

Kdyby gepard vyrazil coby prašelma, už by dorazil na Proximu Centauri I.

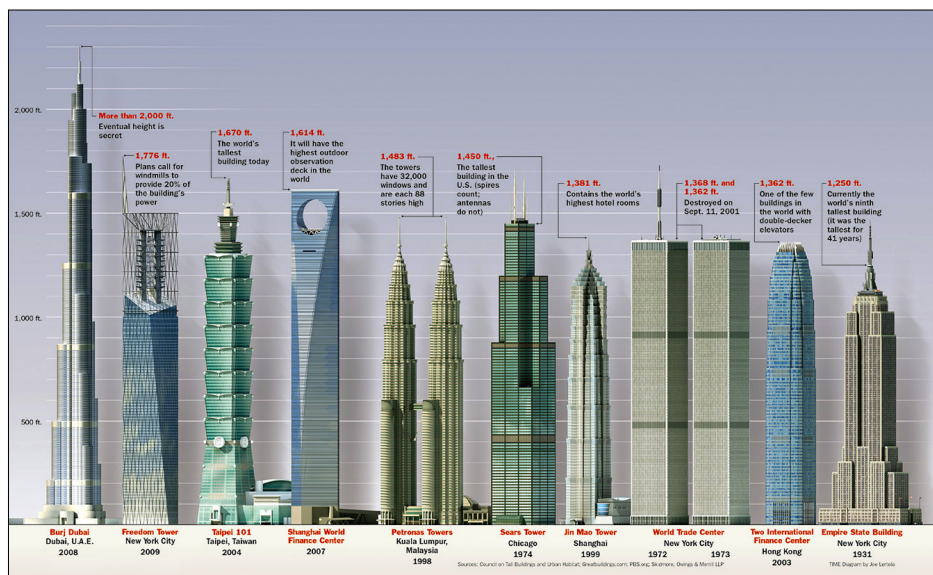
Zuzana Suková¹, Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

První část článku je věnovaná modelům, které znázorňují planety naší sluneční soustavy ve správném poměru velikostí. Žáci základních škol si díky nim snadněji představí náš sluneční systém.

Astronomie se jako samostatný předmět na českých školách nevyučuje a nenašli bychom většinou ani jí věnovaný povinně volitelný seminář (nabízí jej například Základní škola a Mateřská škola Bohumila Hynka Cvikov²). Přesto se naši žáci s ní během studia opakovaně seznamují. Poprvé se setkávají s prvky astronomie už na prvním stupni základní školy. Druhá část tohoto tématu je potom probírána v 6. ročníku v rámci předmětu zeměpis. Další ucelenější pohled mají získat podle Rámcového vzdělávacího programu žáci devátých tříd ve fyzice, kdy se probírá i přímo téma naší sluneční soustavy.

Astronomie je na rozdíl od ostatních přírodních věd specifická objektem svého zkoumání. Vesmír je jen jeden, nemůžeme se na něj podívat „zvenku“ a většinu astronomických dějů nelze v laboratoři přímo ukázat. Přesto i zde by mělo platit, že hodina nemá být pouze „suchým“ výkladem občas proloženým obrázkem. Je třeba ji něčím ozvláštnit, abychom žáky zaujali a nejlépe i nadchli pro další studium přírodních věd. Astronomie v sobě sama o sobě skrývá obrovský motivační potenciál, protože se zabývá pro žáky přitažlivým a stále ještě tajemným vesmírem, a byl by hřích tento potenciál nevyužít. Nad nápady, jak přiblížit žákům rozměry, jevy a procesy ve vesmíru, se zamýšlí i Hanisko [1]. Také on přichází s nápadem vytvořit pro lepší představu žáků model sluneční soustavy, ale ve své práci jej blíže nespecifikuje.

