

Astronomické modely – budování správné představy o poměrech velikostí a vzdáleností vesmírných těles

JAN VESELÝ

Hvězdárna a planetárium v Hradci Králové

Abstrakt: Představy žáků, studentů i dospělých lidí o relativních velikostech a vzdálenostech vesmírných objektů jsou v převážné většině naprosto zcestné. Mezi příčiny tohoto stavu patří také ilustrace a fotografie v populární literatuře a učebnicích. Jako pomůcku k řešení problému jsme vytvořili sady modelů planet, hvězd a celé planetární soustavy. V každé sadě jsou modely v jednotném měřítku, vzájemně jsou měřítko sad v jednoduchých poměrech. Podstatný pro vybudování správné představy o poměrech velikostí a vzdáleností je také způsob prezentace modelů lektorem (učitelem).

Klíčová slova: astronomie, modely

Úvod

V populární literatuře, časopisech a také v učebnicích nacházíme fotografie vesmírných objektů, které zcela postrádají správné vzájemné měřítko a často vedou k vytváření špatných koncepcí typu: největší planetou je Země, Slunce je větší než jiné hvězdy, ale zároveň je Země větší než Slunce. Zatímco zachovat poměry velikostí by možné bylo, zobrazení správných poměrů vzdáleností, i kdyby šlo jenom o tělesa Sluneční soustavy, ve formátu tištěných publikací či elektronických dat zobrazených na monitoru objektivně nelze. Jako řešení tohoto problému jsme vytvořili několik sad modelů ve správných poměrech velikostí, případně velikostí i vzdáleností. Poměry mezi jednotlivými sadami jsou voleny tak, aby přechod mezi různými měřítky byl co nejjednodušší. Realizace modelů je možná i v podmínkách škol.

1 Naučné stezky v okolí Hvězdárny a planetária v Hradci Králové

V okolí hvězdárny byly vybudovány dvě naučné stezky – Planetární a Galaktická. Obě jsou přístupné veřejnosti, u vchodu do budovy jsou k dispozici stručné popisy stezek s mapkami. Na webu Hvězdárny a planetária jsou fotografie, elektronické verze informačních tabulí ze všech stanovišť stezek, data pro navigace GPS.

1.1 Planetární stezka

(Cílová skupina 5. až 13. ročník školní docházky, veřejnost). Jde o model Sluneční soustavy v měřítku $1 : 10^9$. Slunce reprezentuje betonová koule o průměru 1,4 m, model Země má průměr 12 mm, model Měsíce (3,5 mm) je od modelu Země vzdálen 0,38 m. Na každém stanovišti je informační tabule, se základními údaji o každém tělese, fotografií a vybranými zajímavostmi, které se k danému tělesu vztahují. Ve správném měřítku jsou též vzdálenosti (model Země 150 m od modelu Slunce, vnější planety Sluneční soustavy řádově kilometry). Správná vzdálenost je ta, kterou návštěvník ujde mezi jednotlivými stanovišti, tedy nikoli přímá vzdálenost mezi modely měřená vzdušnou čarou. Jedná se o velké poloosy drah (střední vzdálenosti od Slunce)

těles. Kromě Slunce a osmi planet je na stezce představen také pás asteroidů (reprezentovaný trpasličí planetou Ceres a asteroidem Ida), kometu (1P/Halley) a transneptunická tělesa (trpasličí planeta Pluto). Celková délka je 4,5 km od Slunce k Neptunu (6,5 km k Plutu). Stezka vede od hvězdárny okolo několika rybníků a lesem zpět do města. Stezka byla vybudována v roce 2004 ve spolupráci s Astronomickou společností v Hradci Králové, náklady na provoz a opravy po vandalech (řádově desítky Kč p. a.) nese hvězdárna.

