

Středoškolská odborná činnost

Michal Švanda - 3-D obrazy souhvězdí

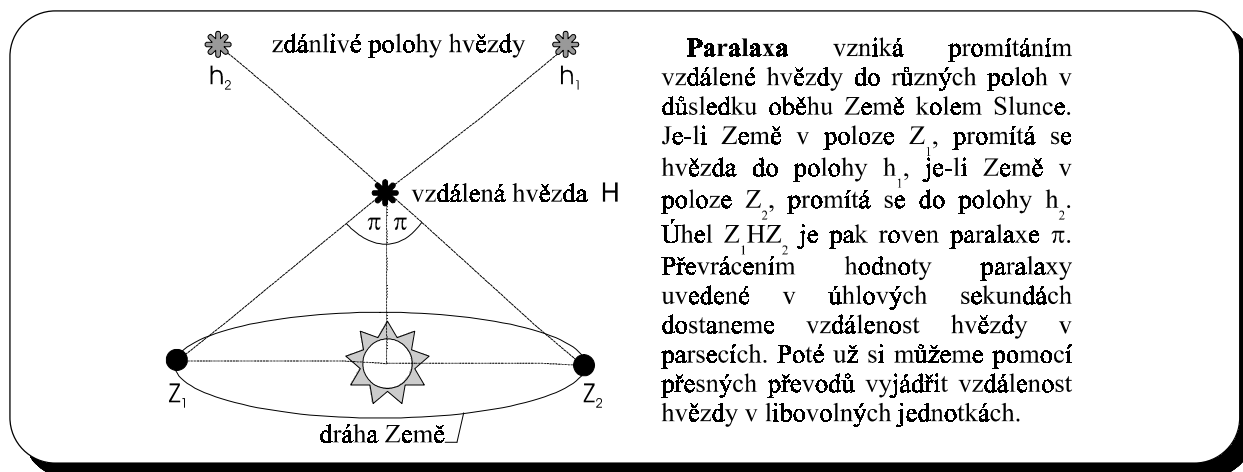
1. Úvod

Není nic mystičtějšího, než pohled na hvězdnou oblohu. Málokdo si však při tomto pohledu uvědomuje, jakou měrou podléhá jeho zrakový vjem optickým klamům a bludům. Kupříkladu díky tomu, že hvězdy jsou příliš slabé, než abychom je mohli pozorovat pomocí čípků, které vidí barevně, je sledujeme pomocí „černobílých“ tyčinek. Tak nevnímáme až na výjimky jejich skutečnou barvu a vidíme je „jen“ jako různě jasné bílé body (přítom barevná fotografie hvězdné oblohy ukáže, že hvězdy jsou barevné a vůbec celá obloha je krásně barevná). Podobně jsme oklamáni při pokusu trojrozměrného vidění oblohy. Díky obrovské vzdálenosti hvězd se nám promítají pouze do dvou rozměrů a jakoby vytvářejí pověstnou „nebeskou klenbu“.

Jen těžko dnes určíme, koho prvního napadlo, že hvězdy jsou svítící body na nebeské klenbě, obecně je tento výrok připisován Tháletovi z Milétu. Anaximandros tento názor rozšířil a tvrdil, že hvězdy jsou průhledy do trubic obsahujících oheň. Faktem zůstává, že tento názor, podle něhož jsou vesmírná tělesa uspořádána v deseti sférách, přičemž ta poslední je sférou hvězd, zůstal oficiálním názorem až do dob Mikuláše Koperníka. Nadšeným propagátorem geocentrického systému (tedy systému, v jehož středu se nachází Země a všechna nebeská tělesa kolem ní obíhají po svých kruhových drahách) byl například Pythagoras (3. stol. přnl), Claudius Ptolemaios (120-180 přnl) nebo kupodivu i Tycho Brahe (1546-1601). Zvláště Ptolemaiova představa se stala oficiálním církevním názorem až do 17. století a katolická církev k prosazování tohoto názoru neváhala použít těch nejdrastičtějších prostředků (upálení Giordana Bruna roku 1600, soud s Galileem Galileiem, který musel svoje učení odvolat atd.). I přesto musíme Ptolemaiovu soustavu pokládat za nejdokonalejší popis planetárních pohybů ve starověku, propracovaný do takových detailů, že předpovědi nebeských jevů a pohybů planet velmi přesně odpovídaly skutečnosti. Pokud by platil Ptolemaiov systém, nemuseli bychom si se vzdálenostmi hvězd a tedy i s tím, zda to, co vidíme, odpovídá skutečnosti, dělat žádné starosti.