Zkusme si žáky devátých ročníků vyzkoušet, jakou mají představu o rozměrech blízkého vesmíru. Sluneční soustava je v našich pozemských měřítkách obrovská, žáci by ale měli mít o jejich rozměrech představu. Těžko si planety seřadíme do řady a porovnáme jejich velikosti, to lze udělat pouze u menších předmětů v našem okolí. Jak bychom si poradili s těmi většími? Kdybychom chtěli porovnat výšku budov, můžeme na internetu nalézt vhodné srovnání (např. obr. 1).



Obr. 1 – Porovnání výšky 10 nejvyšších budov na světě³

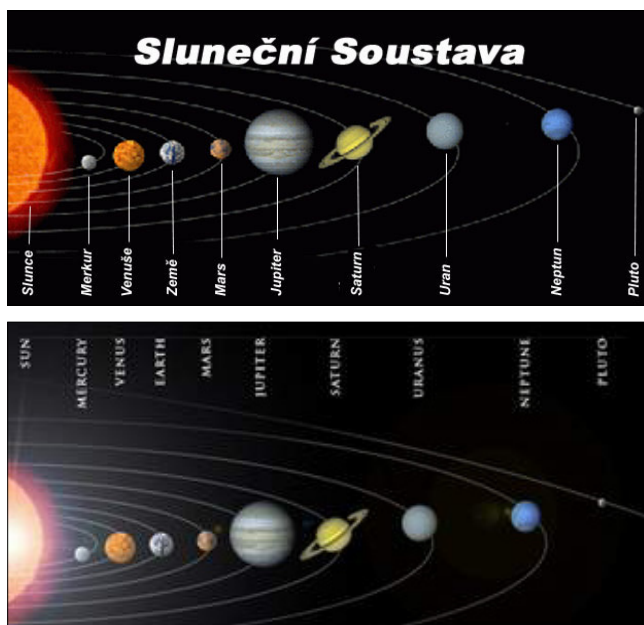
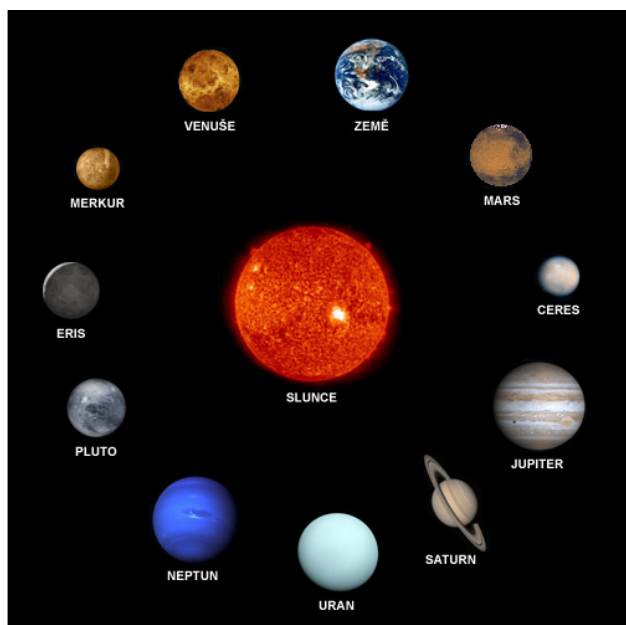
Použijeme-li podobný postup a do vyhledávače zadáme heslo „sluneční soustava“, získáme sice řádově stovky milionů obrázků, ale představu o poměru velikostí si bohužel můžeme z většiny z nich vytvořit nesprávně.

Na obr. 2 nás na první pohled zaskočí, že Slunce nemá poloměr ani dvojnásobný oproti Jupiteru a obří plynná planeta Saturn je menší než trpasličí planeta Eris. Tento obrázek by nejspíš vyloučili sami žáci nižších ročníků

¹ zsukova@kmt.zcu.cz

² <http://www.cvikov.cz/>

³ <http://www.karnet.cz/clanky.php?clanek=25>



Obr. 2, 3, 4 – Ukázky výsledků vyhledávání hesla „sluneční soustava“^{4, 5}

základní školy, ale už obr. 3 a 4 vypadají na první pohled mnohem „vědeckěji“. Přesto poměry velikostí nejsou správné. Dokonce není zachováno ani pořadí podle rozměrů planet (Venuše je větší než Země, Saturn má poloměr jako Uran, ...).