1.2 Galaktická stezka

(Cílová skupina 8. až 13. ročník školní docházky, veřejnost). Představuje vybrané objekty Galaxie, tentokrát v poněkud nepřehledném jednotném měřítku velikostí i vzdáleností $1 : 1,8 \times 10^{17}$. Prezentovány jsou blízké či jasné hvězdy v okolí Slunce, hvězdokupy, mlhoviny, centrální černá díra a jako nepovinný objekt sousední trpasličí galaxie – LMC ve vzdálenosti 9,5 km v obci Hoděšovice. Stezka je heliocentrická – znázorňuje vzdálenosti od Slunce, nikoli od centra Galaxie. Velikosti objektů jsou na informačních tabulích (A3) zobrazeny nebo, pokud se nevejdou, pouze uvedeny. Velké hvězdy reprezentují přímo modely. Celková délka až po centrální černou díru je 1,5 km, přičemž toto stanoviště je společné s modelem Neptunu na Planetární stezce, a tudíž je možné projít postupně obě stezky. Galaktická stezka (v obráceném pořadí objektů) pak návštěvníky přivede zpět k výchozímu místu u hvězdárny.

2 Sada modelů hvězd ve foyer hvězdárny

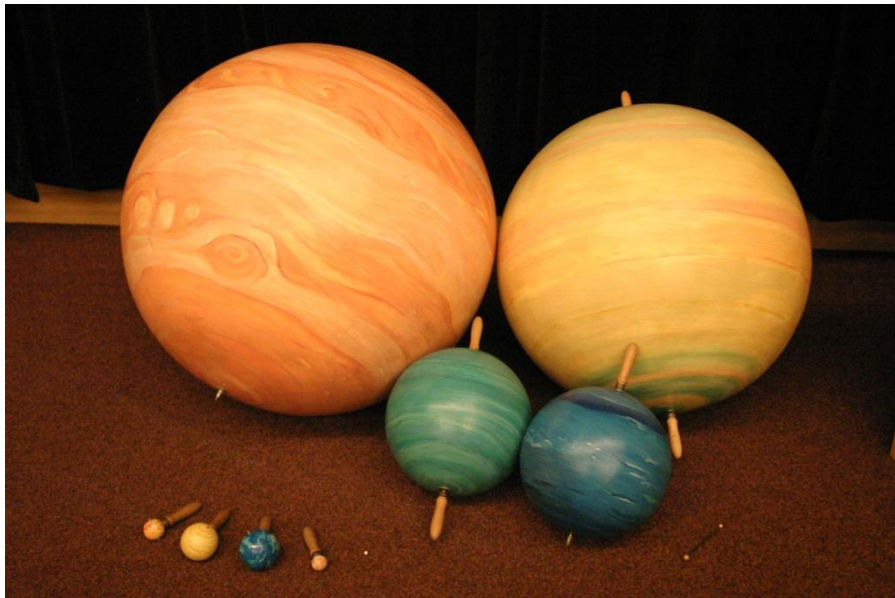
(Cílová skupina 5. až 13. ročník školní docházky, veřejnost). Svítící modely Slunce a obecně známých hvězd – Polárka, Sírius (A, B), Proxima, Rigel, Arcturus, Antares – v měřítku $1:10^{11}$ (100x menší než model Slunce a těles Sluneční soustavy na planetární stezce). Modely lze zapínat jednotlivě, každý ovládán dvěma vypínači – jeden rozsvítí model hvězdy, druhý rozsvítí LED v H-R diagramu. Modely jsou k dispozici školním výpravám i návštěvníkům pořadů pro veřejnost.



Obr. 1 - Modely hvězd ve foyer Hvězdárny a planetária v Hradci Králové

3 Sada modelů těles Sluneční soustavy

(Cílová skupina 1. až 13. ročník školní docházky, veřejnost). Modely planet, trpasličích planet a některých satelitů v měřítku $1:2 \times 10^8$. Terestrické planety vyrobeny ze dřeva, plynné a ledové planety z polystyrénu, povrch kaširovaný papír. Na některá malá tělesa sluneční soustavy byly využity sférické předměty původně určené k jiným účelům (airsoftové kuličky, ložiskové kuličky). Tato sada modelů není volně přístupná veřejnosti, používá se pouze při výkladu vedeném lektorem. Slunce v sadě modelů není (průměr 6,8 m), Saturn je bez prstence (v daném měřítku by správná tloušťka činila řádově 10^{-7} až 10^{-6} m).



