľ je vzdialenosť malá, sila sa viac-menej nemení. Je to preto, že na náš predmet pôsobí celý objem vzduchu prúdiaceho z fénu (nefúkame mimo papier). V určitom momente už istá časť vzduchu prúdi mimo náš predmet a teda sila začne klesať, pretože nejaká časť sily fénu od tohto momentu už nepôsobí na náš predmet. Teda až do nejakého bodu sa sila teoreticky nemení a potom začne klesať.

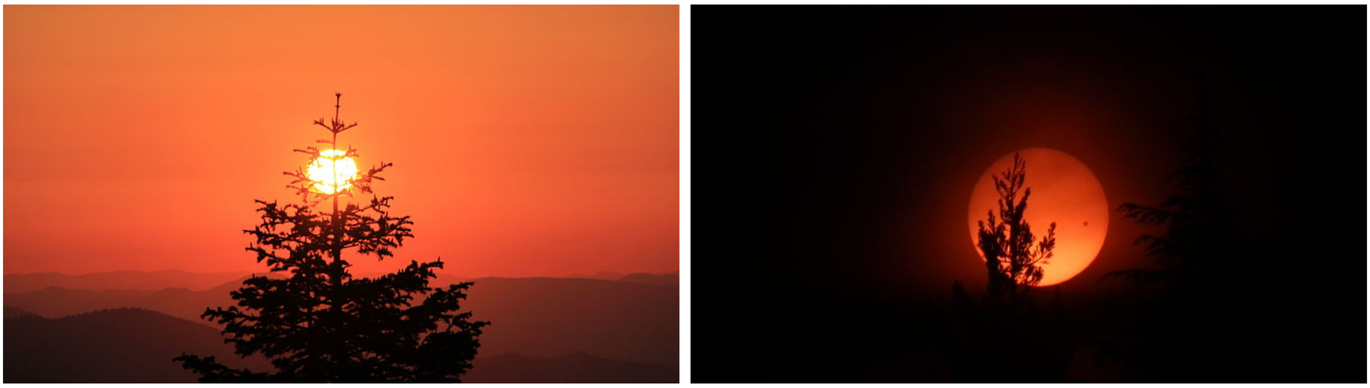
2.4 Kvíkove fotky

vzorák **Kubo H.**, opravovali **Kubo H. a Lucka**

Kvík má veľmi rád stávky, navyše aj veľmi rád behá. Rád beháva na dlhé trate a to najmä vtedy, keď má chuť behať (čiže nikdy). Minule sa stavil s Plyšom, že dobehne až k osamelému stromu na lúke plnej čučoriedok na ceste z Wielkej Rawky, a že to stihne skôr, než úplne zapadne Slnko, a budú pozorovať Perzeidy[5]. Aby si Plyš overila, že si Kvík nevymýšľa, prikázala mu strom odfotiť, ideálne aj so zapadajúcim Slnkom v pozadí.

Kvík bežal, predsa len išlo aj o čučoriedky, avšak strom bol ešte pol kilometra behu po rovnej lúke a slnko už povážlivo zapadalo. V čučoriedkovom ošiali vytiahol svoj fotoaparát so svojím extra silným zoomom a „priblížil" strom tak, aby bol veľký, ako keby bol odfotený z 30 metrov. Následne spokojne bežal za Plyšom pochváliť sa so svojím dielom a vyhrať stávku. Avšak všetky jeho snahy boli márne, jedna maličkosť jeho ohyzdný počin prezradila, napriek tomu, že papuľu mal fialovú od čučoriedok dosť. Čo to bolo?