Samozřejmě, že není vhodné, aby žáci nazpaměť jako básničku odříkali poloměry a vzdálenosti vesmírných těles. Stejně by to velmi brzy zapomněli a k ničemu by jim to v životě nebylo. Za podstatné naopak považují, když je kladen důraz na porozumění a přibližnou představu. Konkrétní hodnoty si můžeme vždy snadno zjistit na internetu.

Níže popsané aktivity by studentům měly pomoci vytvořit si o rozměrech a poměrech velikostí nejen v naší sluneční soustavě lepší představu. Nejedná se o jednu vyučovací hodinu, ale spíše o náměty, kterými lze výuku astronomických poznatků proložit. Osobně jsem tento projekt realizovala u věkově nehomogenní skupiny 16 dětí v září 2012 v rámci soustředění talentovaných žáků (řešitelů fyzikální a astronomické olympiády) Fyzikální kemp⁶.

1 Modely naší sluneční soustavy

1.1 Trocha ovoce a zeleniny

Zůstaňme chvilku v naší sluneční soustavě, jen ji miliardkrát zmenšíme. V tomto měřítku má trpasličí planeta Pluto rozměry jako zrnko pepře (myšlena kulička o průměru 2 mm).

Žáky poprosíme, aby si představili naši bývalou devátou planetu, dnes trpasličí planetu Pluto, velkou jen jako zrnko pepře a zkusili odhadnout, jak velké bude v tomto měřítku Slunce a planety naší sluneční soustavy (případně i Měsíc, ...). Správné rozměry modelu zjistíme převedením skutečných hodnot v poměru 1 : 1 000 000 000, ale před samotným a pro žáky trochu nudným výpočtem je toto tipování vhodnou aktivizační metodou. Při něm se totiž zapojí ochotně všichni. Emoční prožitek se také projeví téměř u všech, na rozdíl od výpočtu, kde se u většiny žáků nijak nebude zapojovat osobní prožití (buďme upřímní: Bohužel jen málo studentů vnímá skutečnou radost nad tím, že jim vyšel správný výsledek, a mnoho z nich se snaží hodiny přetrpět a pouze opisuje z tabule).

⁴ <http://planety.mysteria.cz/>, https://moodle.kge.tul.cz/pluginfile.php/5666/mod_resource/content/0/2008/filip_soucek/filip_uvod_slunce.html, <http://pavel.lasakovi.com/kdo-jsem/zivotopis-neoficialni/kde-bydlim/>

⁵ Gramaticky správně se píše „sluneční soustava“.

⁶ <http://www.podporatalentu.cz/kempy-prirodovednych-oboru.htm>



Navíc budou žáci pravděpodobně dávat větší pozor i při výpočtu, protože budou zvědaví, jak blízko správnému výsledku byli a jestli byli lepší než ten či ta, se kterými buď kamarádi, nebo naopak soupeři. Bude je jistě zajímat, kdo ve třídě byl nejlepší. Zároveň si tuto pozici může „užít“ i žák, který jinak ve fyzice nedosahuje excelentních výsledků. Díky zapojení emocí si samozřejmě výsledky daleko snáze zapamatujeme. Mnohem lépe si do dlouhodobé paměti uložíme něco, co máme spojeno s pocity (ať už pozitivními nebo negativními). Proto se dobrý pedagog snaží občas ozvláštnit svůj výklad nějakou zajímavou historkou, kterou si pak žáci zapamatují častěji než suchý výklad, ale zároveň je také nabudí a oni dávají chvíli více pozor.