Obr. 2 - Modely těles Sluneční soustavy

4 Sada astronomických kostek

(Cílová skupina předškolní děti a 1. až 4. ročník ZŠ.) Molitanové kostky tvaru blízkého krychli, celkem 36 ks, s textilním potahem, který je snímatelný (praní, výměna motivů). Existují dvě sady motivů, z nichž jedna kromě obrazců známých souhvězdí podle ročních dob (jarní, letní, podzimní, zimní, cirkumpolární) obsahuje obrazy osmi planet a Slunce v měřítku $1:2 \times 10^8$, tedy stejném, jako sada modelů těles Sluneční soustavy. Děti sestavují jednotlivé objekty (Jupiter a Saturn na 9 kostkách, část Slunce na 12 kostkách) a poté skládají planety do správného pořadí od Slunce. Aktivita je doplněna projekcí nápovědy dataprojektorem. Kostky mohou sloužit zároveň jako sedačky (lehačky) – za odměnu je dětem promítána pohádka. Kostky jsou přístupné veřejnosti při sobotních odpoledních pořadech pro děti.

5 Lektorské vedení

Ačkoli je většina modelů přístupná veřejnosti, k dosažení cíle, jímž je vybudování správné představy o poměrech velikostí a vzdáleností vesmírných objektů, je nezbytný výklad vedený lektorem (vychází z RVP podle věku žáků či studentů ve skupině).

5.1 Příklady probíraných témat na Planetární stezce

- *Za jak dlouho doletí světlo ze Slunce na Zemi?* (praktický pokus na téma „za jak dlouho dojdeme k Zemi na planetární stezce“ – měření pomocí stopek v mobilních telefonech účastníků exkurze; jak dlouho by od Země ke Slunci letěla kosmická sonda, je-li takový let vůbec uskutečnitelný)
- *Proč je na Merkuru rozpětí teplot -170°C až $+430^{\circ}\text{C}$?* (údaje uvedeny na informační tabuli; diskutujeme nepřítomnost atmosféry, rotaci planety a její oběh okolo Slunce)
- *Proč je na Venuši vyšší teplota než na Merkuru, když je dvakrát dále od Slunce?* (navazuje na diskusi o atmosféře planety, skleníkovém jevu, klesající rovnovážné teplotě na povrchu pasivních těles Sluneční soustavy se vzrůstající vzdáleností od Slunce)
- *Měsíc je nejvzdálenější místo ve vesmíru, kam zavítal Člověk.* (lety lidí „do vesmíru“ většinou na nízkou oběžnou dráhu = v měřítku stezky zlomky milimetru nad povrchem modelu Země; možnost obnovení letů na Měsíc)
- *Jak daleko je Mars, jak dlouho trvá cesta a jaké jsou překážky?* (typická doba letu 9 měsíců, nepřítomnost kapalné vody (trojný bod), nízké teploty, absence dipólového magnetického pole, absence ozonoféry, komunikační potíže)
- *Je mezera mezi Marsem a Jupiterem prázdná?* (zařazení prvních asteroidů mezi planety, zavedení kategorie planetka (asteroid) v polovině 19. století, číslování, typické rozměry, výskyt neomezený jen na pás mezi Marsem a Jupiterem, zopakování historie ve 20. století a 21. století s trpasličí planetou Pluto)
- *Jak pojmenovat kometu?* (pravidla pojmenovávání vesmírných objektů – po objeviteli jen komety (s výjimkami, z nichž jednou je právě 1P/Halley); jména planetek navrhuje objevitel, schvaluje Nomenklaturní komise IAU; placené pojmenovávání hvězd nabízené soukromými firmami je podvodem)
- *Došli jsme k Jupiteru a už jsme na půlce cesty k Saturnu!* (na vzdálenostech mezi velkými planetami rekapitulujeme a ilustrujeme poměry vzdáleností těles Sluneční soustavy)
- *Proč je Saturn na stezce bez prstence?* (protože jej ukradli vandalové (pravda), a současně proto, že by v daném měřítku $1 : 10^9$ nebyl viditelný – diskuse o průřezu a struktuře skutečného Saturnova prstence)

