

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální fyziky



Prostorové modely souhvězdí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:	Michaela Boháčová
Osobní číslo:	R16302
Studijní program:	Fyzika
Studijní obor:	Nanotechnologie
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
Rok:	2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lukáše Richtereka, Ph.D a že jsem použila zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Olomouci dne

.....

Jméno a příjmení

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Michaela Boháčová
Název práce	Prostorové modely souhvězdí
Typ práce	Bakalářská
Pracoviště	Katedra experimentální fyziky
Vedoucí práce	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2020
Abstrakt	Cílem práce je vytvořit 3D modely 10 souhvězdí severní oblohy respektující vzdálenosti jednotlivých hvězd ve vhodném software (např. <i>SketchUp</i>), jež by bylo možné využít pro jednoduché sdílení tzv. rozšířené reality (např.na platformě <i>Augment</i>).
Klíčová slova	hvězda, souhvězdí, model
Počet stran	57
Počet příloh	1
Jazyk	český

Bibliographical identification

Autor's first name and surname	Michaela Boháčová
Title	Space models of stellar constalations
Type of Thesis	Bachelor
Department	Department of Experimental Physics
Supervisor	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
The year of presentation	2020
Abstract	The aim of this thesis is to create 3D models of ten stellar constellations of the northern sky, respecting distances amongst individual stars in a suitable software (e.g. <i>SketchUp</i>), which could be used for simple sharing of the so-called augmented reality (e.g. platform <i>Augment</i>).
Keywords	star, constellation, model
Number of pages	57
Number of appendices	1
Language	czech

Obsah

ÚVOD	6
1 Hvězdy	8
1.1 Stavba hvězd	11
1.1.1 Nitro hvězd	12
1.1.2 Atmosféra hvězd	13
2 Názvy hvězd	16
3 Souřadnice a transformační vzorce	17
3.1 Obzorníkové (azimutální, horizontální) souřadnice	17
3.2 Rovníková (ekvatoriální) soustava 2. druhu	18
3.3 Transformační vzorce	19
3.4 Přepočet souřadnic	20
4 Stellarium	22
4.1 Práce ve Stellariu	22
5 Souhvězdí	23
5.1 Kasiopeja	23
5.2 Velký vůz	25
5.3 Žirafa	27
5.4 Kefeus	28
5.5 Pohár	30
5.6 Severní Koruna	31
5.7 Lyra	32
5.8 Rak	34
5.9 Ještěrka	35
5.10 Jednorožec	36
6 Programy pro vytváření 3D	38
6.1 SketchUp	38
6.2 Práce ve SktechUp	39
7 Modely souhvězdí v rozšířené realitě	41
ZÁVĚR	44
Reference	45
SEZNAMY	47
Příloha č. 1	48

ÚVOD

Text bakalářské práce je doplňkem k vytvořeným 3D modelům souhvězdí. Připomíná některé základní pojmy z astronomie a astrofyziky, popisuje přechod od rovníkových astronomických souřadnic 2. druhu, s nimiž se setkáváme v katalogích a astronomických programech ke kartézským souřadnicím s jednou souřadnicovou rovinou v rovině nebeského rovníku, kterou je možné použít pro sestavení trojrozměrných modelů ve vhodném grafickém software.

Vytvoření představy o trojrozměrném rozložení hvězd v souhvězdích je poměrně náročné jak pro studenty, tak pro pedagogy. Kromě různých prostorových modelů [1] dnes můžeme vytvářet i grafické 3D modely pomocí vhodného software. Práce s nimi umožňuje studentům nahlížet na souhvězdí z různých stran, uvědomit si význam pojmu jako je paralaxa a skutečnost, že pohled na vesmír ze Země je jen jedním z nekonečně mnoha možných. Při zkoumání a pozorování souhvězdí se otevírá možnost k diskusi dalších pojmů a aspektů, jako jsou základy pojmenování hvězd a souhvězdí (často vycházející ze starověké mytologie), dále zákonitosti hvězdného vývoje, určování velikosti, povrchové teploty a dalších charakteristik hvězd.

Hvězdy a další astronomické objekty jsou obvykle promítány na povrch imaginární nebeské sféry pouze se zachycením směru k zaznamenaným objektům. To však může snadno vést k mylné představě, že hvězdy v souhvězdí jsou ve stejné vzdálenosti. Ve skutečnosti jsou souhvězdí pouhé pomocné útvary, které nám umožňují lepší orientaci na obloze díky jejímu rozčlenění na menší části. Ve 20. století se Mezinárodní astronomická unie (IAU) rozhodla definovat 88 souhvězdí jako regiony, z nichž každé obsahuje hvězdy vymezující základní tvar i všechny objekty v oblasti oblohy.

Různé pedagogické výzkumy zaměřené na to, jak vnímají strukturu sluneční soustavy studenti a žáci různého věku, dospěly k závěru, že vytvoření správné představy třírozměrného rozmístění hvězd a dalších astronomických objektů v prostoru je poměrně náročné a obtížné, často se setkáváme s řadou mylných představ (např., že hvězdy v souhvězdí jsou „u sebe“ v přibližně stejné vzdálenosti). Jednou z příčin obtíží je i to, že představa velkých astronomických vzdáleností ke hvězdám přesahuje běžná měřítka, s nimiž se setkáváme v každodenním životě.

Tato bakalářská práce se zabývá tvorbou 10 modelů souhvězdí severní oblohy respektující vzdálenosti jednotlivých hvězd ve vhodném měřítku. V dnešní době je možno grafické 3D modely, následně použít v tzv. rozšířené realitě (augmented reality) pomocí

vhodného software a prohlížet je na mobilních zařízeních (tablety, smartphony). Díky snadné interakci s grafickými objekty (přiblížení, otáčení apod.) věříme, že by získaná představa o souhvězdích mohla být ještě realističtější. Text může také posloužit jako návod pro případné pokračování ve tvorbě dalších podobných modelů.

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu bakalářské práce Mgr. Lukáši Richterkovi, Ph.D za odborné vedení a konzultování bakalářské práce, za veškerý čas, který této práci věnoval a především za cenné rady, které poskytl při tvorbě této práce.

1 Hvězdy

Hvězdy, jakožto zářící body na noční obloze, zajímaly lidstvo od počátku věků. Chceme-li však hovořit o vědeckém pochopení těchto vesmírných těles, musíme začít zhruba v 6. století před naším letopočtem v antickém Řecku. Do této doby se datují počátky astronomie (z řeckého *ástron* – hvězdy či nebeský objekt a *nomos* – zákon) [2]. Jak je vidět z etymologie názvu, astronomie je věda zabývající se hvězdnými zákony; čerpá z matematiky, fyziky a částečně i filozofie. Pythagorejská škola dala zrod myšlence o dokonalosti našeho světa, nutno podotknout, že tato myšlenka přetrvávala ve filozofii po dlouhá staletí a stala se i hlavní ideou Leibnize a jeho žáků – říká, že náš svět je nejdokonalejší ze všech možných světů a vše, co se v něm nachází, musí logicky být taktéž dokonalé. Dokonalým tělesem se zdála být koule – Země tedy byla v očích antických Řeků dokonale kulatá, tomuto názoru přispívalo i pozorování stínu Země při zatmění Měsíce. V nejstarších modelech vesmíru Slunce a hvězdy svým pohybem opisovaly kruhovou trajektorii. Tuto myšlenku zastával především Thales z Milétu. Jeho žák Aristoteles hvězdám a planetám přiřadil sférické pohyby, které vysvětlil pomocí tzv. primárního hybatele, zvláštní rotující sféry za sférou nehybných hvězd. Jakkoliv se mohou zdát tyto teorie jednoduché, je nutno připomenout, že i přes minimum vědeckých přístrojů byli například Egypťané schopni vypočítat hmotnost Země, Slunce a Měsíce jen pouhým pozorováním. Všechny tyto teorie tedy společně daly základ vědě, díky které jsme dnes schopni studovat tělesa od nás vzdálená tisíce světelných let [2]. A daly zrod novému oboru, známému jako astrofyzika, který je spojením astronomie a fyziky a zabývající se fyzikálními vlastnostmi astronomických těles, jako jsou např. svítivost, průběh hustoty, teploty nebo jejich chemické složení.

Je zřejmé, že prvním „přístrojem“ používaným k pozorování hvězd byly lidské oči. Již zmínění řečtí astronomové sledovali nebe a zapisovali si, co vidí. Postupně však dospěli k pochopení, že lidské oko je příliš slabé pro poznání takto vzdálených objektů a začali sestavovat různé astroláby a poté i složitější přístroje obsahující optické čočky–dalekohledy. S vývojem optiky se postupně zlepšovaly i samotné dalekohledy. Před vlastním zdokonalováním optických čoček byla snaha vylepšit dalekohledy zvětšením pro dosažení větší ohniskové vzdálenosti objektivu a tím i větší zvětšení pozorovaného objektu. Posléze přišla myšlenka využití odrazných ploch jakožto objektivů. Nejpřínosnější nakonec bylo vylepšení zrcadel, jakožto odrazných ploch, skleněnými pláty, na které byly nanесeny tenké vrstvy stříbra nebo hliníku [3]. Ke skutečnému rozvoji a zdokonalování spektroskopických metod došlo ve 20. století. Jedná se o metody, při kterých bylo z elektromagnetických složek

záření možno získat informace o povrchu hvězd, o jejich pohybu vůči nám či o její vlastní rotaci.

Dnes můžeme říct, že hvězda je vesmírné plazmové těleso převážně kulovitěho tvaru, které má vlastní zdroj viditelného záření a drží ho pohromadě jeho vlastní gravitace. Hmotnosti takovýchto těles se pohybují od $0,013 M_{\odot}$ (hmotnost Slunce), do hmotnosti stovek sluncí [4]. Jako příklad můžeme uvést třeba AB Doradus C, jenž je součástí čtyřhvězdného systému v souhvězdí Mečouna a její hmotnost je asi $0,089 M_{\odot}$. Naopak např. hvězda Eta Carinae (η Car), velmi velká, jasná proměnná hvězda v souhvězdí Lodního kýlu má hmotnost asi 100 až 150krát větší, než hmotnost Slunce [5].

K popisování astronomických objektů je nejdříve potřeba vymezit několik základních pojmů a veličin, které budeme nadále používat. Jsou jimi velikost, hmotnost, výkon nebo astronomické dálkové jednotky.

Hvězdy jsou v různých astronomických katalozích zpravidla řazeny do tříd dle hvězdné velikosti, jejíž jednotkou je magnituda (mag). Avšak hvězdná velikost nám neříká nic o skutečné velikosti hvězdy z hlediska rozměrů. Pouze můžeme říct, že je-li rozdíl dvou hvězd např. 5 magnitud, víme, že jedna je 100krát jasnější oproti druhé. Z toho mimo jiné vyplývá, že rozdíl jasností dvou objektů lišících se o 1 mag je $\sqrt[5]{100}$ [6]. Již z této definice je zřejmé, že velikost hvězdy je úzce spjata s jasností, která nám popisuje hustotu světelného toku. Jednotkou je lumen na metr čtvereční (lm/m^2), neboli lux (lx). Vztah mezi těmito dvěma veličinami popsal anglický pozorovatel N. Pogson roku 1856 ve svém článku o jasnostech Pogsonovou rovnicí [6]. Hvězdná velikost může být po matematických úpravách vyjádřena:

$$m = -2,5 \log \frac{j}{j_0}, \quad (1)$$

kde m je tzv. zdánlivá hvězdná velikost. Zdánlivá proto, že udává, jak jasná se jeví hvězda při pozorování ze Země, avšak neřeší její konkrétní vzdálenost, proto se určuje i tzv. absolutní hvězdná velikost M , která udává hvězdnou velikost ze vzdálenosti 10 pc od Země [7]. Veličiny j a j_0 popisují jasnosti hvězd, kde $j_0 = 2,54 \cdot 10^{-6}$ lux, značí jasnost objektu s nulovou hvězdnou velikostí, $m_0 = 0$ mag [6]. Naproti tomu, např. Vega ze souhvězdí Liry má hvězdnou velikost 0,03 mag [8]. Je důležité si uvědomit, že hvězdná velikost roste s klesající svítivostí. Z toho vyplývá, že nejjasnější hvězdné objekty mají nejmenší hvězdnou velikost, která může dosahovat i záporných hodnot. Např. Slunce má -26,6 mag, Měsíc v úplňku má -12,6 mag a Venuše má -4,4 mag [8].