Děti rozdělíme do skupinek po asi 6 žácích a necháme je model vytvořit. Cílem této aktivity je prvotní motivace, kdy chceme žáky zaujmout, vtáhnout je do děje. Během ní si žáci nejprve uvědomí, v jakém pořadí podle velikosti jdou jednotlivá tělesa za sebou, a následně ve skupinkách diskutují o své představě modelu. Při řešení úkolu ve skupině jsou rozvíjeny klíčové kompetence k řešení problému, komunikační a sociální.

Do hodiny je vhodné přinést různé druhy koření, ovoce a zeleniny přibližně kulatého tvaru (nebo libovolné jiné vhodně velké předměty). Žáky pak bude práce více bavit než pouhé abstraktní představování. Já jsem zvolila pepř, nové koření, lískové a vlašské ořechy, hroznové víno, cherry rajčata, nektarinky, grapefruity, hlávkové zelí a meloun. Kromě toho měli žáci možnost si libovolný jiný potřebný rozměr nakreslit na balicí papír.

Necháme žáky asi 5 minut pracovat a poté se jednotlivých skupin ptáme, jaké přirovnání je napadlo. Můžeme nechat třídu, aby zkusila vybrat 1 model, důležité je nekritizovat špatné odpovědi. Myslím si, že by při podobném odhadu s přesností svého modelu neuspěl i ne jeden vyučující.

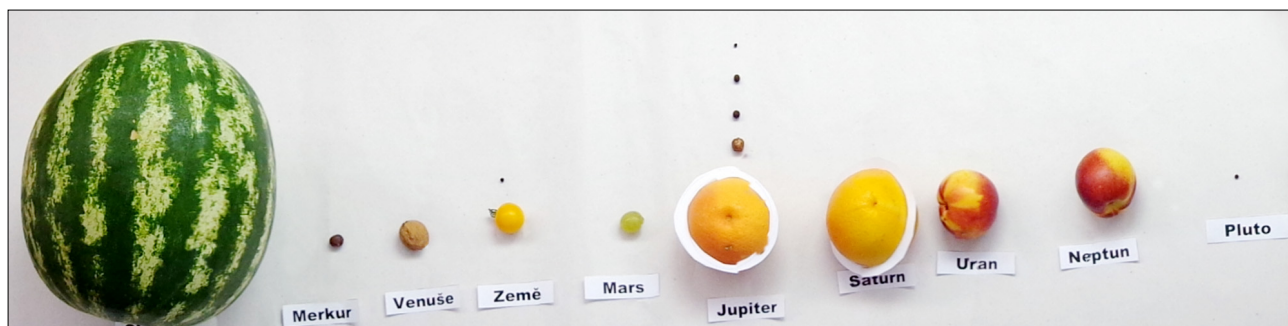
Přestože jsem projekt ověřovala ve vzorku žáků, kde byli zastoupeni řešitelé astronomické olympiády, obě skupiny vytvořily model s chybami, jak naznačují obr. 5, 6 a 7. Hlavním nedostatkem bylo zmenšení rozdílů ve velikostech mezi jednotlivými objekty, možná právě pod vlivem nepřesných obrázků sluneční soustavy, se kterými se na internetu běžně setkáváme. Konkrétně odhad větších poloměrů kamenných (terestrických) planet a naopak řádově mnohem menší rozměr Slunce.

Při této činnosti si žáci uvědomí, jak moc zkreslený je nejen jejich pohled na poměr velikostí planet a Slunce, ale díky přirovnání k něčemu známému si správný model snadněji zapamatují i představí. Cílem by mělo být také utváření kritického přijímání informací z internetu. Toho můžeme dosáhnout právě ukázáním obrázků jako například obr. 2, 3 a 4, kde není zobrazen správný poměr velikostí. Zvláště mladší žáci při hledání informací na internetu dogmaticky přijmou první nalezený údaj a nepřemýšlí, zda je reálný, zda je zdroj důvěryhodný.