Najkrajšie sa to bude dať vysvetliť, keď sa pozrieme priamo na fotky. Kvík však vedel, že v tejto aférke sa niekto bude ešte niekedy špárať, preto tie svoje prezieravo vymazal. My sme si však zohnali inú dvojicu takýchto fotografií.[6]



Obrázok 4: *Slnko fotografované s rôznymi ohniskovými vzdialenosťami*

Vidíte rozdiel? Jeden zásadný tam je – veľkosť Slnka oproti veľkosti stromu. To je spôsobené tým, že keď sa od stromu vzďaľujeme, zdá sa nám prirodzene menší. Nie, že by to tak nebolo so Slnkom rovnako, ale jeden dôležitý rozdiel tam je. Slnko je od nás vzdialené 150 miliónov kilometrov, takže nejakých pár stoviek metrov žiadny viditeľný rozdiel nevyrobí a zdá sa nám stále rovnako veľké.

[5] A dovtedy bude mať okrem slastného pocitu po vyhratej stávke aj plné brucho čučoriedok.
[6] Na druhej z nich si môžete všimnúť prelet Venuše pred Slnko, to keby odfotil Kvík, hneď by mu bolo odpustené.

Teraz do toho vstúpi fotoaparát. Ten si pomocou objektívu zväčší všetko, čo vidí, ale tentokrát rovnakým násobkom. Áno, hádate správne, priblíži si okrem stromu aj Slnko, ktoré by sa nám voľným okom muselo zdať rovnako veľké. A práve na tomto Plyš Kvíka nachytala.

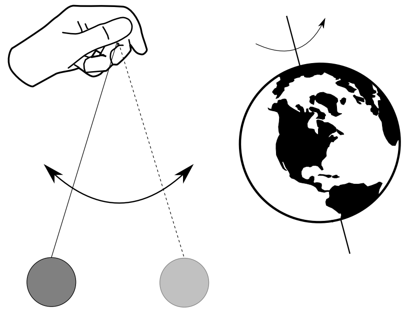
2.5 Gravitácia

vzorák **Anďa**, opravoval **Marek**

Jurko bol pred niekoľkými mesiacmi v Singapure. Tam si dlhé chvíle na letisku krátil hraním sa so svojím obľúbeným jojom. To nechal, voľne visiac na polmetrovom lanku, hojdať sa v tamojšom tiažovom poli Zeme. Prekvapivo však zistil, že joju, keď sa pomaly hojdá, trvá jeden prekmit inak dlho, ako keď to isté jojo nechal kmitať pri rovnakých podmienkach na Slovensku. I napadlo ho, že to bude tým, že Zem sa otáča, on sa nachádza bližšie k rovníku, a teda je tu iné tiažové zrýchlenie ako na Slovensku.

V múdrych knižkách Jurko našiel, že keď sedíme na kolotoči vo vzdialenosti r od stredu kolotoča, okolo ktorého sa kolotoč otáča a naša obvodová rýchlosť v danom mieste je v, cítime silu veľkosti $\frac{mv^2}{r}$ (resp. zrýchlenie $\frac{v^2}{r}$), ktorá nás vytláča smerom von z kolotoča.

Pomôžte Jurkovi zistiť, ako veľmi iné je tiažové zrýchlenie v Singapure od toho na Slovensku. Pri svojich výpočtoch môžete využiť zemepisnú šírku daných miest a hodnotu tiažového zrýchlenia na Slovensku. Ďalej môžete predpokladať, že tiažové zrýchlenie sa skladá z dvoch častí, jednej spôsobenej rovnakými efektami ako na kolotoči a druhej, zodpovednej iba za gravitačné pôsobenie medzi Zemou a Jurkom, jojom, atď.



Sila, o ktorej Jurko toľko premýšľa, sa nazýva tiež dostredivá sila. Táto sila ohýba trajektóriu telesa smerom k centru otáčania. Predstavte si teleso chodiace po kruhovej trajektórií – vždy sa pohybuje kolmo na spojnicu s centrom otáčania. Nejaká sila teda musí jeho smer vždy trochu ohnúť, aby pokračovalo po kružnici.