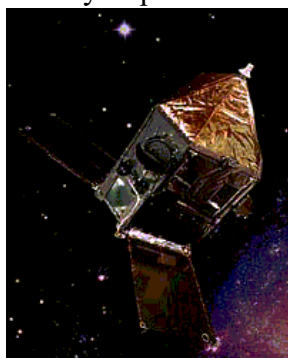
Dokonalejším pohledem na vesmír je Koperníkův heliocentrický systém, i když polský astronom nebyl zdaleka prvním, kdo měl tento nápad. Zřejmě prvním myslitelem ve smyslu heliocentrického systému byl na konci 4. století přnl Aristarchos ze Samu, který správně změřil, že Slunce je větší než Země a že Slunce leží ve větší vzdálenosti od Země než Měsíc, a proto mu připadalo nepravděpodobné a nelogické, že by kolem malé Země obíhalo velké Slunce. Mikuláš Koperník vyšel z předpokladu, že středem vesmíru je Slunce, největší z nebeských těles. Nutno dodat, že jak Mikuláš Koperník, tak i jeho současník Johannes Kepler, ač zastánci heliocentrické soustavy, stále věřili ve sféru stálic. O tom, že by hvězdy mohly mít rozdílné vzdálenosti uvažovat až v roce 1576 Thomas Digges, jehož myšlenku převzal a dále rozvinul i Giordano Bruno, který se také jako první správně odklonil od všech centrismů a tvrdil, že hvězdy jsou různě vzdálená slunce, která mají své obydlené planety.

Jak ale souvisí klam „nebeské klenby“ s heliocentrickým nebo geocentrickým názorem? Pokud obíhá planeta kolem Slunce, nehybná hvězda se promítá v různých bodech trajektorie planety do různých bodů na obloze. Úhel, který vytvoří tyto dva body v protilehlých bodech trajektorie planety se nazývá **paralaxa** a úzce souvisí se vzdáleností hvězdy. Právě skutečnost, že ve starověku nedokázali vědci změřit paralaxu, považovali za důkaz správnosti geocentrického systému. První paralaxy byly změřeny teprve v 19. století skotským astronomem Thomasem



Hendersonem a Němci Friedrichem Wilhelmem Bessellem a Friedrichem Georgem Wilhelmem Struvem. Pokud by byly hvězdy umístěny na jedné sféře, musely by být všechny paralaxy shodné, ale jak prokázala měření, paralaxy rozhodně shodné nebyly, většinu hvězd dokonce nebylo možné proměřit, protože byly příliš daleko. Znamenalo to tedy definitivní zbourání teorie fyzické celistvosti souhvězdí.

Převrácením hodnoty paralaxy uvedené v úhlových vteřinách dostaneme vzdálenost hvězdy v parsecích. Vzdálenost hvězdy je klíčovou znalostí pro představu o vesmíru ve třech rozměrech. Získáním velmi přesných paralax a tím i vzdáleností hvězd se v letech 1989-1993 zabývala evropská astrometrická družice **HIPPARCOS**. Právě data získaná touto družicí se stala základem mé odborné práce.



2. HIPPARCOS

8. srpna 1989 byla vynesena na oběžnou dráhu Země raketou Ariane astrometrická družice HIPPARCOS (**HI**gh **P**recision **PAR**allax **C**ollecting **S**atellite). Jak již z názvu vyplývá, bylo jejím hlavním úkolem měřit paralaxy hvězd. Jméno zdělila částečně po svém dávném předchůdci, starověkém astronomu Hipparchovi z Níkaie, který ve 2. století před naším letopočtem sestavil katalog poloh a jasností 1080 hvězd a zásadně tak ovlivnil rozvoj astronomie v následujících staletích. Sonda sbírala tři a půl roku základní astrofyzikální charakteristiky milionu hvězd: vzdálenost, pohyb v prostoru, zářivý výkon, hmotnost, velikost a věk.

Měření sondy HIPPARCOS byla rozdělena do dvou projektů: Hipparcos a Tycho. Projekt *Hipparcos* proměřil 118 000 objektů, u nichž bylo nutné z různých důvodů stanovit některou z astrofyzikálních charakteristik. Byl však proveden s neuvěřitelnou precizností a přesností (například přesnost změřených paralax je řádově 0,002", u hvězdných velikostí pak 0,002 magnitudy). Druhý projekt *Tycho* měl za úkol stanovit dostatečně hustou a přesnou síť „opěrných bodů“, přičemž proměřil přes jeden milion hvězd s menší přesností (u paralax se uvádí hodnota 0,025", u hvězdných velikostí 0,06 magnitudy). Katalog *Tycho* je kompletní do 9,5 magnitudy, nejslabší změřené hvězdy mají 11,5 magnitudy.