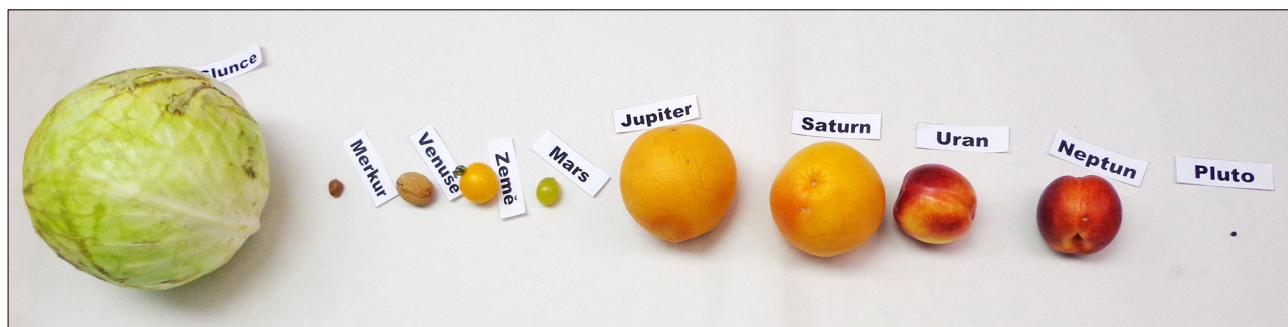
Kdybychom jim pouze sdělili rozměry modelu, tak si sice v první chvíli budou pamatovat, že Země má poloměr trochu větší než půl centimetru a Slunce 70 cm, ale to velmi brzy zapomenou. Naopak fakt, že Země v podobě



Obr. 5 – Jedna z aktivit – model sluneční soustavy



Obr. 6 – Navržený model sluneční soustavy 1. skupiny⁸



Obr. 7 – Navržený model sluneční soustavy 2. skupiny⁹

lískového oříšku obíhá kolem obří dýně, jim utkví v paměti mnohem lépe. Tím, že model skutečně vidí a zároveň s předměty manipulují, se zapojuje nejen vizuální, ale i kinestetická paměť. Při diskusi si potom přijdou na své i žáci s auditivní pamětí.

V dalším kroku vypočítáme správné rozměry těles. Žákům můžeme například rozdat následující tabulku a necháme je ve dvojicích vypočítat správné hodnoty (můžeme první řádek pro ukázkou vyplnit za přispění žáků společně na tabuli). Zdroje číselných údajů jsou z multimediálního učebního textu Astronomia¹⁰.

Objekt sluneční soustavy	Skutečný poloměr tělesa v km ¹¹	Poloměr tělesa v měřítku 1 : 1 000 000 000 v cm	Přirovnání k něčemu z našeho okolí (kulatého tvaru)
Slunce	696 300		
Merkur	2 400		
Venuše	6 100		
Země	6 400		
Měsíc	1 700		
Mars	3 400		
Jupiter	69 900		
Saturn	58 200		
Uran	25 600		
Neptun	24 700		
Pluto	1 100		zrnko pepře