Hmotnost je jednou ze základních veličin SI soustavy, jejíž jednotkou je kilogram (kg). S ohledem na skutečnost, že astronomická tělesa jsou mnohonásobně těžší než objekty v běžném životě, jejich hmotnost se zpravidla neudává v kilogramech, ale je vztažena na nominální hodnoty hmotnosti Slunce ($M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30}$ kg), popřípadě Jupiteru ($M_J = 1,899 \cdot 10^{27}$ kg) nebo Země ($M_Z = 5,974 \cdot 10^{24}$ kg) pro méně hmotné objekty [6]. Určování hmotností vesmírných těles je řešeno pomocí gravitačního zákona a Keplerových zákonů. Obecně je známo, že vesmírná tělesa jsou zkoumána na dálku. K tomuto účelu je využito pozorování záření, které je emitováno objekty do okolí. Veličina zářivý výkon, vyjádřena rovnicí [9]

$$L = 4\pi r^2 F, \quad (2)$$

popisuje množství vyzárené energie ve všech vlnových délkách za jednotku času, tudíž může být použita pro dobrý popis zářících těles. Veličina F v rovnici (2) popisuje hustotu zářivého toku (W/m^2), r vzdálenost zdroje. Jednotkou zářivého výkonu je watt (W) a stejně jako hmotnost může být také vyjádřena pomocí nominální hodnoty zářivého výkonu Slunce, která byla roku 1997 na Valném shromáždění IAU definována na hodnotu $L_{\odot} = 3,846 \cdot 10^{26}$ W [9]. Avšak určování zářivého výkonu pomocí vzdálenosti je obtížné, protože naprostá většina objektů je v přílišné vzdálenosti, stejně tak určit hustotu zářivého toku přicházejícího od hvězd je náročné, zpravidla se jedná o velmi nízké toky, které je nutno registrovat v celém rozsahu elektromagnetického spektra. Avšak pomocí 3. Keplerova zákona byl objeven vztah, který popisuje závislost mezi zářivým výkonem L a hmotností hvězdy M [9]

$$L = a \cdot M^b, \quad (3)$$

kde a, b jsou konstanty.

Astronomové pro svou práci museli kromě volby vhodných jednotek veličin jako je hmotnost nebo velikost používat vhodné jednotky vzdálenosti. V běžném životě se pracuje s jednotkou, která patří mezi 7 základních jednotek SI – metr (m). Ukazuje se, že pro popsání kosmických těles jsou tyto základní jednotky nedostačující, natož pro popis vzdáleností mezi jednotlivými objekty. Z tohoto důvodu byly základní jednotky rozšířeny o odvozené.

Těmi jsou:

- „Astronomická jednotka (au, dříve také AU, a.j.) je definována jako střední vzdálenost Země od Slunce. Její hodnotu stanovila Mezinárodní astronomická unie na Valném shromáždění v roce 2012 na 149597870700 metrů. Také doporučila označení astronomické jednotky „au“.
- Světelný rok (ly, dříve také sv.r.) vyjadřuje vzdálenost, kterou světlo, šířící se vakuem, urazí za 1 rok. Přesná hodnota je $1 \text{ ly (sv.r.)} = 63241 \text{ au} = 9460730472580800 \text{ m}$. Výjimečně se používá i podobně zavedených menších délkových jednotek jako světelný den, světelná hodina atd. Světelný rok se využívá hlavně při popisu vzdáleností ve světě hvězd.
- Parsek je nejdelší astronomickou jednotkou délky definován jako vzdálenost, ze které lze vidět úsečku o délce 1 astronomické jednotky (postavenou kolmo k zornému paprsku) pod úhlem $1''$ [6, str.28].

1.1 Stavba hvězd

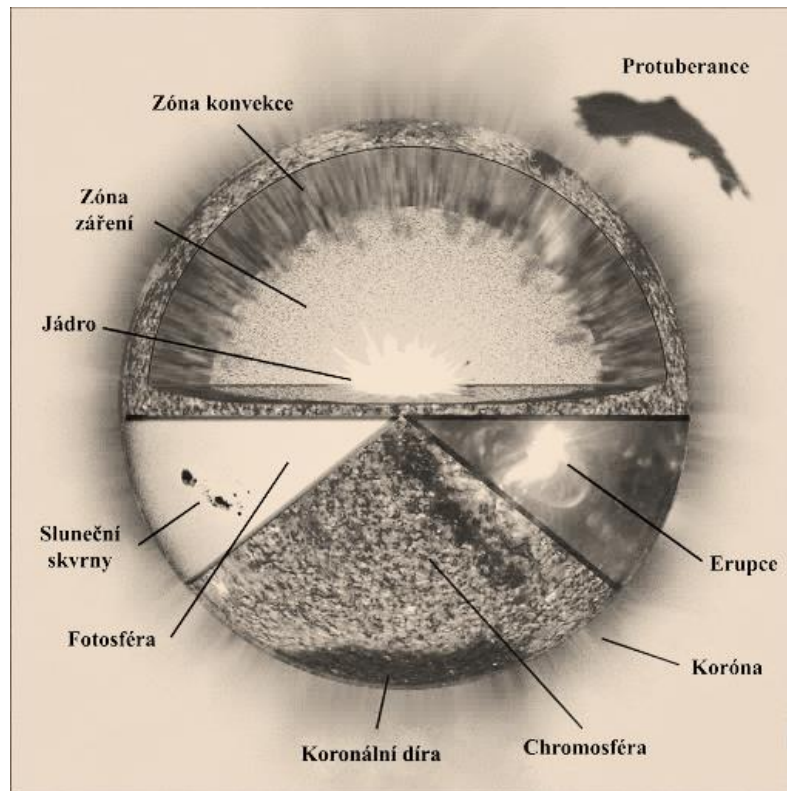
V dnešní době máme dostatek informací o povrchu hvězdy, tzv. fotosféře, hlouběji však ani nejlepší přímé optické pozorovací přístroje nevidí. Fotosféra přitom zaujímá jen velmi malou část (asi jednu deseti-miliardtinu) hmoty, zbytek je schován pod ní [10].

Máme však několik pozorovatelných charakteristik, které napomáhají při studiích toho, co se nachází pod fotosférou. Jedná se o hmotnost hvězdy a svítivost hvězdy, které nám popisují množství energie, jenž hvězda vyzařuje za jednotku času. Další velmi podstatnou charakteristikou je též poloměr hvězdy udávající její prostorovou velikost (přímé stanovení interferometrem, pokud je to možno).

K dispozici jsou i jiné než pozorovatelné údaje, které přispívají ke studiu nitra hvězd, jako např. chemické složení, tlak a teplota hvězdného povrchu. Jedná se o veličiny popisující povrch, avšak mohou být východiskem při výpočtu vnitřní struktury hvězdy.

K prozkoumávání hvězd, dále napomáhá helioseismologie, která využívá informací zvukových vln pronikajících hmotou hvězdy. První, kdo se zabýval studiem těchto vln na Slunci byl Robert Leighton který pozoroval charakteristickou periodu 5 minut [11]. Následující zkoumání ukázalo, že frekvenci oscilací ovlivňuje mnoho faktorů, například rychlost zvuku, hustota materiálu nebo úhlová rychlost rotace. Přesnější metody měření dovolily následně prozkoumávat nitra i jiných hvězd než jen Slunce. Dokonce bylo zjištěno, že nitra se u jednotlivých hvězd liší. Obecně řečeno, každá má jádro, které dosahuje teplot milionů až miliard kelvinů. Zde se zpravidla přeměňuje energie, která je následně ve formě

elektromagnetických vln vyzářena z centrálních oblastí přes konvektivní zónu až na povrch a poté dál do prostoru (obr. 1 [12]).



Obrázek 1: Stavba hvězdy

Právě elektromagnetické záření, šířící se z hvězd nám může poskytnou mnohé informace. Jedná se o záření složené z elektrické a magnetické složky, které jsou na sebe navzájem kolmé a současně jsou kolmé ke směru šíření. Velmi důležitou charakteristikou tohoto záření je polarizace. U nepolarizovaného záření je rovina kmitů elektrické složky náhodná. Kosmické zdroje záření generují vlnění s rozličnou polarizací, jelikož se převážně jedná o tzv. tepelné zdroje, je jejich záření převážně nepolarizované. Při průchodu mezihvězdným prostředím se světlo hvězd může změnit na polarizované. Tato skutečnost však popisuje spíše vlastnosti prostředí než samotný zdroj záření. Avšak znalost této skutečnosti může napomáhat ke zjištění vzdálenosti dotyčného objektu [3].

1.1.1 Nitro hvězd

Uvnitř hvězdy se nachází obrovský počet částic (zhruba 10^{57}) [10], které drží pohromadě gravitace, stejně jako veškerou hmotu (plazmu, degenerovanou plazmu, neutronový plyn aj.). Proti gravitačnímu stlačování působí tlak plynů. Pomocí Newtonových gravitačních zákonů lze vypočítat, že spodní mez průměrného tlaku na jeden cm^2 v nitru Slunce je $6,7 \cdot 10^{14}$ Pa, což odpovídá $7 \cdot 10^8$ atmosfér [10]. Spodní mez proto, že tlak není všude stejný, neboť směrem

ke středu stoupá koncentrace plynů. Je možno dokázat, že přitažlivá síla v kouli je přímo úměrná koncentraci plynů [10].

Slunce je z největší části složeno z vodíku. Známe-li hmotnost a velikost hvězdy, lze dopočítat její průměrnou hustotu (např. pro Slunce $1,41 \text{ g/cm}^3$). Víme-li, že vodík se v nitru nachází jako plyn, můžeme ze známé hustoty a pomocí stavové rovnice plynů [10] vypočítat i teplotu.

$$p = n \cdot k \cdot T, \quad k = \text{Boltzmanova konstanta.} \quad (4)$$

Z těchto poznatků vyplývá, že průměrná teplota Slunce je 3 miliony stupňů [10]. Avšak, jedná se pouze o průměrnou teplotu. Kolem středu hvězdy je hodnota podstatně vyšší. Budeme-li konkrétně uvažovat hmotnost Slunce, $M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ a hmotnost protonu $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, pro výpočet průměrné teploty T v nitru Slunce [13]:

$$\frac{3}{2} kT = \frac{G m_p M_{\odot}}{R}, \quad (5)$$

kde $k = 1,381 \cdot 10^{-21} \text{ J/K}$ je Boltzmanova konstanta, $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ je gravitační konstanta a $R = 6,955 \cdot 10^8 \text{ m}$ je poloměr Slunce. Dosazením získáme hodnotu pro teplotu v nitru Slunce $T = 1,560 \cdot 10^7 \text{ K}$ [13].

Hodnoty teploty v nitru většiny hvězd (zde vypočítané pro Slunce) odpovídají vlastnostem dokonalé plazmy (ionizovaný plyn) tvořené z iontů a volných elektronů, které na sebe působí elektrickou silou na větší vzdálenosti. Samotná ionizace plynu je v nitru hvězdy způsobena za pomoci tepla uvolňovaného termonukleárními reakcemi [14].

Zmíněná rovnice (4) není jedinou, která popisuje fyzikální vlastnosti, popřípadě chemické složení hvězdného nitra. Podobným způsobem lze vyjádřit, že proti gravitaci v každém místě působí stejně velký tlak. Tato skutečnost vychází z podmínky mechanické rovnováhy. Kdyby byla narušena, došlo by ke změnám objemu a zářivosti. Vyšší gravitace by například způsobila smrštění a zvýšení zářivosti, naopak převaha tlaku by zapříčinila opačný proces. Většina hvězd, mezi nimi i Slunce, prožije „svůj život“ v mechanické rovnováze [10].

1.1.2 Atmosféra hvězd

Atmosféra je vnější část hvězdy, která je mnohem rozsáhlejší, než nitro a zahrnuje fotosféru, chromosféru a korónu (viz obr. 1). Přesto např. u Slunce tvoří pouze jednu deseti-miliardtinu

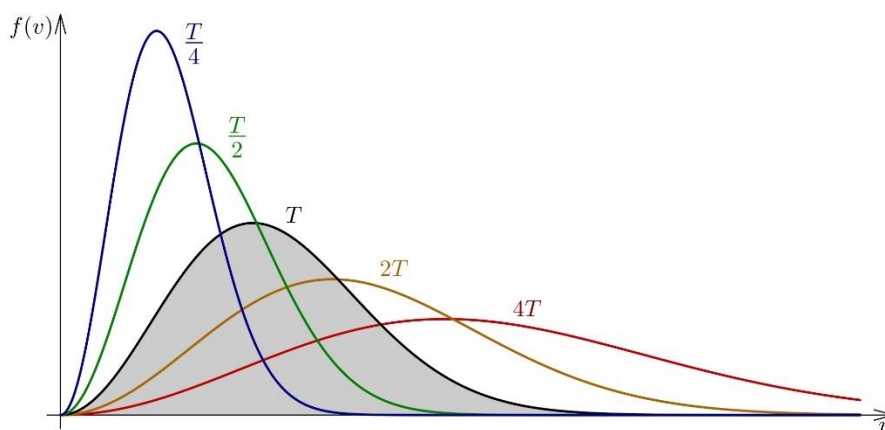
celkové sluneční hmotnosti ($10^{30} M_{\odot}$) [14]. Jedná se o viditelnou část, skrz kterou prostupuje elektromagnetické záření z jádra do fotosféry, ze které následně vyzařují fotony. Ve fotosféře se totiž volné elektrony rekombinují s neutrálními vodíkovými atomy za vzniku záporného iontu vodíku a fotonu [10].



kde označení $h\nu$ reprezentuje energii fotonu. Rychlosti elektronů jsou rozloženy podle Maxwellova rozdělení (viz graf 1), a proto se jejich kinetické energie budou lišit. Z toho vyplývá, že budou různé i energie fotonu $h\nu$. Jelikož h je konstanta, bude rozlišná energie zapříčiněna rozdílnými frekvencemi (vlnovými délkami) záření.

