

Astronomie z papíru

OTA KÉHAR

Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Příspěvek obsahuje ukázkou několika zajímavých pomůcek pro výuku astronomických poznatků (např. HR diagram, Kirkwoodovy mezery, planety skupiny Hilda), které jsou vytvořené především z papíru. Hodí se pro zpestření výuky nebo pro případ, že nefunguje výpočetní technika.

HR diagram

HR (Hertzsprungův–Russellův) diagram měl velký význam pro objasnění stavby a evoluce hvězd. HR diagram zachycuje momentální statický obrázek zastoupení jednotlivých typů hvězd v daném prostoru. Pozice hvězdy v HR diagramu není stálá a neměnná, ale pouze dočasná. V průběhu hvězdného vývoje se mění efektivní teplota hvězd, tím i jejich zářivý výkon a hvězdy se v HR diagramu posouvají. Poměrně dlouhou dobu zůstávají na hlavní posloupnosti, postupem času se ovšem přesouvají do oblasti obrů a po skončení termojaderných reakcí končí jako bílí trpaslíci nebo neutronové hvězdy či černé díry, přičemž dvě posledně jmenovaná závěrečná stádia hvězd již v HR diagramu zachycena nejsou. Je zřejmé, že HR diagram má ve výuce klíčovou roli v tématu hvězdy a jejich evoluce. Kromě ukázek HR diagramů je určitě mnohem přínosnější, pokud žáci s HR diagramem pracují, než jim ho ukázat pouze ve formě neměnného obrázku.

HR diagram je spíše středoškolská nebo gymnaziální záležitost, nicméně přiblížit se dá i žákům druhého stupně základní školy. Začneme vytvořením „HR diagramu velmi blízkých objektů“. Není skutečně třeba chodit příliš daleko, stačí se rozhlédnout kolem sebe. Celkem snadno si lze vytvořit „HR diagram“ pro lidi, mohli bychom ho nazvat VH diagram. Na osy budeme, stejně jako pro hvězdy, vynášet dvě základní charakteristické vlastnosti – výšku (V) a hmotnost (H) člověka. Ukazuje se, že se lidé nerozprostírou rovnoměrně či náhodně po celé ploše diagramu, ale soustředí se v několika skupinách. Můžeme se zaměřit na různé skupiny obyvatelstva a diskutovat o rozdílech v grafu. Ukazuje se, že se velmi podobně chovají i hvězdy.

Jestliže nemáme k dispozici výpočetní techniku nebo dataprojektor, jsou ukázky HR diagramu komplikovanější. Z tohoto důvodu jsem si vyrobil HR diagram (nejenom) z papíru ve velikosti, že jej lze ukazovat ve třídě. Skládá se z šesti čtvrtek formátu A3 spojených do obdélníku 2x3 listy na šířku. Na takto vzniklé ploše jsem zakreslil svislou osu (představuje absolutní hvězdnou velikost, přičemž hodnota +5 mag se nachází zhruba uprostřed) a vodorovnou osu (obsahuje barevný index od hodnoty -1 do +3 a barevně vyznačené spektrální třídy). Zbývající plocha diagramu neobsahuje nic. Na samostatných listech si připravíme další základní části HR diagramu – oblasti, kde se vyskytují hvězdy. Mezi ně patří hlavní posloupnost, obři (veleobři) a bílí trpaslíci.



Obr. 1- Jednotlivé oblasti HR diagramu (vlevo nahoře – obři, vpravo nahoře – bílí trpaslíci, ve spodní části je rozdělena na dvě části hlavní posloupnost)

Tyto oblasti (z obr. 1) vytiskneme na silnější papír formátu A3 či A4 a z druhé strany opatříme (přilepíme izolepou) magnety. Magnety (ve správné orientaci) přichystáme i na zadní plochu HR diagramu tak, aby se jednotlivé oblasti nacházely ve správných polohách. Použití magnetů přináší výhodu: jednotlivé oblasti lze velmi snadno sundávat a není na první pohled vidět, kam patří. To může být otázkou pro žáky. Pro práci s diagramem je výhodné opatřit vodorovnou osu teplotami a na diagram umístit (pomocí kolíčků na prádlo) některé typické hvězdy – Betelgeuse, Alfa Cen B, Slunce, Vega a Sirius B.