7, 8, 9 fotografie autora

¹⁰ <http://astronomia.zcu.cz/>

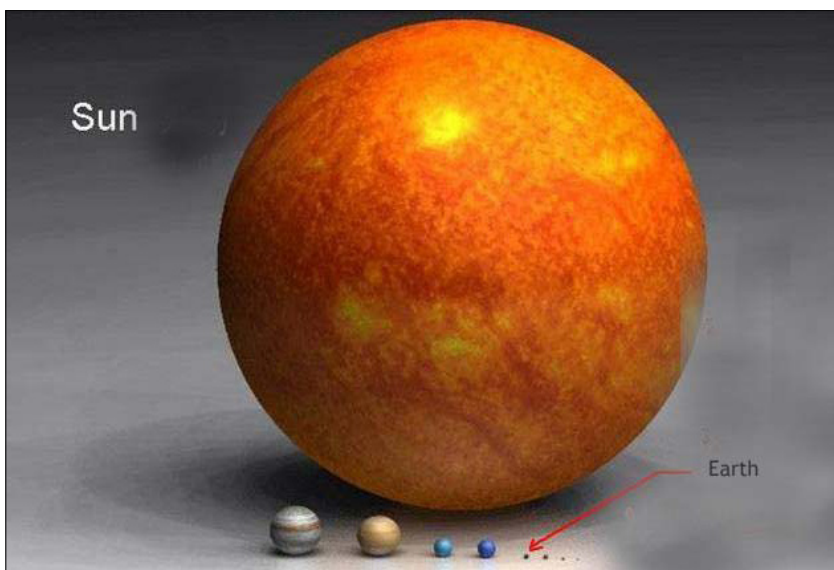
¹¹ Jedná se o průměrný objemový poloměr a hodnoty jsou zaokrouhleny na stovky kilometrů.

Na konci práce uděláme společnou kontrolu, aby měli všichni žáci správně vyplněnou tabulku. Poslední sloupec představuje jen jedno z možných řešení. V tomto případě jsou přirovnání převzata z práce Macháčka [2] a doplněna o Slunce a Měsíc.

Objekt sluneční soustavy	Skutečný poloměr tělesa v km	Poloměr tělesa v měřítku 1 : 1 000 000 000 v cm	Přirovnání k něčemu z našeho okolí (kulatého tvaru)
Slunce	696 300	69,63	Obří dýně „goliáš“
Merkur	2 400	0,24	Hrášek
Venuše	6 100	0,61	Lískový oříšek
Země	6 400	0,64	Lískový oříšek
Měsíc	1 700	0,34	Kulička nového koření
Mars	3 400	0,34	Hrášek
Jupiter	69 900	6,96	Grapefruit
Saturn	58 200	5,82	Grapefruit
Uran	25 600	2,56	Mandarinka
Neptun	24 700	2,47	Mandarinka
Pluto	1 100	0,11	Zrnko pepře

Správné porovnání velikostí můžeme žákům ukázat na obrázku z internetu – je ale potřeba do vyhledávače zadat i spojení „srovnání velikostí“.

Připomeneme ještě, že ve sluneční soustavě je mnoho dalších objektů (planetky, komety, trpasličí planety, měsíce, meteoroidy, ...), ale ty by v našem modelu byly jen prachem. Představili jsme si také jen část sluneční soustavy, protože ta rozhodně nekončí Neptunem ani Plutem, ale zahrnuje obrovské oblasti zvané Kuiperův pás a Oortův oblak.



Obr. 8 – Porovnání velikostí Slunce a planet¹²

1.2 A jak je to se vzdálenostmi?

Jak je rozlehlá část sluneční soustavy s planetami v našem modelu? Zkusíme nejprve opět kvůli motivaci nechat žáky hádat střední vzdálenost Pluta od Slunce. Jak daleko asi bude „zrnko pepře“ od „obří dýně“? Budeme přijímat tipy od žáků, psát je na tabuli a pak necháme hlasovat, ke které variantě se kdo kloní. Můžeme napsat na tabuli následující tabulku s intervaly a necháme žáky vybrat si jednu možnost. Lze tím ukázat, že veřejné mínění nemusí mít vždy pravdu. Díky této aktivitě se opět zapojí celá třída a navíc bude každý žák netrpělivě očekávat správný výsledek, aby se ujistil, jak blízko byl pravdě a zda má lepší odhad než jeho kamarád.