Pod fotosférou se nacházejí tzv. konvektivní proudy. Ty zapříčiňují řadu dění na Slunci (např. sluneční skvrny). Vrcholy konvektivní vrstvy připomínají granule, bez kterých by se povrch Slunce (i jiných hvězd) zdál být hladký. Úplná absence vrstvy by zřejmě měla za následek, že by nebylo možno pozorovat děje, jako je sluneční vítr, polární záře, proudy žhavého plynu v koróně nebo plazmové výrony [10].

Teplota směrem od středu klesá, což je příčinou neustálého toku energie. Do určité vzdálenosti se přenos děje zářením, poté klesá teplota natolik, že přenos zářením se stává méně efektivním, než přenos konvekcí. Hnací silou konvekce je vztlak.



Graf 1: Maxwellovo rozdělení rychlostí částic

Max Planck ve svém popisu šíření energie předpokládal, že se elektromagnetické záření šíří nespojitě, v tzv. kvantech, jejichž energie má velikost $h\nu$. Veličina h je Planckova konstanta, která má hodnotu $6,626 \cdot 10^{-34}$ J [14]. V astrofyzice se Planckova zákona pro

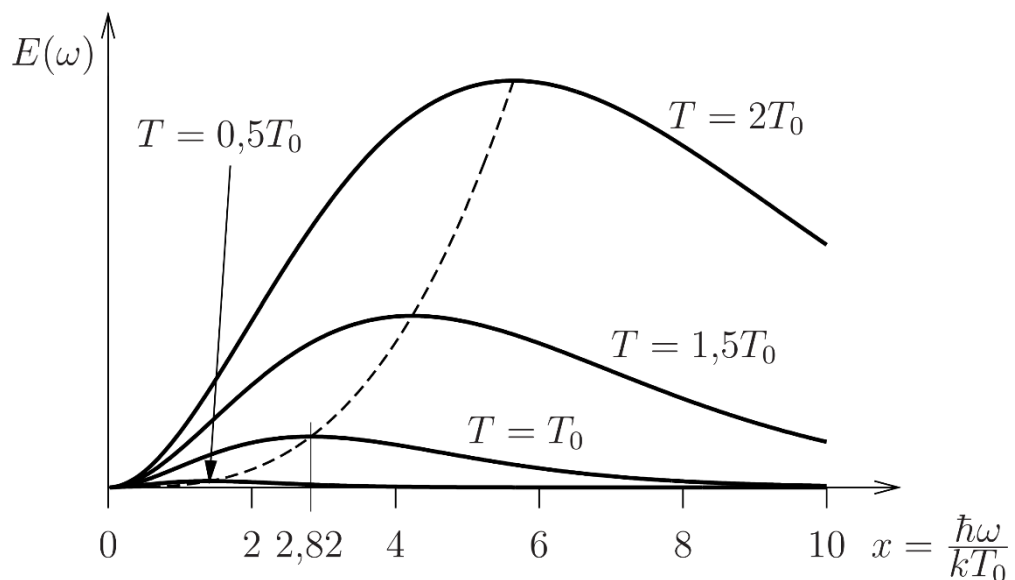
spektrální hustotu vyzařování (7), (viz graf 2) využívá při popisu šíření záření z hvězdy, které můžeme považovat za černé těleso [15].

$$E(\omega) = \frac{\hbar}{\pi^2 c^2} \frac{\omega^3}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1}, \quad (7)$$

kde T je teplota absolutně černého tělesa, $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ je redukovaná Planckova konstanta, $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ je rychlost světla ve vakuu a $k = 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ je Boltzmannova konstanta [14].

Celkový zářivý výkon je pak úměrný čtvrté mocnině teploty T [14]. Maximální vyzařovaný výkon odpovídá maximální frekvenci ω_{max} , která je přímo úměrná teplotě T černého tělesa. Tento vztah je popsán tzv. Wienovým posunovacím zákonem.

Vlnová délka, na kterou připadá největší část vyzářeného výkonu určuje barvu povrchu hvězdy, která se pohybuje od červené, přes žlutou, bílou až k modré, kdy je těleso nejteplejší.



Graf 2: Planckův vyzařovací zákon popisující spektrální hustotu vyzařování

2 Názvy hvězd

Od nepaměti měli lidé sklon dávat známým objektům jména. Stejně tak svůj název dostaly i objekty viditelné na noční obloze. Seskupení hvězd nese zpravidla název dle toho, čemu je podobné. Z historických pramenů můžeme zjistit, že některé národy měly svá pojmenování odlišné oproti jiným, ale bylo zřejmé, o které seskupení se jedná.

Pojmenovávání hvězd je komplikovaný proces. Každá může nést mnoho jmen, dle toho, který astronom a kdy ji zrovna pojmenovával. Nejdříve dostávaly svá jména nejjasnější hvězdy. Například starověcí Řekové pojmenovali nejjasnější hvězdu naší oblohy *Sírius*; původ slova je *sérios*, což může být přeloženo jako blikající, nebo mihotající. Přesně taková se jim tato hvězda zdála—viděli ji jako mihotající se světélko někde v dáli. Sírius není jediné jméno této hvězdy, je známa též jako *Canicula*, *Psí hvězda* nebo *Aschere*. Většina názvů pochází z arabštiny.

Počátkem 17. století si Johann Bayer, německý astronom a právník, uvědomil, že je potřeba popsat i další, nejen nejjasnější, hvězdy. Roku 1603 vydal atlas hvězdné oblohy *Uranometria*, ve kterém zavedl značení pomocí malých písmen řecké abecedy. Jednotlivá souhvězdí rozdělil do několika tříd dle zdánlivé velikosti. Písmena přiřazoval dle zdánlivé jasnosti (nejjasnější hvězda v souhvězdí má název α , následující β , analogicky jsou pojmenovány i další). Toto označení se využívá i dnes. Pro lepší přehlednost je ke každému písmenu přidána zkratka složená zpravidla ze tří písmen latinského názvu souhvězdí. Tudíž nejjasnější hvězda souhvězdí Kasiopeji, *Shedir*, se značí α Cas.

Řecká abeceda má „pouze“ 24 písmen, což je pro toto využití ne zcela dostačující. Proto další hvězdy Bayer začal popisovat malými písmeny latinské abecedy, která obsahuje dalších 26 písmen. Tímto postupem lze popsat 50 hvězd, dalších 26 pak velkými písmeny z latinky. Bayerovo značení je využito i v našich modelech.

Z počátku 18. století pracoval na novém katalogu, *Historia Coelestis Britannica*, anglický astronom John Flamsteed. Zavedl značení hvězd čísly, která přiděloval dle vzrůstající rektascenze (viz str. 18). Bylo v něm však mnoho chyb, proto jím uvedená čísla o skutečné poloze hvězdy moc neprozradí [3].

3 Souřadnice a transformační vzorce

V astronomii je velmi potřebné umět popsat polohu objektu na nebeské sféře z místa pozorovatele, což v naprosté většině případů bývá nějaké místo na Zemi. S ohledem na geometrii se využívá některý typ sférické soustavy souřadnic.

Kolem Země může být opsána pomyslná koule s velmi velkým poloměrem, která se nazývá nebeská sféra. Tato koule, stejně jako povrch planety Země, se dá rozdělit pomocí několika kružnic, jenž jsou označeny jako hlavní a vedlejší. V zeměpisných souřadnicích je hlavní kružnicí rovník, kružnice rovnoběžné s rovinou rovníku se nazývají rovnoběžky, které se směrem k poledníkům zmenšují a jsou označovány jako vedlejší kružnice.

Kolmo k rovině rovníku se nachází druhá hlavní kružnice, respektive půlkružnice, která se nazývá poledník a prochází zemskými póly. Hlavní poledník nese dle dohody z International Meridian Conference, konané 1884 ve Washingtonu, název nultý poledník, ostatní půlkružnice, které prochází póly, jsou tzv. místní poledníky.

Nebeská sféra je rozdělena analogicky podle stejného principu. Hlavní kružnice, procházející rovinou zemského rovníku, se nazývá nebeský rovník a kružnice k ní rovnoběžné se nazývají paralely. Hlavní kružnice spojující nebeské póly (analogie k zemským pólům) se nazývají deklinační kružnice.

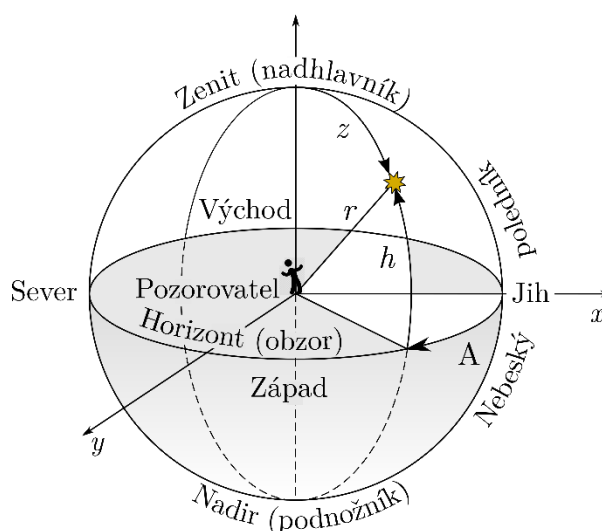
K popsání polohy objektu na povrchu Země používáme místní poledníky, zeměpisnou délku, šířku a vzdálenost od středu Země. U popisování objektů na nebeské sféře je to komplikovanější. Zde zvažujeme více kritérií, dle kterých se volí vhodná soustava. Často používáme sférické souřadnice. Vhodná soustava je volena dle počátku (střed v místě pozorovatele, v hmotném středu Země, hmotném středu Slunce, v hmotném středu sluneční soustavy, v hmotném středu planety, Galaxie apod.) nebo základní roviny a směru (horizont a místní nebeský poledník, nebeský rovník a místní poledník, nebeský rovník a jarní bod, ekliptika a jarní bod, rovina Galaxie a centrum Galaxie) [16].

3.1 Obzorníkové (azimutální, horizontální) souřadnice

System sférických souřadnic, určený tečnou rovinou k povrchu Země v místě pozorování, která protíná s nebeskou sférou kružnicí nazývanou místní horizont neboli obzor [17,18]. Počátkem obzorníkových souřadnic je brán severní bod. Základní směr (směr osy x) je určen pomocí místního horizontu a roviny místního poledníku, osa x přitom směřuje na jih. Kružnice, která vznikne jako průsečnice těchto dvou rovin, se nazývá meridián (kružnice

procházející nadhlavníkem (zenitem), podnožníkem (nadirem) a zároveň nebeskými póly). Osa y směřuje k západnímu bodu obzoru, soustava je tudíž levotočivá.

Poloha objektu se v této soustavě určuje dvěma úhlovými souřadnicemi, azimutem a (úhlovou) výškou nad obzorem. Azimut, měříme od jihu směrem na západ, popisuje úhel, který spolu svírá vertikál (kružnice procházející nadhlavníkem a podnožníkem) procházející nebeským objektem, a meridián. Druhá souřadnice, výšková, je tzv. výška nad obzorem, což je úhel mezi kružnicí procházející pozorovaným bodem, tzv. almukantarátem (kružnice rovnoběžné s obzorem) a právě obzorem. V některých případech, je výhodné místo výšky nad obzorem zavést tzv. zenitovou vzdálenost z . Osa z v této soustavě směřuje k zenitu (viz obr. 2) [17;18].