5.2 Příklady témat diskutovaných u modelů těles Sluneční soustavy

- *Kolik je vlastně planet?* (diskuse o historii pojmu planeta, měnícím se počtu těles na seznamu planet v minulosti, definice planety dle IAU z roku 2006)
- *Dva druhy planet* (kamenné, Zemského typu; plynné či ledové, Jupiterova typu; rozšíření o exoplanety – superzemě, horcí jupiteři a neptuni, superjupiteři)
- *Jak vznikla Sluneční soustava?* (souvislost s pozorovanou distribucí planet a malých těles sluneční soustavy)

- *Jak velké by v tomto měřítku bylo Slunce?* (téměř 7 metrů = 109x větší než Země; diskuse nad poměry hmotností planet a Slunce)
- *Proč je model Saturnu bez prstence?* (nebyl odcizen vandaly, diskuse o rozměru skutečného prstence – viz 5.1)

5.3 Příklady témat diskutovaných u modelů hvězd

- *Převažují mezi hvězdami ty větší nebo ty menší než Slunce?* (výběrový efekt – prostým okem vidíme ty větší, ve skutečnosti jsou početnější ty menší)
- *Jak to, že je Polárka mnohem slabší než Sírius (A), když je mnohem větší?* (diskuse o vzdálenostech hvězd)
- *Proč mají hvězdy různé barvy?* (povrchová teplota; diskuse nad častou miskoncepcí o vlivu chemického složení hvězd)
- *Jaké je rozpětí povrchových teplot hvězd a čím jsou omezeny hranice?* (termo-nukleární fúze, podmínka rovnováhy a stability, spektrální třídy, hlavní posloupnost H-R diagramu; hnědí trpaslíci)
- *Jak to, že některé velké hvězdy mají nižší povrchovou teplotu než ty malé?* (vývoj hvězd s využitím H-R diagramu, rudí obři a veleobři, bílí trpaslíci)

6 Závěr

Samotné sady modelů dobře ilustrují velikosti, případně vzdálenosti, vesmírných těles. Teprve výklad lektora však uvádí vizuální vjem a fyzicky (chůze) nabyté vědomosti do souvislostí, ať už vzájemných, nebo s dalšími jevy. Proto jsou školním i neškolním skupinám nabízeny „komentované prohlídky“ modelů často jako součást či doplnění vzdělávacích pořadů v planetáriu a na hvězdárně.

Literatura

- [1] Kolektiv autorů VÚP: *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*, Výzkumný ústav pedagogický v Praze, Praha, 2005, ISBN 80-87000-02-01.
- [2] Kolektiv autorů VÚP: *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*, Výzkumný ústav pedagogický v Praze, Praha, 2007.
- [3] Brož, M., Cholasta, M., Kujal, J., Lacko, R.: *Povětroň Speciál 2/2004 – Planetární stezka*, Astronomická společnost v Hradci Králové, Hradec Králové, 2005, ISSN 1213–659X.
- [4] Brož, M.: *Co na planetární stezce nenajdete?*, in *Povětroň 3/2005*, p. 4, Astronomická společnost v Hradci Králové, Hradec Králové, 2005, ISSN 1213–659X.
- [5] Veselý, J.: *Jak daleko je Mars?*, in sborník konference SciCom v přírodních vědách, VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2013, ISBN 978-80-248-2964-7
- [6] Krejčí, M.: *Modely planet a hvězd*, in sborník konference SciCom v přírodních vědách, VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2013, ISBN 978-80-248-2964-7
- [7] <http://www.astrophk.cz>