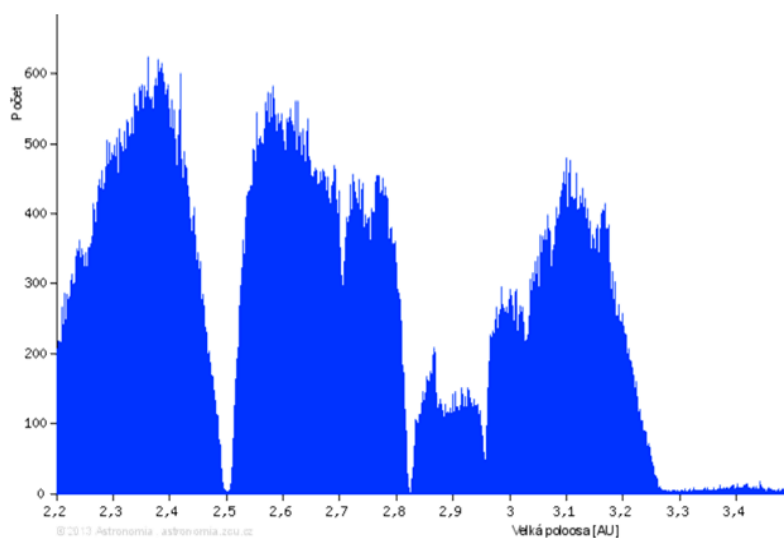


Obr. 2 - Rozmístění oblastí a hvězd po HR diagramu

Pokud máme HR diagram připraven (dle obr. 2), pokládáme žákům různé otázky, např.: Která hvězda je nejstarší z hlediska svého vývoje? Které hvězdy spalují vodík? Které hvězdy spalují hélium? Která hvězda je blízko svému konci? Která hvězda má největší svítivost? Podobných otázek lze vymyslet celá řada. Některé oblasti jsou připraveny na variantu, kdy si zobrazíme jen blízké nebo vzdálené hvězdy. U vzdálených hvězd nám vlivem výběrového efektu zmizí bílí trpaslíci a spodní část hlavní posloupnosti. Tyto oblasti lze díky magnetům velmi snadno sundat.

Kirkwoodovy mezery

Kirkwoodovy mezery jsou mezery nebo poklesy v rozdělení (četnosti) hlavního pásu planetek na velké poloose (nebo oběžné době). Poloha mezer souvisí s dráhovou rezonancí s planetou Jupiter, což jsou polohy v prostoru, pro které jsou doby oběhu dvou těles (v tomto případě planetky a Jupitera) v poměru malých celých čísel. Mezi tělesy nastává gravitační vazba (rezonance) ovlivňující stabilitu tohoto uspořádání.

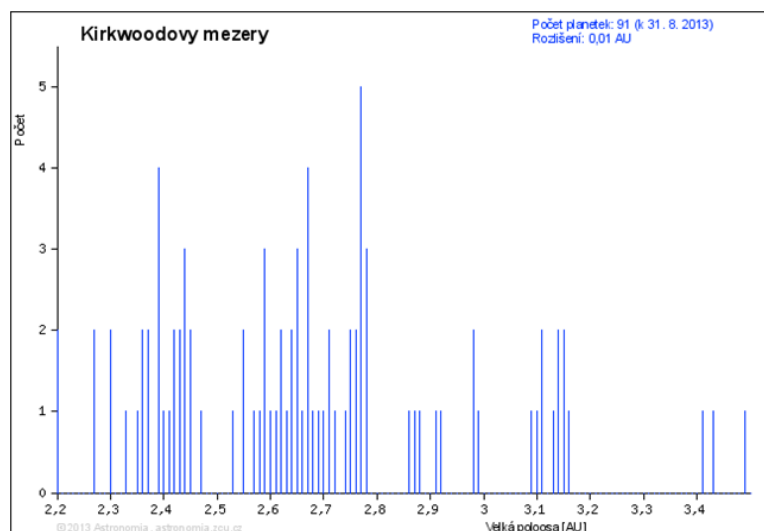


Obr. 3 - Kirkwoodovy mezery pro necelé čtyři stovky tisíc planetek (platné v září 2013)

Poprvé si tohoto uspořádání planetek všiml americký astronom Daniel Kirkwood (1814–1895) již v roce 1857, kdy bylo známo okolo 50 planetek. Oficiální zveřejnění objevu bylo až v roce 1866 (na setkání Americké společnosti pro pokrok vědy); na konci tohoto roku bylo známo 91 planetek. Když jsem si zobrazil graf Kirkwoodových mezer pro tento počet planetek (viz obr. 5), hned mi napadlo jejich přirovnání s hráběmi (obr. 4), byť mírně poupravenými.