Obrázek 2: Obzorníkové souřadnice, A -azimut, h -výška nad obzorem, z -zenitová vzdálenost

Polohový vektor \mathbf{r} v obzorníkových souřadnicích se pak dá zapsat:

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} r \cos h \cos A \\ r \cos h \sin A \\ r \sin h \end{pmatrix} \quad (8)$$

3.2 Rovníková (ekvatoriální) soustava 2. druhu

System sférických souřadnic, jehož základní rovinou je rovina zemského rovníku kolmá k ose rotace Země, která v jednom z průsečíků s rovinou ekliptiky udává základní směr osy x směřující k jarnímu bodu γ . „To je bod, ve kterém se nachází na nebeské sféře Slunce v okamžiku jarní rovnodennosti (většinou 20. března; ve starých učebnicích psáno ještě 21.3.)“ [19 str. 22]. Tento bod je určen průsečíkem nebeského rovníku a ekliptiky

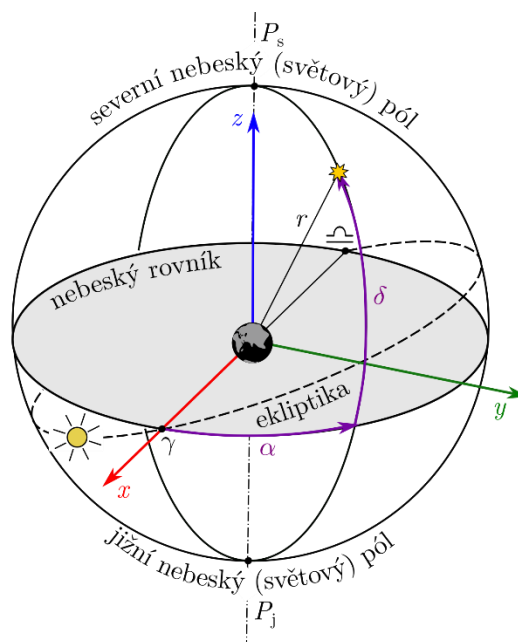
(viz obr. 3). Poloha objektu se v rovníkové soustavě 2. druhu určuje dvěma souřadnicemi, rektascenzí a deklinací, osa z směřuje k severnímu pólu [17,18].

Rektascenze

„Rektascenze α je úhel, který svírá rovina procházející oběma světovými póly (P_s, P_j) a tělesem s rovinou procházející póly a jarním bodem; během pozorování se nemění. Měří se proti směru denního pohybu oblohy a vyjadřuje se nejčastěji v časové míře (od 0 h do 24 h), nebo ve stupních (od 0° do 360°).“ [18, str. 22]

Deklinace

„Deklinace δ je úhel, který měříme na deklinační kružnici od roviny světového rovníku k tělesu. Počítá se od 0° do 90° (na severní polokouli kladně, na jižní záporně).“ [18, str. 22]



Obrázek 3: Znáornění deklinace δ , rektascenze α a jarního bodu γ

Polohový vektor \mathbf{r} v rovníkových souřadnicích 2. druhu se pak dá zapsat:

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} r \cos \delta \cos \alpha \\ r \cos \delta \sin \alpha \\ r \sin \delta \end{pmatrix} \quad (9)$$

Nutno podotknout, že tato soustava rotuje s hvězdami [17].

3.3 Transformační vzorce

Poloha objektu na obloze, jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, je popsána ve sférické soustavě, konkrétně v tomto textu, podobně jako v katalogích nebo astronomických

programech, vycházíme z rovníkových astronomických souřadnicích 2. druhu. Avšak pro účely této práce a vykreslení 3D modelů souhvězdí je nutný přechod do kartézských souřadnic. K tomu se využívají tzv. transformační rovnice.

K přechodu od rovníkových astronomických souřadnic ke kartézským souřadnicím používaným pro naše modely budeme vycházet ze vztahu (9), který vyjádříme ve tvaru:

$$\begin{aligned}x &= r \cos \delta \cos \alpha, \\y &= r \cos \delta \sin \alpha, \\z &= r \sin \delta,\end{aligned}\tag{10}$$

kde r značí vzdálenost hvězdy od místa pozorovatele, δ deklinaci a α rektascenzi hvězdy.

Z transformačních vztahů můžeme také vyjádřit závislost viditelnosti objektů nebeské sféry na zeměpisné šířce. Hvězdy, které nazýváme tzv. *cirkumpolárními*, nikdy nezajdou pod horizont a platí pro ně vztah:

$$\delta > 90^\circ - \varphi,\tag{11}$$

naopak objekty, které mají deklinaci vyjádřenou vztahem:

$$\delta < -90^\circ + \varphi,\tag{12}$$

nejsou ze zeměpisné šířky φ viditelné. Ostatní objekty na obloze opíší nad horizontem tzv. *denní oblouk*, jinak řečeno, vycházejí a zapadají [17].

3.4 Přepočítání souřadnic

Na příkladu jedné konkrétní hvězdy ukažme přechod od rovníkových astronomických souřadnic ke kartézským souřadnicím, používaným při vytváření 3D modelů souhvězdí.

Jako příklad zvolme hvězdu Segin (ϵ Cas), která je součástí souhvězdí Kasiopeja. Z programu *Stellarium* (viz kapitola 4) jsme zjistili, že její rektascenze $\alpha = 1$ h 55 min 23, 80 s, deklinace $\delta = 63^\circ 40' 12,9''$ a vzdálenost $r = 411,81$ ly.

Pro následující výpočty je nutno připomenout základní převod jednotek, při práci s úhly.

$$1^\circ = 60' = 3600'', \quad (13)$$

$$1 \text{ s} = 15/3600^\circ \cong 0,00417^\circ, \quad (14)$$

$$24 \text{ h} = 360^\circ, \quad (15)$$

$$1 \text{ h} = 15^\circ, \quad (16)$$

$$1 \text{ min} = 15/60^\circ = 0,25^\circ. \quad (17)$$

Po úpravě je tedy rektascenze α je rovna $28,60^\circ$, deklinace δ $63,67^\circ$.

Po dosazení do transformačních rovnic (12) dostáváme:

$$\begin{aligned} x &= 411,8 \cdot \cos(63,67) \cdot \cos(28,60) \text{ ly}, \\ y &= 411,8 \cdot \cos(63,67) \cdot \sin(28,60) \text{ ly}, \\ z &= 411,8 \cdot \sin(63,67) \text{ ly}, \end{aligned} \quad (18)$$

z čehož vyplývá:

$$\begin{aligned} x &= 160,3 \text{ ly}, \\ y &= 87,43 \text{ ly}, \\ z &= 369,0 \text{ ly}. \end{aligned} \quad (19)$$

Nutno připomenout, že pro hvězdu nebo objekt se zápornou hodnotou deklinace, vyjde záporná i hodnota souřadnice ve směru z .

Pro přepočítání souřadnic byl použit tabulkový kalkulátor *Excel*.

4 Stellarium

Název odvozený z latinského slova *stella*, čili hvězda, nám napovídá, že jde o program zabývající se nebeskými tělesy. Tento celosvětově používaný nástroj je dostupný jako open source počítačové planetárium, které lze získat bezplatně na internetu, otevřít si online v prohlížeči a dokonce je dostupné v podobě mobilní aplikace.

Jedná se o program zobrazující, kromě oblohy podle aktuální polohy, také pohled ze zvoleného místa na Zemi či jiné planetě, některém Měsíci z komety nebo planety. Vesmír je možno sledovat v reálném i libovolném čase. Základní katalog obsahuje zhruba 600 000 hvězd a 80 000 objektů vzdáleného vesmíru. Další rozšíření nám poskytuje až 177 milionů hvězd a více než 1 milion objektů [20]. Z tohoto důvodu je Stellarium hojně využíváno laickými astronomy, ale i profesionály v oboru, a to i díky možnosti poskytnout široký souhrn podrobných informací v přehledné podobě.

Uživatelské rozhraní je velice intuitivní. Nabízí volbu denní, popřípadě noční oblohy. Pomocí nástroje „*Atmosféra*“ je možno přepínat mezi oblohou pozorovanou ve dne a v noci. Volba oblohy „v noci“ nám umožňuje zkoumat tělesa pohybující se ve vesmíru – hvězdy, planety, objekty vzdáleného vesmíru, meteorické roje a družice.

4.1 Práce ve Stellariu

Po zapnutí programu je pomocí nástroje „*Atmosféra*“ navolen režim tak, aby se zobrazila vesmírná tělesa, přičemž u nejvýznamnějších z nich se nachází i popis s jejich názvem.

V prvním kroku necháme vykreslit spojnice souhvězdí, z nichž se zaměřujeme na ta, která budou dále zpracována. Jedná se o souhvězdí jejichž tvar je vymezen menším počtem hvězd, některá jsou cirkumpolární, některá se nachází podél světového rovníku. Avšak všechna vybraná souhvězdí, zde zpracována, lze alespoň v některé roční době pozorovat v ČR.

V rámci jednotlivých souhvězdí zobrazujeme detailní údaje o nejjasnějších hvězdách, z nichž je dané souhvězdí složeno. Získáváme informace o *vzdálenosti* od pozorovatele, *rektascenzi* a *deklinaci*. Tyto informace se mohou v různých zdrojích v detailech lišit, pro jednoznačnost v této práci vycházíme z dat v programu.

5 Souhvězdí

Aby se lidé v noční obloze lépe vyznali, začali postupně nejzářivějším hvězdám dávat jména. Z pozorovaných hvězd začali vytvářet skupiny, které následně také pojmenovali a vymysleli k nim různé příběhy. Obecně těmto seskupením říkáme souhvězdí. Pojem souhvězdí byl definován Mezinárodní astronomickou unií ve dvacátých letech minulého století. Jednalo se o rozčlenění oblohy na jednotlivé části, ve kterých se již dříve známá souhvězdí nacházela. Toto rozdělení přispělo ke srozumitelnému rozřídění, které objekty patří k danému seskupení.

V následujícím textu je zmíněno 10 souhvězdí severní oblohy. Názvy jsou uvedeny i s latinským překladem a příslušnou zkratkou. U každého souhvězdí je popsán původ jeho pojmenování, přiložen obrázek s mytologickým vyobrazením a sestavena tabulka ve které jsou zahrnuty informace o rektascenzi α a deklinaci δ . Obrázky souhvězdí a základní data v tabulkách byla získávána ze softwaru „*Stellarium*“, obrázky objektů hlubokého nebe pochází z knihy „*Hvězdy*“ [21].

5.1 Kasiopeja

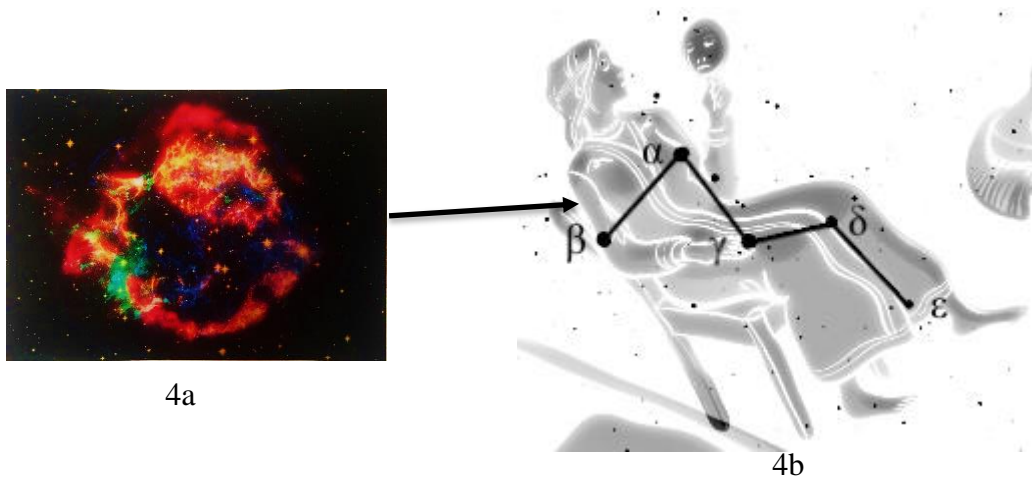
(Cassiopeia, Cas)

Souhvězdí Kasiopeji, nacházející se na severní obloze, dostalo svůj název podle bájně řecké královny Kasiopeji. Tvarem tato hvězdná konstelace připomíná písmeno M respektive W (viz obr. 4b). Převrácená podoba písmen je odkazem na vyvrcholení báje, ve které je z rozhodnutí Dia Kasiopejiným trestem za sebechválu viset na obloze půl roku vzhůru nohama [22].

Model souhvězdí v této práci se skládá z 5 nejjasnějších hvězd: Segin, Ruchbah, Navi, Shedir a Caph (viz tab. 1), z nichž předposlední jmenovaná, Shedir, je proměnnou hvězdou s kolísající svítivostí. Pojmenování Shedir (také Shedar) pochází z arabštiny, v níž znamená ňadro—symbolizuje polohu hvězdy v místě Kasiopejina srdce [23].

V blízkosti tohoto souhvězdí se nachází pozůstatek výbuchu supernovy, tzv. Tychova hvězda. Nese název po významném objeviteli Tycho de Brahem, který ji ve své době, roku 1572, několik měsíců pozoroval na noční obloze jakožto nejjasnější hvězdu. Dalším pozůstatkem výbuchu supernovy, je např. Cassiopa A (viz obr. 4a), která je dnes nejsilnějším rádiovým zdrojem na obloze [21]. Šipka na obrázku ukazuje na přibližné místo, kde se tento útvar v souhvězdí nachází.