¹² <http://www.qwertasip.estranky.cz/clanky/e-mc-2.html>

Vzdálenost Pluta od Slunce	Počet žáků	Vzdálenost Pluta od Slunce	Počet žáků
0–10 m		500 m–1 000 m	
10 m–50 m		1 000 m–5 000 m	
50 m–100 m		5 000 m–10 000 m	
100 m–500 m		10 000 m–50 000 m	

Správné hodnoty zjistíme výpočtem. Model máme stále v měřítku 1 : 1 000 000 000. Skutečná střední vzdálenost Pluta je přibližně 40 AU (1 AU je střední vzdálenost Země od Slunce, přibližně se jedná o 150 000 000 km), tedy 6 000 000 000 km. Pro model nám vyjde neuvěřitelná hodnota 6 000 m. V kruhu o poloměru 6 km (považujeme-li trajektorii Pluta za kruhovou)¹³, tedy na ploše o výměře 110 km², se vyskytuje 1 obří dýně, 4 citrusy, 2 oříšky, 2 hrášky a pak už jen smetí. Tato rozloha odpovídá městům Liberec nebo Hradec Králové¹⁴. A to naše sluneční soustava patří k těm hustějším oblastem vesmíru, protože mnohem méně hmoty bychom našli za naší sluneční soustavou nebo ještě lépe mezi jednotlivými galaxiemi. Na to bychom žáky také měli upozornit.

1.3 A co třeba model velikosti Prahy?

Zkusme teď model zvětšit, aby se do trajektorie poslední planety Neptun vešlo celé město Praha (aby střední vzdálenost Neptuna byla shodná s průměrem opsané kružnice okolo katastrálního území města Prahy). Jak velké bude Slunce? A jak Země? Můžeme před výpočtem nechat žáky opět hádat, a pak společně vypočítáme správné hodnoty.

Střední vzdálenost Neptunu od Slunce je přibližně 30 AU, tedy zhruba 4 500 000 000 km. Poloměr Prahy určíme z hodnoty rozlohy 500 km² (považujeme ji za kruh) a získáme přibližně 13 km. Měřítko tedy bude přibližně 1 : 350 000 000. Poloměr skutečného Slunce je přibližně 700 000 km, v našem modelu bude jen 2 m. Poloměr Země je přibližně 6 400 km, v modelu jen 1,8 cm. Země nám tedy oproti minulému modelu vyrostla z lískového oříšku na ořech vlašský.

Na rozloze celé Prahy se tedy povaluje jedna koule o průměru 4 m a 8 mnohem menších kuliček.

Zkuste si rovněž vypočítat, jak bude sluneční soustava vypadat v měřítku vašeho města či vesnice. V případě menších sídel je možné i vytvoření planetární stezky, kdy mají žáci možnost si sluneční soustavu užít i „nohama“. Je jasné, že nám často stačí vlastně jen koření a smetí...

Závěr

V první části článku jsem chtěla těžko představitelné rozměry naší sluneční soustavy alespoň trochu přiblížit žákům deváté třídy základní školy. Sice si nebudou nejspíš pamatovat poloměry planet, ale věřím, že si zapamatují alespoň některý z výše uvedených modelů a získají tak lepší představu o poměrech velikostí planet a jejich vzdálenostech.

A jak je to s gepardem a jeho cestou ke hvězdě Proxima Centauri? Zkuste si do příště odhadnout nebo vypočítat, jak dlouho by mu takový běh trval. Druhý díl článku bude věnován právě vzdálenosti Země od této hvězdy a tvaru naší Galaxie.

Literatura

- [1] Hanisko P.: *Inovačné metódy vo vyučovaní astronómie*. Ve: Krupa D. a Kireš M. (red.). *Tvorivý učiteľ fyziky II Národný festival fyziky 2009*. Equilibria, Košice 2009, s. 48.
- [2] Macháček M.: *Fyzika pro gymnázia – Astrofyzika*. Prometheus, Praha 2008.
- [3] <<http://astronomia.zcu.cz/>> *Astronomia: Astronomický server Fakulty pedagogické ZČU v Plzni*. (česky).

¹³ Trajektorie Pluta ve skutečnosti není kruhová, její numerická excentricita je 0,25.

¹⁴ http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_m%C4%9Bst_v_%C4%8Cesku_podle_po%C4%8Dtu_obyvatel