Sonda se zaměřila i na hledání binárních a vícenásobných systémů (objevila jich tisíce) a proměnných hvězd (proměřila jich přes 12 tisíc, z čehož bylo 8 200 nově objevených).

Tato fantasticky přesná měření otevřela nové možnosti pro mapování blízkého hvězdného prostoru. Dílo astronoma Hipparcha se bohužel zachovalo pouze zprostředkovaně díky

Ptolemaiovu Almagestu, měření sondy HIPPARCOS zcela jistě vstoupí na dlouhou dobu do dějin a stejně jako jeho starověký předchůdce i družice ovlivnila a zcela určitě ještě ovlivní rozvoj astrofyziky v příštích desítkách let.

3. Souhvězdí

Jasnější hvězdy byly již ve starověku spojovány do pomyslných obrazců - souhvězdí. Tyto obrazce pomáhaly zejména zemědělcům při orientaci v čase a námořníkům při určování správné cesty po moři, byly ale přímým důsledkem bájesloví a náboženství. Každá kultura starověku měla svá vlastní souhvězdí; tak jak souhvězdí známe dnes, je dílem především staré řecké a římské kultury. Obecně se soudilo, že jednotlivé hvězdy souhvězdí spolu souvisí nejen mýtický, ale i fyzicky, že jde tedy o vázaná a neproměnná seskupení hvězd. V roce 1717 ale královský astronom Edmond Halley našel vlastní pohyb hvězd porovnáním poloh hvězd z vlastního pozorování s katalogovými hodnotami Flamsteeda, Tycho Brahe a Ptolemaiova Almagestu. Představa pevných a neměnných křišťálových sfér byla již zcela neudržitelná.

Astronomové dnes rozeznávají na obloze 88 souhvězdí, a to nejen z historických souvislostí. V mnohém to usnadňuje orientaci, protože každá hvězda, kterou jsme schopni pozorovat, je umístěna v jednom ze souhvězdí a má své pořadí v daném souhvězdí - buď je označeno písmeny řecké abecedy nebo malými písmeny latinky, pak mluvíme o **Bayerově označení**, které přímo souvisí s jasností hvězdy v souhvězdí (tedy nejjasnější hvězda v souhvězdí je α , druhá nejjasnější β , atd.); nebo je označena číslem, pak mluvíme o **Flamsteedově označení**, které je ryze geometrické podle polohy. V poslední době však označení pomocí pořadí v souhvězdí nestačí, proto se hvězdy řadí do katalogů, kterých je mnoho, nejznámějšími jsou **SAO** a **HD** katalog. Proto například platí, že hvězda označená jako SAO 125122 je totožná s hvězdou α Aquilae a s hvězdou 53 Aquilae. Ve skutečnosti jde o jednu a tutéž hvězdu, o nejjasnější (podle Bayerova označení) v souhvězdí Orla se jménem Altair.

Při pohledu pouhým okem, ba ani dalekohledem, však nepoznáme, zda je souhvězdí obrazec náhodný, který vznikne promítáním různě vzdálených hvězd, nebo jde o hvězdy, které spolu úzce souvisí. Toho lze dosáhnout teprve stereoskopickým zobrazením. Klasicky lze získat takovýto obraz buď geometrickou konstrukcí (rovnoběžným promítáním na dvě průmětny), nebo pomocí počítače, kdy pak můžeme například měnit úhly pohledu a tak se skutečným tvarem souhvězdí rotovat a naklánět. Oba uvedené způsoby jsem zvolil i já.

Pozn.: Tento problém se zdaleka netýká pouze souhvězdí, ale i zdánlivých nebo skutečných otevřených hvězdokup. Tak například teprve po zpracování dat družice HIPPARCOS vyšlo najevo, že dlouho uznávaná otevřená hvězdokupa Cr399 Věšák v souhvězdí Lištičky vůbec žádnou kupou není. Součástí této studie je zobrazení Věšáku oběma konstrukcemi.

4. Geometrická konstrukce

Základem je rovnoběžné promítání na dvě kolmé průmětny - do půdorysny a nárysny. Přičemž do nárysny jsem nanášel obraz souhvězdí tak, jak jej vidíme my, a do půdorysny skutečné vzdálenosti hvězd. Měřítko všech nákresů je shodné, proto jsou méně rozsáhlá souhvězdí poněkud smršťena. Pokusil jsem se i o vyjádření jasnosti hvězdy pomocí velikosti zobrazeného bodu, hvězdy nulté hvězdné velikosti mají kotouček o velikosti 7 milimetrů, hvězdy šesti magnitud mají kotouček o průměru 1 milimetr. Výběr hvězd byl proveden z katalogu družice HIPPARCOS s limitní magnitudou 6,0, tedy hvězdy pozorovatelné pouhým okem.