Pro zeměpisnou šířku Olomouce $\varphi = 49,59^\circ$, je rozdíl $90^\circ - \varphi < \text{deklinace hvězd Kasiopeji}$, vidíme tedy, že jde o cirkumpolární souhvězdí.



Obrázek 4a a 4b: 4a- Cassiopea A, 4b- souhvězdí Kasiopeja

Tabulka 1: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Kasiopeji do kartézských souřadnic

Kasiopeja		r /ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
Segin	ϵ	411,8	28,60	63,67
Ruchbah	δ	99,41	21,46	60,24
Navi	γ	549,0	14,18	60,72
Shedir	α	228,2	10,13	56,54
Caph	β	54,74	2,300	59,15
		x/ly	y/ly	z/ly
Segin		160,3	87,43	369,0
Ruchbah		45,93	18,05	86,30
Navi		260,3	65,78	478,9
Shedir		123,8	22,13	190,4
Caph		28,04	1,120	47,00

5.2 Velký vůz

(Ursa major, UMa)

Velký vůz je jen částí většího a známějšího souhvězdí Velké medvědice (viz obr. 5b). Název pochází, jako většina ostatních, ze starých řeckých bájí. Příběh o kráse a žárlivosti vypráví o princezně Kallistó, která právě na svou krásu doplatila. Svým vzhledem okouzila samotného Dia, což se nelíbilo bohyni lovu Artemis. Tyto dvě ženy byly věrné přítelkyně, proto nebylo pro Artemis těžké vylákat Kallistó do lesů a nechat ji tam opuštěnou svému osudu. V té době ale princezna už čekala Diova syna Arkase, kterého uprostřed lesů porodila. Nevinného dítěte se zželelo manželce Dia, bohyni Héře, která se malého Arkase ujala. Na manželovu milenkou však seslala kletbu, která ji proměnila v medvědici.

Héra z nevlastního syna vychovala statečného lovce, jehož lovištěm byly okolní lesy, ve kterých se pohybovala i Arkasova vlastní matka v medvědí podobě. Bylo jen otázkou času, než se znovu shledali. Arkas byl připraven medvědici zabít. Na poslední chvíli však tragédii zabránil Zeus, který raději svého syna zaklel také ve zvíře, malého medvěda a poté oba přenesl na oblohu. Od té doby Arkas doprovází svou matku Kallistó. My je vidíme jako Malý vůz, také známý jako Malá medvědice, který doprovází Velkou medvědici.

Souhvězdí, které nazýváme Velkým vozem, bylo dříve pozorováno i jinými národy, než těmi v Antickém Řecku a Římě, dle kterých dodnes nese svůj název. Staří Číňané v něm viděli hrocha, jiným národům zase připomínal naběračku, sedm volů a Arabům ovci. Právě připomínka ovce zůstává i dodnes pro nás skryta v názvu nejjasnější hvězdy Alioth, který v překladu znamená ovčí ocas [21;24].

Základ souhvězdí tvoří 8 nejjasnějších hvězd, kterými jsou Alkaid, Mizar, Alcor, Alioth, Megrez, Phad, Merak a Dubhe (viz tab. 2).

V okolí Velké medvědice je možno vidět mnoho objektů hlubokého nebe. Patří k nim spirální galaxie, známá pod názvem Větrník, Doutníková galaxie (viz obr. 5c) nebo planetární mlhovina M97, která připomíná nočního dravce. Z tohoto důvodu se jí také říká Soví mlhovina. K dalším spirálním galaxiím patří i NGC 3982 (viz obr. 5a), ve které jsou viditelná růžová mračna tvořená vodíkem [21]. Šipky na obrázcích ukazují na přibližná místa, kde se tyto útvary v souhvězdí nachází.

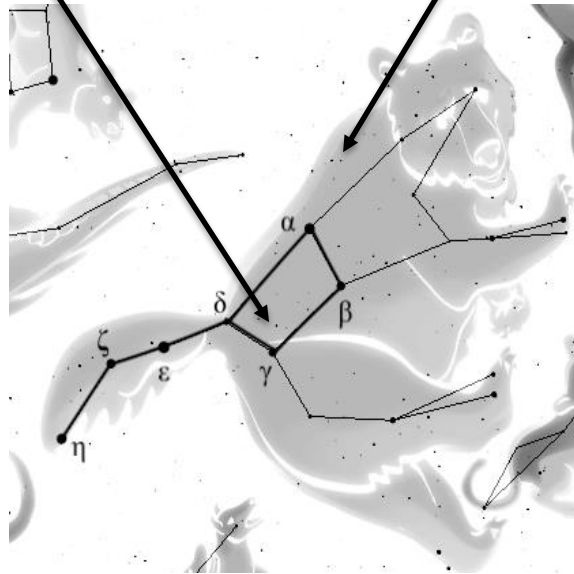
Pro zeměpisnou šířku Olomouce $\varphi = 49,59^\circ$, je rozdíl $90^\circ - \varphi <$ deklinace hvězd Velkého Vozu, vidíme tedy, že jde o cirkumpolární souhvězdí.



5a



5c



5b

Obrázek 5a, 5b a 5c: 5a- spirální galaxie NGC 3982, 5b- souhvězdí Velký Vůz, 5c- Doutníková galaxie

Tabulka 2: Přepočtení rektascenze α a deklinace δ Velkého Vozu do kartézských souřadnic

Velký Vůz		r /ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
Alkaid	η	103,9	206,8	49,31
Mizar	ζ	78,16	200,9	54,93
Alcor		81,72	201,3	54,99
Alioth	ε	82,55	193,5	55,96
Megrez	δ	80,51	183,8	57,03
Phad	γ	83,18	178,4	53,69
Merak	β	79,74	165,4	56,38
Dubhe	α	123,6	165,9	61,76
		x/ly	y/ly	z/ly
Alkaid		-60,44	-30,64	78,82
Mizar		-41,94	-16,08	63,97
Alcor		-43,68	-17,04	66,93
Alioth		-44,93	-10,79	68,40
Megrez		-43,71	-2,950	67,55
Phad		-49,23	1,320	67,03
Merak		-42,73	11,08	66,40
Dubhe		-56,74	14,22	108,9

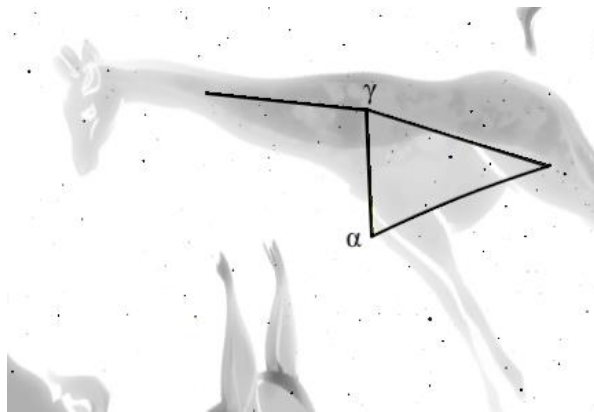
5.3 Žirafa

(Camelopardalis, Cam)

Jedno z nejméně výrazných souhvězdí naší oblohy se nachází mezi Kasiopejou a hlavou Velké medvědice. Jak už sám název napovídá, nenajdeme jeho původ ve starém Řecku. Jako první toto souhvězdí vyznačil a pojmenoval nizozemský teolog a astronom Petrus Plancius, který v roce 1612 kolem několika nevýrazných hvězd obkreslil tvar žirafy (viz obr. 6). Základ tohoto souhvězdí se skládá z 5 hvězd (viz tab. 3). V části zadní nohy žirafy můžeme najít hvězdokupu sestávající se z 45 hvězd, od té se táhne tzv. Kembelova kaskáda – řetězec vzájemně nesouvisejících hvězd, který směřuje až ke Kasiopeji. V blízkosti souhvězdí se také nachází spirální galaxie NGC 2403, kterou lze spatřit již malým dalekohledem [21;24].

Plancius vymezil, vyjma Žirafy, dalších 7 souhvězdí. Na jeho práci následně navázal roku 1624 Jakob Bartsch ve své knize *Usus astronomicus planisphaerii stellati*, ve které jsou jednotlivá souhvězdí zakreslena i v mapách oblohy.

Pro zeměpisnou šířku Olomouce $\varphi = 49,59^\circ$, je rozdíl $90^\circ - \varphi <$ deklinace hvězd Žirafy, vidíme tedy, že jde o cirkumpolární souhvězdí.



Obrázek 6: Souhvězdí Žirafa

Tabulka 3: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Žirafy do kartézských souřadnic

Žirafa		r /ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
HIP 25 110		68,12	80,64	79,23
HIP 17 959	γ	358,8	57,59	71,33
9 Cam	α	6272	73,51	66,34
HIP 18 505		360,7	59,36	63,07
CS Cam		4291	52,27	59,94
		x/ly	y/ly	z/ly
HIP 25 110		2,070	12,56	66,92
HIP 17 959		61,56	96,96	339,9
9 Cam		714,2	2413	5745
HIP 18 505		83,28	140,5	321,6
CS Cam		1315	1700	3714

5.4 Kefeus

(Cepheus, Cep)

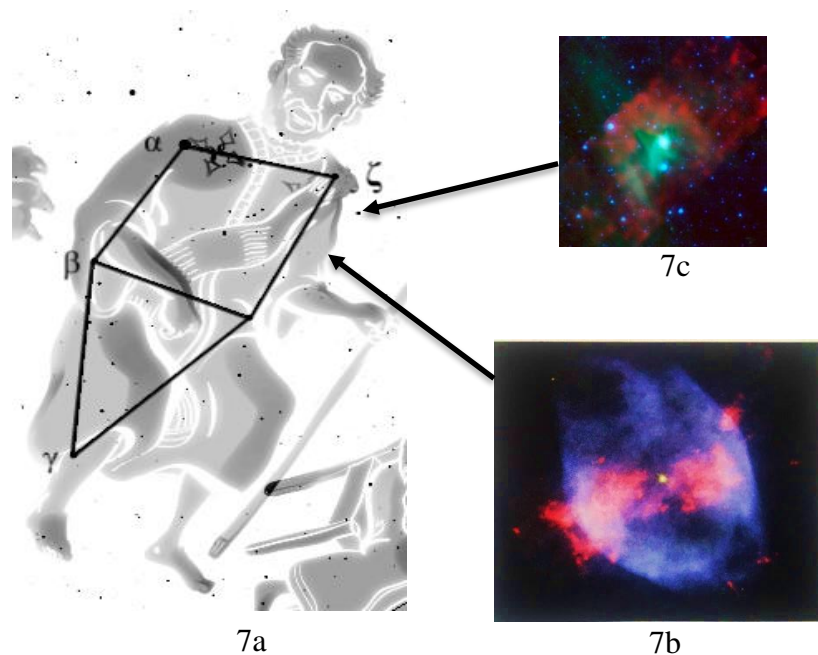
Kdybychom vytvořili spojnici mezi Velkým vozem a Polárkou, našli bychom na této pomyslné čáře několik méně jasných hvězd, které tvoří základ Kefeus. V této práci se dále pracuje s 5 nejjasnějšími hvězdami (viz tab. 4). Tvarem souhvězdí připomíná dům se špičatou střechou (viz obr. 7a).

Z pohledu řecké mytologie byl král Kefeus mužem královny Kasiopeji a otcem krásné princezny Andromedy. Král a královna jsou dodnes na nebeské obloze vedle sebe. Muž v tomto páru měl v řecké mytologii méně významnou roli a možná právě proto jsou mu přiděleny méně výrazné hvězdy, než jeho ženě [21;24].

Kefeus nepatří k nejvýraznějším souhvězdím, avšak jeho součástí je mnoho zajímavých objektů. Nalezneme zde například první objevenou pulzující proměnnou

dvojhvězdu, nesoucí název Delta Cephei (viz obr. 7c, [25]). Jako první ji zaznamenal anglický amatérský astronom John Goodricke v roce 1784. Pozoroval kolísání jejího jasů od hvězdné velikosti 3,5 až po 4,4 každých 5 dní a 9 hodin. Můžeme zde pozorovat další proměnnou hvězdu, která je pro svou výraznou barvu označována jako Granátová hvězda. Jedná se o zářivého veleobra. Nalezneme zde i planetární mlhovinu NGC 7354, jež má modrou vnější slupku, z níž pronikají plyny (na obr. 7b jsou viditelné červeně) [21]. Šipka na obrázku směřuje k přibližné poloze mlhoviny v souhvězdí.