Hneď na začiatku by sme mohli konštatovať, že Zem nie je dokonalá guľa, ale je akoby stlačená na póloch. Preto by aj Singapur, ktorý je južnejšie, mal byť viac vzdialený od stredu Zeme a gravitácia by mala pôsobiť slabšie. Tento rozdiel je však veľmi malý a je aj tak čiastočne kompenzovaný nerovnosťami povrchu, ako sú pohoria atď. Pre naše potreby teda budeme považovať Zem za dokonalú guľu a gravitačné zrýchlenie[7] za rovnaké na oboch miestach. Rozdiel tiažového zrýchlenia bude spôsobený práve odstredivou silou. Hor' sa teda spočítať, aká veľká vlastne je!

Vieme, že dostredivé zrýchlenie môžeme vypočítať ako $a = \frac{v^2}{r}$. V tomto prípade je r vzdialenosť od osi otáčania. Ostáva zistiť, ako rýchlo sa otáčajú Slovensko či Singapur okolo zemskej osi. Rýchlosť je pomer dráhy a času, za ktorý ju prejde. Vieme, že za 24 hodín urobia jeden obeh po kružnici. Keďže ale majú rozdielnu zemepisnú šírku, táto kružnica je pre Slovensko menšia, ako pre Singapur. Obvod tejto kružnice bude $l = 2\pi r$. Predstavme si pravouhlý trojuholník, kde preponu tvorí spojnica stredu Zeme a Jožka dĺžky R, jednu odvesnu naše r a druhú odvesnu tvorí časť rotačnej osi Zeme.

Teraz si uvedomíme, že zemepisná šírka sa udáva v stupňoch a vyjadruje uhol daného miesta od rovníka. Všimneme si, že existuje závislosť medzi r a R, a to taká, že $r = R\cos\alpha$, kde α je udávaná zemepisná šírka.

[7] pozor, nie je to to isté, ako tiažové zrýchlenie

Teda náš vzorec pre dostredivé zrýchlenie bude

$$a = R\cos\alpha\left(\frac{2\pi}{t}\right)^2.$$

Pre zistenie odstredivého zrýchlenia potrebujeme už iba dosadiť do rovníc zemepisné šírky Slovenska a Singapuru, čo sú 48°8′ a 0°, v danom poradí pre hlavné mestá. Pozor, jeden stupeň má 60 minút, nie 100, preto v stupňoch sú tieto hodnoty 48,13° a 0°.

Vieme, že gravitačné zrýchlenie g smeruje do jadra a má veľkosť $g = G\frac{M}{R^2} = 9{,}832\,\mathrm{m\,s^{-2}}$, kde M je hmotnosť Zeme a G je gravitačná konštanta. Avšak a smeruje od stredu otáčania Zeme a to je trochu iný uhol, než~g. Teda potrebujeme sčítať dve veličiny, ktoré nemajú rovnaký smer. To docielime ako sčítanie jednotlivých zložiek samostatne a nakoniec zistíme preponu výsledného trojuholníka pomocou Pytagorovej vety. Takže

$$b = \sqrt{(g\sin\alpha)^2 + (g\cos\alpha - a)^2}.$$

Dosadením hodnôt g a a získame

$$b = \sqrt{(9.832\sin\alpha)^2 + \left(9.832\cos\alpha - R\cos\alpha\left(\frac{2\pi}{t}\right)^2\right)^2}\,\mathrm{m\,s^{-2}},$$

odkiaľ po jednoduchom dosadení dostaneme riešenia

$$b_{\text{Singapur}} = 9{,}797\,\mathrm{m\,s^{-2}}.$$

Analogicky vypočítame pre Slovensko: $a_{\text{Slovensko}} = 9{,}816\,\mathrm{m\,s^{-2}}$. Nuž a teraz už vidíme, že tiažové zrýchlenie v Singapure je o $\Delta a = 0{,}019\,\mathrm{m\,s^{-2}}$ menšie.