5. Počítačová projekce

Základem tohoto programu je zobrazení dvojice obrazů každé hvězdy. Červený obraz zobrazuje hvězdu tak, jak ji vidíme ze Země, žlutý obraz bere v úvahu i vzdálenost hvězdy a je zobrazen v závislosti na úhlu pohledu. Oba obrazy jsou spojeny bílou přerušovanou čarou, aby bylo patrné, který obraz čemu odpovídá. Délka přerušované čáry je nepřímoúměrná vzdálenosti hvězdy, nejvzdálenější hvězdy tedy mají tuto čáru krátkou, nejbližší dlouhou. Tento fakt odpovídá reálné iluzi, podle níž je při pohybu změna polohy blízkých předmětů znatelnější než změna polohy předmětů vzdálenějších. Polohu v prostoru zobrazují tři navzájem na sebe kolmé osy - osa rektazenní, deklinační a osa vzdálenosti. Hloubka prostorového vjemu je předem nastavena na jistou implicitní hodnotu, pomocí horkých kláves ji lze měnit. Program naleznete na přiložené disketě pod jménem CONSTELA. I pro tento program je základem katalog družice HIPPARCOS a hvězdy do 6,0 magnitud.

Zobrazení počítačovým programem CONSTELA je spíše orientační a názorné a nemá velkého vědeckého významu.

Použitá literatura:

Pavel Koubský: Planety naší Sluneční soustavy, Albatros 1988

RnDR. Zdeněk Mikulášek: Fyzika hvězd (přednáška na PřF MU v Brně)

Bílý Trpaslík - zpravodaj Amatérské prohlídky oblohy, č. 89

Program CONSTELA

1. Požadavky programu

Program funguje na jakémkoli počítači s libovolnou grafickou kartou, která podporuje standard Borland BGI (Hercules, CGA, EGA, VGA), vzhledem k výpočetní náročnosti je lépe jej provozovat alespoň na počítači s procesorem 386.

2. Ovládání programu

Program se ovládá pomocí kláves. Startuje se příkazem CONSTELA, za parametr se dává jméno souboru, ve kterém jsou nahraná data o hvězdách.

Např.: „CONSTELA UMA.CON“

V případě, že přípona není zadána, program to po startu oznámí a zeptá se na nové zadání souboru s daty. Za běhu programu lze soubor změnit pomocí horké klávesy. V tom případě se na výstupu (obrazovce) objeví hlášení:

Zadejte jméno souboru, ze kterého mám načíst data:

Program nyní čeká na zadání jména souboru. Pokus se splete nebo zadaný soubor neexistuje nebo je jinak nepřístupný, program vás na to upozorní.

3. Ovládací klávesy:

←,↑,↓,→	změna úhlu pohledu
Z, X	změna zvětšení (Z zvětšuje, X zmenšuje)
A,S,D,W	posun středu obrazce, ve stejném smyslu jako kurzorové klávesy (A=←)
Home, End	pohled úplně zprava/zleva
PgUp, PgDn	pohled úplně shora/zdola
+, -	zvětšuje/zmenšuje prostorový vjem
Delete	vrací normální nastavení středu, hloubky, nuluje úhly pohledu
F1	vypíná/zapíná nápovědu k horkým klávesám
F2	zapíná/vypíná popis hvězd
O	otevře jiný soubor
Esc	ukončí činnost programu

4. Vytváření nových databází hvězd a jejich upravování

K tomuto účelu slouží přidaný program MAKE, který interaktivní formou umožní vytvořit nový soubor nebo soubor doplnit. K programu jen několik poznámek:

- Označení hvězdy je text, který bude u hvězdy uveden, pokud jsou zapnuty popisky.
- Rektascenzi a deklinaci hvězdy lze zadávat po jednotlivých hodnotách (hodiny, minuty,...) nebo jako desetinná čísla, neuvedené části pak nahradíte nulami.

Např.: Rektascenzi můžete zadat jako 18 25 30 nebo 18 25,5 0 nebo 18,425 0 0

- Při upravování hodnot pro hvězdu musíte vypsát všechny nové hodnoty (ty staré se vypíší v nabídce příkazu, takže je můžete jednoduše opsat).

Obrazovka programu s příkladem souhvězdí Velkého vozu v převrácených barvách