Pro zeměpisnou šířku Olomouce $\varphi = 49,59^\circ$, je rozdíl $90^\circ - \varphi < \text{deklinace hvězd Kefea}$, vidíme tedy, že jde o cirkumpolární souhvězdí.



Obrázek 7a, 7b a 7c : 7a- souhvězdí Kefeus, 7b- planetární mlhovina NGC 7354, 7c- Delta Cephei

Tabulka 4: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Kefea do kartézských souřadnic

Kefeus		r/ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
Errai	γ	46,00	354,8	77,63
32 Cep		115,2	342,4	66,20
21 Cep	ζ	836,3	332,7	58,20
Alderamin	α	49,05	319,6	62,59
Alfirk	β	685,2	322,1	70,56
		x/ly	y/ly	z/ly
Errai		9,810	-0,890	44,93
32 Cep		44,35	-14,05	105,4
21 Cep		391,6	-202,0	710,7
Alderamin		17,21	-14,62	43,54
Alfirk		180,1	-139,8	646,1

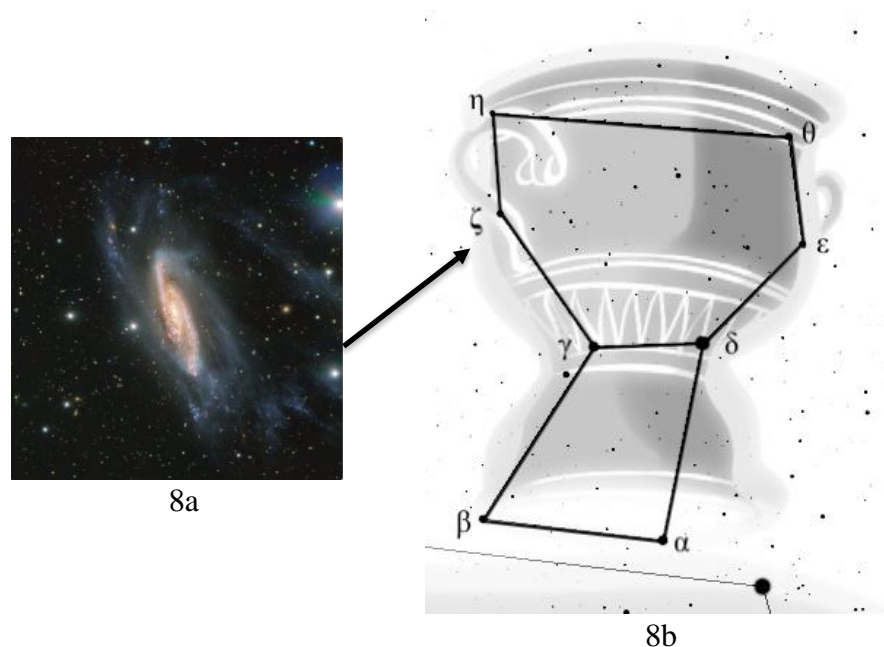
5.5 Pohár

(Crater, Crt)

Toto souhvězdí připomínající kalich se dvěma uchy (viz. obr. 8b) můžeme najít v blízkosti dalších dvou, Havrana a Hydry. Spojitost mezi zmíněnými třemi útvary pochází z báje, dle které měl havran za úkol donést právě v tomto kalichu zázračnou živou vodu pro nejvyššího boha Dia. Havran se ale s úkolem opozdil s výmluvou, že vodní živočich, Hydra, jej nepustil k pramenu. Apollón však zjistil, že to byla lež. Havran místo plnění úkolu pojídal fíky, a tak všechny tři – Havrana, Hydry i Pohár – přenesl vedle sebe na nebeskou oblohu [21;24].

Pohár neobsahuje žádné jasné hvězdy, jeho základ je tvořen 8 hvězdami (viz tab. 5). Z tabulky (5) je patrné, že hvězdy v tomto souhvězdí mají zápornou deklinaci, leží pod nebeským rovníkem na jižní hvězdné obloze, což způsobí při přepočtu zápornou souřadnici z .

V okolí se nachází spirální galaxie NGC 3981 (viz obr. 8a, [26]), která je při pozorování ze Země viděna téměř z boku [21].



Obrázek 8a a 8b: 8a- spirální galaxie NGC 3981, 8b- souhvězdí pohár

Tabulka 5: Přepočtení rektascenze α a deklinace δ Poháru do kartézských souřadnic

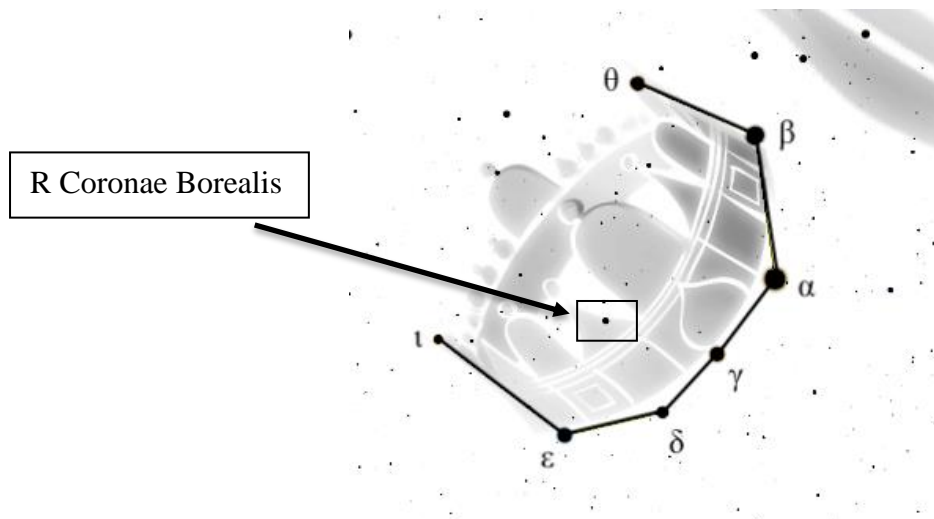
Pohár		r/ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
12 Crt	δ	185,7	169,8	-14,78
14 Crt	ϵ	376,1	171,1	-10,86
21 Crt	θ	280,4	174,1	-9,800
30 Crt	η	251,4	179,0	-17,15
27 Crt	ζ	350,3	176,1	-18,35
15 Crt	γ	82,32	171,2	-17,68
Al Sharasif	β	340,1	167,9	-22,83
Alkes	α	159,1	164,9	-18,30
		x/ly	y/ly	z/ly
12 Crt		-176,7	31,70	-47,38
14 Crt		-365,0	56,82	-70,87
21 Crt		-274,9	28,07	-47,74
30 Crt		-240,2	4,180	-74,16
27 Crt		-331,7	22,09	-110,3
15 Crt		-77,51	11,97	-25,01
Al Sharasif		-306,5	65,63	-131,9
Alkes		-145,9	39,27	-49,98

5.6 Severní Koruna

(Corona borealis, CrB)

Nevýrazné a přesto dobře rozpoznatelné souhvězdí značící Korunu (viz obr. 9), najdeme v blízkosti Herkula a Pastýře. Tento drahokamy osázený šperk dostala princezna Ariadna jako svatební dar od svého nastávajícího muže, Dionýsa. Aby byl sňatek navždy připomínán, proměnil bůh drahokamy zdobící korunu v hvězdy a vynesl je na oblohu. V tomto souhvězdí pozorujeme celkem 7 nejvýraznějších hvězd, ze kterých byl sestaven model (viz tab. 6) [21;24].

V blízkosti Koruny je možno spatřit pouhým okem žlutého veleobra – R Coronae Borealis, viditelného i na obr. 9, nacházejícího se nad hvězdami, označenými „ ϵ “ a „ δ “. Jedná se však o pohasínajícího obra. Není to jediný zajímavý objekt pozorovatelný ve zmíněném souhvězdí. Je zde několik dvojhvězd, proměnných hvězd a lze zde spatřit i několik kup galaxií, např. Abell 2065, která je vzdálená 1,5 miliardy světelných roků a tudíž pro amatérské dalekohledy zůstává skryta [21].



Obrázek 9: Souhvězdí Severní Koruna

Tabulka 6: přepočítání rektascenze α a deklinace δ Severní Koruny do kartézských souřadnic

Severní Koruna		r/ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
4 CrB	θ	310,9	233,2	31,36
3 CrB	β	114,0	231,9	29,11
Alphecca	α	75,05	233,6	26,71
8 CrB	γ	145,0	235,6	26,30
10 CrB	δ	170,0	237,4	26,07
13 CrB	ϵ	221,4	239,4	26,88
14 CrB	ι	311,8	240,3	29,85
		x/ly	y/ly	z/ly
4 CrB		-158,9	-212,6	161,8
3 CrB		-61,40	-78,47	55,47
Alphecca		-39,71	-54,01	33,74
8 CrB		-73,33	-107,4	64,28
10 CrB		-82,30	-128,6	74,73
13 CrB		-100,5	-169,9	100,1
14 CrB		-133,7	-235,0	155,2

5.7 Lyra

(Lyra, Lyr)

Lyra nepatří svou rozlohou k největším souhvězdím naší oblohy, ale přesto je jedním z nejznámějších a nejpozorovanějších. Díky hvězdě Vega, která je nejjasnější hvězdou v tomto útvaru, je snadno nalezneme spolu se sousední Labutí a Orlem.

Představuje malou loutnu, která patřila legendárnímu řeckému zpěvákovi Orfeovi, jenž svým hlasem dokázal uklidnit divou zvěř, bouři i samotného boha podsvětí Háda, od

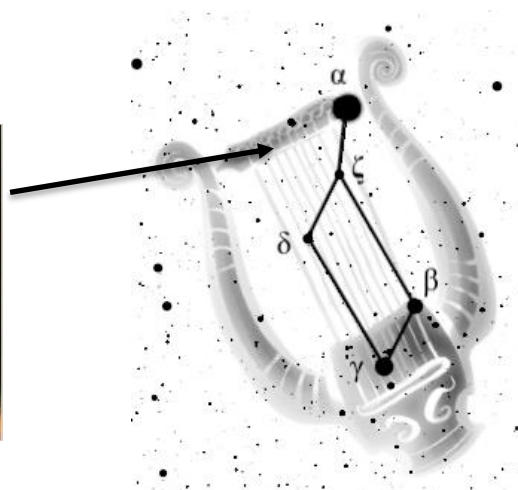
kterého Orfeus osvobodil svou ženu Eurydiku. Díky svým schopnostem není znám jen jako umělec, ale i jako hrdina, který se nebál jít za láskou až do náruče samotné smrti. Připomínkou jeho činů nám zůstává jeho Lyra, jejíž základ tvoří spojnice 8 hvězd (viz obr. 10b, tab. 7) [21;24].

Toto souhvězdí není význačné jen svou nejjasnější hvězdou; v okolí se nachází mnoho zajímavých útvarů, jako například dvojitá dvojhvězda – Epsilon Lyrae, která se nachází nedaleko Vegy. Jedná se o 4 hvězdy, které spolu váže společná gravitace.

Za zmínku stojí také např. Delta Lyrae, tento název označuje vzájemně nsvázanou dvojici modrobílých hvězd. Nebo i nepravidelná galaxie NGC 6745, která vznikla srážkou dvou galaxií (viz obr. 10a) [21]. Šipka v obrázku směřuje k přibližnému místu, kde se objekt v souhvězdí nachází.



10a



10b

Obrázek 10a a 10b: 10a- NGC 6745, 10b- souhvězdí Lyra

Tabulka 7: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Lyry do kartézských souřadnic

Lyra		r/ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
Vega	α	25,04	279,2	38,79
Nasr Alwaki	ζ	156,1	281,1	37,61
12 Lyr	δ	736,2	283,6	36,90
Sulafat	γ	620,0	284,7	32,69
Sheliak	β	962,1	282,5	33,36
		x/ly	y/ly	z/ly
Vega		3,130	-19,27	15,69
Nasr Alwaki		24,01	-121,3	95,27
12 Lyr		138,7	-572,2	442,0
Sulafat		132,7	-504,6	334,8
Sheliak		174,2	-784,4	529,1

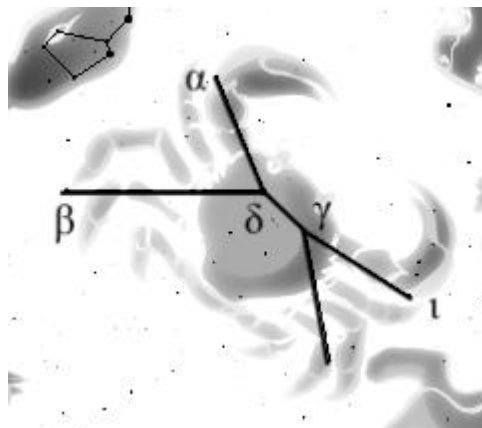
5.8 Rak

(Cancer, Cnc)

Pro dřívější lid věřící v posmrtný život bylo toto souhvězdí významné. Na temeni hlavy Raka se totiž nachází hvězdokupa M44, která se nazývá Včelín, nebo též Jesličky. Chladejci, kteří tuto hvězdokupu považovali za Bránu lidí, věřili, že se jedná o místo, kterým prostupují lidské duše na Zem. Základ souhvězdí tvoří 8 hvězd (viz tab. 8), které připomínají písmeno X (viz obr. 11).