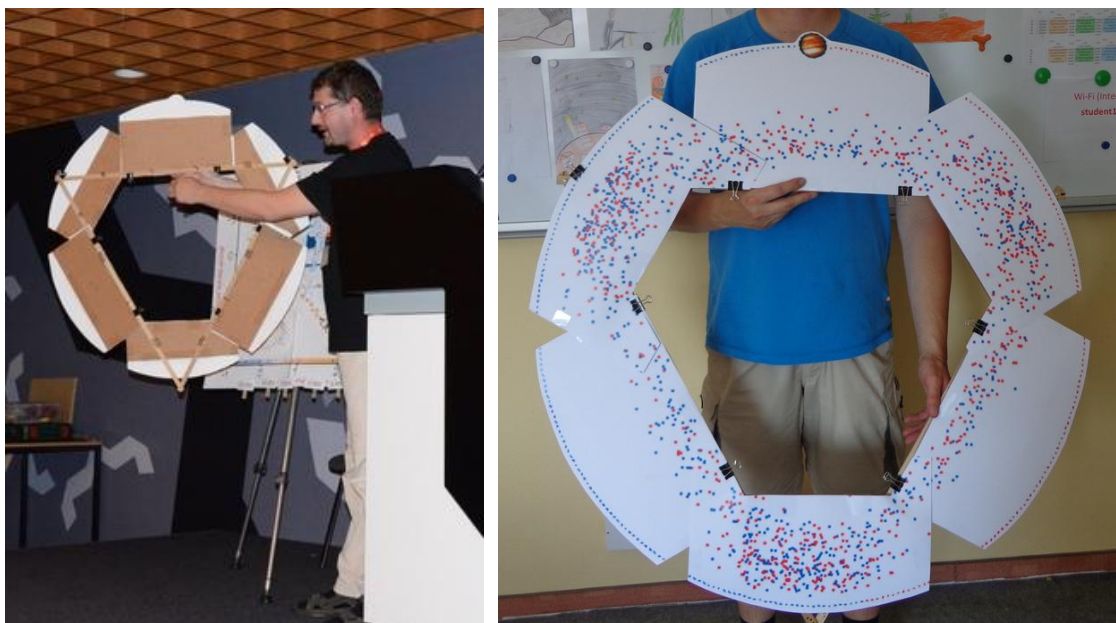
Obr. 4 - Porovnání hrábí a současného rozdělení planetek ve sluneční soustavě



Obr. 5 - Graf závislosti četnosti planetek na velké poloose pro 91 planetek

Planetky skupiny Hilda

Hildina skupina je označení pro několik stovek planetek obíhající Slunce ve vzdálenosti odpovídající dráhové rezonanci 2:3 s Jupiterem. Velká poloosa je v intervalu 3,7 AU až 4,2 AU, sklon dráhy k ekliptice do 20° a výstřednost do 0,3. Vedle Trojanů se jedná o jediný případ, kdy dráhová rezonance vede k vytvoření stabilní skupiny planetek místo Kirkwoodových mezer. Jde o velmi heterogenní skupinu planetek s různým mineralogickým složením, která se vytvořila rezonančním působením gravitačních sil Jupiteru. Dlouhodobé rozdělení planetek této skupiny v prostoru tvoří přibližně tvar rovnostranného trojúhelníku.



Obr. 6 - Ukázka přípravku pro demonstraci planetek skupiny Hilda

Pro ukázkou bez využití výpočetní techniky si připravíme rovnostranný trojúhelník sestavený ze třech úzkých dřevěných lišt (viz obr. 6 vlevo). Na takto vzniklý

trojúhelník postupně přidáme vytištěné papírové bloky (viz obr. 6 vpravo), které obsahují polohu planetek skupiny Hilda pro námi zvolený den. Je důležité nevynechat ani polohu planety Jupiter (na obr. 6 vpravo je umístěna u horního okraje obrázku). Otáčením takto vzniklého útvaru částečně demonstrujeme reálnou situaci ve sluneční soustavě. Upozorníme na skutečnost, že v reálném světě dochází k různým změnám polohy jednotlivých planetek, nikoli otáčení celku.

Další informace

Článek ve sborníku nemůže postihnout veškeré záležitosti týkající se zdrojových dat a návodu na sestavení výše uvedených pomůcek. V případě zájmu či dotazů mne neváhejte kontaktovat na mailové adrese: kehar@kmt.zcu.cz. Mohu poskytnout jak rady, tak i PDF soubory, které obsahují předlohy použitelné pro tisk.

Literatura

- [1] *Multimediální učební text Astronomia* [online]. 2013, [cit. 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://astronomia.zcu.cz>>
- [2] Kéhar, O.: *Katalogy astronomických objektů na webových stránkách Astronomia a jejich použití ve školách*. Plzeň, 2013. Disertační práce na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity. Školitel RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.
- [3] Pudivítr, P.: *Dělení hvězd podle spekter – HR diagram*. *Metodický portál: Články* [online]. 19. 07. 2009, [cit. 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://clanky.rvp.cz/clanek/c/z/3201/DELENI-HVEZD-PODLE-SPEKTER---HR-DIAGRAM.html>>. ISSN 1802-4785.