Samotný název Raka pochází z řeckých mýtů, dle kterých byl tento desetinožec pomocníkem mořské příšery Hydry. Avšak mýty se liší v tom, kdo jej vynesl na nebesa. Dle jednoho to byla Héra, která patřila k nepřátelům Hérakla, další zas říká, že to byl Zeus, který naopak chtěl připomínat dobré skutky antického hrdiny Hérakla [21;24].

Assellus Australis, neboli δ Cnc, je oranžový obr, jehož průměr je 11krát větší, než průměr Slunce a je až 50krát zářivější [21].



Obrázek 11: Souhvězdí Rak

Tabulka 8: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Raka do kartézských souřadnic

Rak		r/ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
X Cnc		59,59	125,0	27,22
Zubanah	ι	298,1	131,6	28,76
Asellus Borealis	γ	181,2	130,8	21,47
Asellus Australis	δ	130,5	131,1	18,15
Tarf	β	303,4	124,1	9,180
Acubens	α	188,3	134,6	11,86
		x/ly	y/ly	z/ly
X Cnc		-30,41	43,40	27,25
Zubanah		-173,7	195,2	143,4
Asellus Borealis		-110,2	127,6	66,31
Asellus Australis		-81,68	93,39	40,68
Tarf		-168,0	247,9	48,42
Acubens		-129,4	131,1	38,69

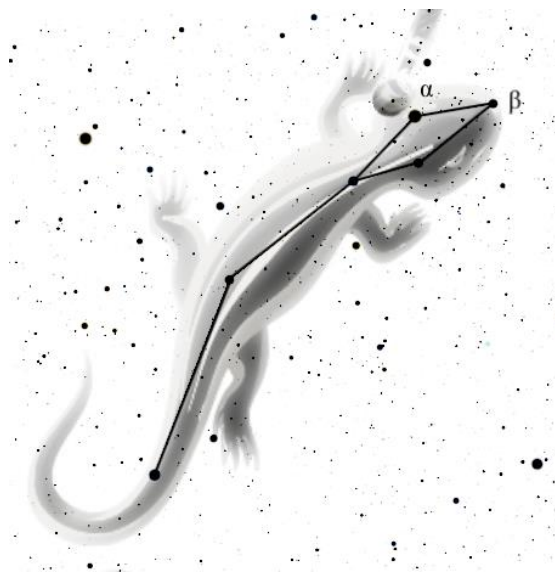
5.9 Ještěrka

(Lacerta, Lac)

Polský astronom Jan Hevelius pojmenoval ve svém atlase „*Firmamentum Sobiescianum sive Uranographia*“ (1687) 11 souhvězdí, čímž vyplnil prázdná místa na obloze. Sedm z nich známe dodnes a jedním je právě Ještěrka (viz obr. 12), která se skládá z 6 nejvýraznějších hvězd (viz tab. 9). Původní název byl „Stellio“ (Stellion, druh ještěrky agama hardún žijící ve Středomoří) [24].

Hevelius nebyl jediný, kdo tomuto souhvězdí dal jméno, k dalším patřil Augustin Royer, který navrhl název „*Sceptrum et Manus Iustitiae*“ (Ruka železa a spravedlnosti). Tento název vznikl v roce 1670 na počest francouzského krále Ludvíka XIV. Roku 1787 Johann Elert Bode přišel s dalším názvem „*Frederic Honores*“ (Fridrichova sláva), na počest pruského krále Fridriha II. Velikého.

Souhvězdí Ještěrky bylo místem relativně častých výbuchů supernov, např. SN 2013dy v galaxii NGC 7250, nebo SN 2006dn, SN 2006el v galaxii UGC 12188. Mezi hustými hvězdnými oblaky Mléčné dráhy v tomto seskupení se nachází mnoho objektů hlubokého nebe. Příkladem může být BL Lacertae – prototyp třídy galaxií s aktivními jádry, jejichž výtrysky ionizované hmoty a záření (tzv. jety) směřují podél spojnice galaxie a pozorovatele. Díky výrazným změnám jasnosti (patří tak mezi tzv. blazary) byla původně považována za proměnnou hvězdu. Je také významným proměnným rádiovým zdrojem [21].



Obrázek 12: Souhvězdí Ještěrka,

Tabulka 9: Přepočet rektascenze α a deklinace δ Ještěrky do kartézských souřadnic

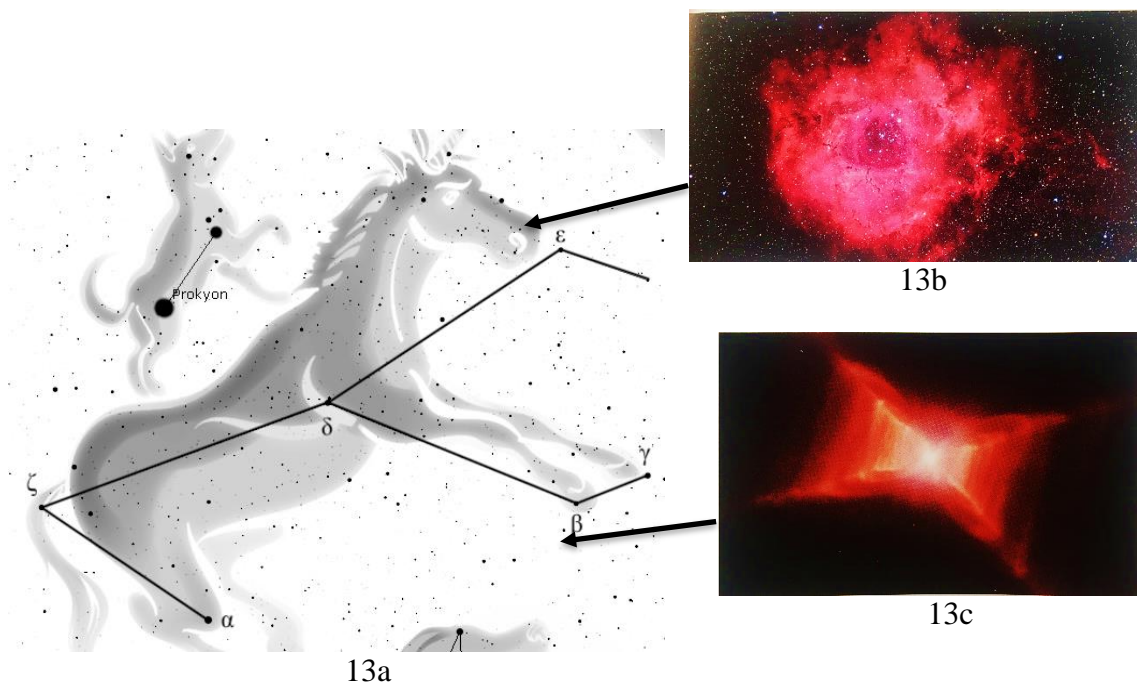
Ještěrka		r/ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
1 Lac		621,2	333,9	37,75
6 Lac		1 716	337,6	43,12
5 Lac		1 647	337,3	47,71
4 Lac		2 249	336,1	49,48
3 Lac	β	169,9	335,8	52,23
7 Lac	α	102,6	337,8	50,28
		x/ly	y/ly	z/ly
1 Lac		441,4	-215,4	380,3
6 Lac		1158	-477,0	1173
5 Lac		1023	-426,2	1218
4 Lac		1336	-591,4	1709
3 Lac		95,02	-42,53	134,3
7 Lac		60,71	-24,75	78,92

5.10 Jednorožec

(Monoceros, Mon)

Stejně jako předchozí souhvězdí, i toto pojmenoval roku 1612 Jan Hevelius. Jedná se o rozlehlé, ale málo výrazné souhvězdí. Nachází se na obloze mezi Hydrou a Orionem, jižně od Malého psa (viz obr. 13a). Jeho základ tvoří 7 hvězd (viz tab. 10). Z tabulky (10) je patrné, že některé hvězdy v tomto souhvězdí mají zápornou deklinaci, díky tomu, že se nachází v okolí nebeského rovníku, který jím prochází, což způsobí při přepočtu zápornou souřadnici z.

Jednorožec je součástí pásu Mléčné dráhy, což naznačuje přítomnost mnoha hvězdokup a mlhovin. Jednou z nich je např. NGC 2237, nazývaná Rozeta (neboli růže) (viz obr. 13b). Svůj název si vysloužila růžově zabarveným plynem mlhoviny. Dalším je Červený obdélník (viz obr. 13c), neobvyklá planetární mlhovina, v níž plyn a prach vyvržený centrální hvězdou tvoří křížovou strukturu. Nalezneme zde i trojhvězdu – Beta Monocerotis, která je rozpoznatelná i amatérským dalekohledem nebo Delta Monocerotis, která je optickou dvojhvězdou, pozorovatelnou očima (na obrázku 13a označena „ δ “) [21]. Šipky na obrázku směřují s přibližným místům, kde se objekty uvnitř souhvězdí nachází.



Obrázek 13a, 13b a 13c: 13a- souhvězdí Jednorozec, 13b- Rozeta, 13c- Červený obdélník

Tabulka 10: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Jednorozce do kartézských souřadnic

Jednorozec		r/ly	$\alpha/^\circ$	$\delta/^\circ$
26 Mon	α	147,7	115,3	-9,550
29 Mon	ζ	1 058	122,1	-2,980
22 Mon	δ	384,1	107,9	-0,490
11 Mon	β	691,0	97,20	-7,030
5 Mon	γ	497,9	93,71	-6,270
HIP 29151		609,6	92,24	1,510
8 Mon	ϵ	128,4	95,94	4,590
		x/ly	y/ly	z/ly
26 Mon		-62,31	131,7	-24,52
29 Mon		-562,7	895,3	-55,12
22 Mon		-118,4	365,4	-3,300
11 Mon		-86,01	680,4	-84,61
5 Mon		-32,06	493,9	-54,42
HIP 29151		-23,83	608,9	16,05
8 Mon		-13,26	127,3	10,29

6 Programy pro vytváření 3D

V dnešní době je široká nabídka software, ve kterém je možné vytvářet 3D modely. Např. *AutoCAD*, který nabízí studentské verze, bez kterých je tento program finančně náročný. Pro tuto práci ale není vhodný, obtížně se zde vytváří 3D objekty. Ač se jedná o program pro výrobu 3D návrhů, vytvořit např. kouli, která je pro naše účely potřebná, je komplikované. Jedná se o program, který je vhodný spíše pro 2D návrhy.

Další možností je *Blender*. Jde o opensource program na modelování. Nevýhodou je ale vysoká cena a rozhraní tohoto programu není tak intuitivní. *Blender* se využívá spíše pro vytváření animací, uživatel je schopen modely obohatit o různé vlastnosti (např. objekty mohou zářit).

Mezi profesionální programy pro modelování ve 3D patří i *Rhino3D*. Zde může uživatel vytvořit kompletní model. Program umožňuje volbu nadefinování objektu i možnosti záření objektu. Avšak nevýhodou jsou velké finanční náklady. Tento program nenabízí volně dostupnou verzi.

Jeden z nejpopulárnějších programů, který se využívá k modelování 3D a animacím, je *Cinema4D*. Používá se na produktové vizualizace nebo architekturu, poslední dobou je spíše využíván pro virtuální realitu. Zde se nabízí možnost studentské licence, jinak tento program není volně dostupný.

Další z možností je *ARCHICAD*. Tento program využívají především architekti pro navrhování domů a interiérů. Pro znázornění jednoduchých objektů je nutné je nejdříve stáhnout z internetové knihovny. Tento stažený objekt se nazývá knihovní prvek. Práce samotná probíhá pouze v osách x a y , kde umístíme objekt. Složka z se definuje až nastavením objektu. Z toho vyplývá, že se zde pracuje jakoby v půdorysu—nevidíme konkrétní výšku objektu. Až hotový soubor můžeme stáhnout a následně otevřít v jiné složce programu, kde se zobrazí ve 3D.

Porovnáním výše zmíněných programů jsme se rozhodli pro práci ve *SketchUp*.

6.1 SketchUp

Hlavní část bakalářské práce byla věnována samotnému vytváření modelů souhvězdí v programu *SketchUp* od firmy *Trimble* dostupném na www.sketchup.com. Program je využíván především architekty, designovými návrháři a strojními inženýry, ale ukázal se vhodný i pro naše potřeby. Slouží k rychlým návrhům objektů a v porovnání například s podobným komerčním programem od *Autodesk* (*AutoCAD*) je jeho obsluha jednodušší.

Společnost Trimble poskytuje primárně dva typy softwaru – *SketchUp pro*, určený pro odbornější práci a *SketchUp make*, který je volně stažitelnou verzí programu pro méně náročné uživatele. Avšak neumožňuje obrázky, v našem případě modely, exportovat v jiném formátu, než „skp.“, pro následné použití v jiných grafických programech. Výhodou je i rozsáhlá knihovna sdílených modelů <https://3dwarehouse.sketchup.com/>. Tato verze programu byla využita pro účely bakalářské práce.

Program má široké využití. Na základě tří určených os se snadno vynášejí objekty, které se dají nadále upravovat a modelovat do potřebných tvarů, čehož využívají především designéři. Pro potřeby architektů je možné vytvářet projektové dokumentace a kótované výkresy.

Program myslí jak na americké, tak i evropské uživatele a při spuštění si můžeme vybrat, v jakých délkových jednotkách budeme pracovat. Například námi zvolenou jednotkou, pro potřeby této práce, byl milimetr.

Velkou výhodou programu je variabilita a jednoduchost v nastavení uživatelského prostředí jakožto i volba pozadí, což pro nás bylo přínosné pro přiblížení pocitu noční oblohy, a tvorba jednotlivých objektů.

Další velkou výhodou tohoto programu je možnost následné práce s vytvořeným modelem v software pro virtuální realitu, nebo renderovacích programech.

6.2 Práce ve SktechUp

Při spuštění programu se nám objeví možnost výběru z 6 pracovních prostředí, přičemž každé z nich nabízí 4 možnosti jednotek, se kterými je možnost pracovat. Naše modely vznikaly v „*Architecture design-milimeters*“. Vzdálenosti na jednotlivých osách jsou v milimetrech, které v našem měřítku odpovídají světelným rokům, tj. $1 \text{ mm} \equiv 1 \text{ ly}$.

Po otevření zvoleného prostředí se zobrazí osy kartézských souřadnic (osa x , osa y , osa z) a postava umístěná do počátku souřadnic, která udává měřítko. Pro naše účely je však určování měřítka irelevantní, tudíž práce probíhala bez této postavy.

Vypočítané souřadnice vynášíme od počátku os, přičemž osa x má zelenou barvu, osa y červenou barvu a osa z modrou barvu.

Na nalezený bod umístíme kouli žluté barvy, která nám představuje hvězdu. Velikost hvězdy modifikujeme na základě velikosti souhvězdí, a to z důvodu přehlednosti souhvězdí, ne skutečných rozměrů hvězd. Model se soustředí na prostorové rozložení hvězd, nezahrnuje např. různou barvu hvězd vlivem rozdílné povrchové teploty.

Dalším krokem je změna pozadí na černou barvu, aby připomínalo noční oblohu a změna barvy vynášecích čar. Barvy se mění v sekci *Nastavení hladin*, kde jsme aktuální hladině změnili barvu na tmavě šedou. Tato změna však pro nás není podstatná, protože veškeré vynášecí čáry se po vytvoření souhvězdí skryly.

Ke každé hvězdě byl přidán popis s jejím názvem, pro lepší orientaci v souhvězdí. Editace byla provedena pomocí nástroje *Text*. Objekty byly spojeny se svými názvy pomocí čar.

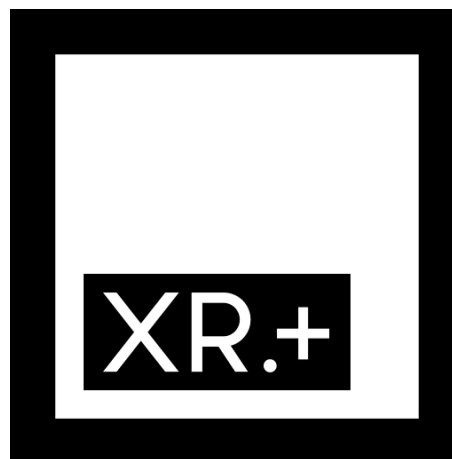
Posledním krokem při vytváření souhvězdí bylo skrytí vynášecích čar, čehož jsme docílili označením všech nepotřebných čar a použitím funkce *Schovat*.

7 Modely souhvězdí v rozšířené realitě

Rozšířená realita (zkratka AR z anglického augmented reality) je označení používané pro reálný obraz doplněný počítačem vytvořenými doplňujícími objekty. Jedním z častých technických řešení je vyvolání digitálních prvků na základě zachycení značky (markeru) kamerou tabletu nebo chytrého telefonu. Pro naše účely jsme nepředpokládali využití speciálních zařízení typu Google glass nebo Microsoft HoloLens. Cílem bylo vytvořit modely, byť jednoduché, k co nejširšímu využití.

V době zadání bakalářské práce se zdálo být nejpřímochařejší použít platformu *Augment* (<https://www.augment.com>), jako v případě modelu souhvězdí Orion vzniklého v rámci projektu JoyAR, který však již není dostupný kvůli zpoplatněné licenci platformy a její cenové politice. I proto byly modely připraveny pomocí programu *SketchUp*, z něhož bylo možné převod na platformu celkem úspěšně provést. Při hledání alternativního řešení jsme nakonec využili platformu XR.+ (<https://xr.plus>). Bylo nutné překonat problém, že na XR.+ lze modely nahrávat ve formátech .obj, .fbx a .glb (v našem případě se ukázal alespoň částečně použitelný formát .fbx) a vyexportovat modely ze *SketchUp* v rámci 30-denního zkušebního období (jinak program umožňuje ve volně dostupné verzi modely ukládat pouze ve vlastním formátu .skp).

Volně dostupná verze platformy XR.+ pak umožňuje založit nejvýše 5 modelů s prvky rozšířené reality. K jejich prohlížení je zapotřebí tablet nebo smartphone s přístupem na internet a povoleným sdílením kamery pro internetový prohlížeč (Firefox, Google Chrome). Výhodou je, že není nutné instalovat žádnou další aplikaci, veškerá interakce s modelem probíhá pouze v prohlížeči. Pro zobrazení modelu je nutné otevřít příslušnou internetovou adresu modelu (lze k tomu použít i QR kód) a zaměřit kameru na značku (marker) XR.+ :



Po zobrazení hvězd lze s modelem volně otáčet, přibližovat jej a vzdalovat. Vhodné je marker umístit na tmavší pozadí, které bude lépe připomínat noční oblohu. Vytvořené modely jsou dostupné na následujících adresách:

Kasiopeja: <https://xr.plus/bql>



Lyra: <https://xr.plus/s8t>



Pohár: <https://xr.plus/fwb>



Velký vůz: <https://xr.plus/auk>



Součástí modelu je i tlačítko s odkazem na popis souhvězdí na české Wikipedii. Ukázku modelu Kasiopeja vidíme na obr. 14:



Obrázek 14: Model souhvězdí Kasiopeja

I přesto, že při převodu formátů nedošlo k zachování názvů a označení hvězd, lze tyto modely využít k představě o prostorovém uspořádání souhvězdí. Ve výuce pak můžeme modely použít jako „poznávací“ úkol, přiřadit názvy k jednotlivým hvězdám a zkontrolovat výsledek např. pomocí úplných modelů sestavených v programu *SkecthUp*.

ZÁVĚR

Práce se zabývala tvorbou 10 modelů souhvězdí noční oblohy v programu *SketchUp*. Zaměřili jsme se na souhvězdí, jejichž tvar je vymezen menším počtem hvězd, chtěli jsme zahrnout jak cirkumpolární souhvězdí, tak souhvězdí podél světového rovníku. Všechna námi vybraná jsou alespoň v některé roční době pozorovatelná v ČR. Cílem pak bylo vytvořit modely ve 3D rozhraní, které by bylo možno využít následně v tzv. rozšířené realitě, tento cíl se nám s určitými omezeními podařilo splnit.

Všech 10 modelů lze prohlížet ve volně dostupném rozhraní (<https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-free>) a jsou tak použitelné ve výuce a k výkladu rozmístění objektů ve vesmíru. Čtyři souhvězdí pak byla převedena do on-line podoby rozšířené reality. I když jsme při zpracování narazili na limity volně dostupných programů, i tyto modely zachycují prostorové rozložení nejjasnějších hvězd těchto souhvězdí a umožňují s vytvořenými modely interagovat.

Postupem popsáním v práci je v budoucnu možné vytvářet modely dalších souhvězdí s využitím stejného principu přepočítávání souřadnic a vynášení polohy jednotlivých hvězd; analogicky by bylo možné vytvářet modely i v jiných programech (např. *Thinkercad*: <https://www.tinkercad.com>). Vzhledem k tomu, že rozšířená realita je poměrně dynamicky se rozvíjející oblastí, lze předpokládat, že v budoucnu budou k dispozici ještě sofistikovanější nástroje, jež umožní tvorbu ještě komplexnějších modelů.

Vytvořené modely jsou volně k dispozici na stránkách <http://muj.optol.cz/~richterek/doku.php?id=vyuka>. Věříme, že jsou inspirativním krůčkem k vytváření dalších modelů, jež mohou doplnit výuku astronomie a utváření představ o vesmíru.

Reference

- [1] BROWN, Daniel. *The Orion Constellation as an Installation: An Innovative Three-Dimensional Teaching and Learning Environment*. The Physics Teacher [online]. 2013, 51(3), 160. Dostupné z: doi: 10.1119/1.4792013.
- [2] ŠTEFL, Vladimír a Jiří KRTIČKA, Antická řecká astronomie. *Historie astronomie* [online]. Brno: Masarykova univerzita [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.physics.muni.cz/astrohistorie/node6.html>.
- [3] ZEJDA, Miloslav. *Základy astronomie*. Brno: Masarykova univerzita, 2013.
- [4] MIKULÁŠEK, Zdeněk a Jiří KRTIČKA. *Základy fyziky hvězd* [online]. Brno, 2005 [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/3329247-Zdenek-mikulasek-jiri-krticka-zaklady-fyziky-hvezd.html>.
- [5] Wikipedie, *Hvězda*, [online]. [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hv%C4%9Bzda>.
- [6] ZEJDA, Miloslav. *Základy astronomie.*, Brno: Masarykova univerzita, 2018.
- [7] Absolutní hvězdná velikost, MEF. Fyzika, MEF [online]. 2006 [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1072-absolutni-hvezdna-velikost>.
- [8] Wikipedie, *Hvězdná velikost*, [online]. [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hv%C4%9Bzdn%C3%A1_velikost.
- [9] KÉHAR, Ota, Miroslav RANDA a kolegové, Zářivý výkon, *Astronomia: Astronomie pro každého*[online]. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2000 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://hvezdy.astro.cz/charakteristika/6-zarivy-vykon> .
- [10] KLECZEK, Josip. *Stavba slunce a obyčejných hvězd*, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 16 (2) 1971 s. 67-72. Dostupné z: <http://dml.cz/dmlcz/138668>.
- [11] KULHÁNEK, Petr *Aldebaran: Sluneční a hvězdná hudba* [online]. 2011, 9(22) [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2011_22_sei.php.
- [12] TOMAN, Jakub, Slunce a jeho pozorování: *Slunce*. [online]. 2009, [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: <http://slunce.astronomie.cz/slunce/> / SOHO-Gallery: Best Of SOHO. *Solar and Heliospheric Observatory*. [online]. [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: <https://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/sunparts.html>
- [13] LANG, Kenneth R., *The Cambridge Guide to the Solar System*, Cambridge: Cambridge University Press, 2011. Dostupné z: <https://1url.cz/czGGA>.
- [14] KLECZEK, Josip. *Velká encyklopedie vesmíru*. Akademia, Praha, 2002.
- [15] Wikipedie, *Planckův vyzařovací zákon*, [online]. [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Planck%C5%AFv_vyza%C5%99ovac%C3%AD_z%C3%A1kon.

- [16] HLAD, Oldřich a Jaroslav PAVLOUSEK. *Přehled astronomie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984.
- [17] JANÍK, Jan a Zdeněk MIKULÁŠEK. *Obecná astronomie*. Brno: Masarykova univerzita, 2017.
- [18] ŠIROKÝ, Jaromír a Miroslava ŠIROKÁ. *Základy astronomie v příkladech*, Praha: SPN, 1966.
- [19] SCHEIRICH, Petr. *Základy astronavigace pro začátečníky* [online], 2010 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: http://sajri.astronomy.cz/astronavigace/zaklady_astronavigace.pdf.
- [20] *Stellarium Astronomy Software* [online]. Chéreau, 2001 [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://stellarium.org/cs/>.
- [21] DINWIDDIE, Robert, David W. HUGHES, Geraint H. JONES, Ian RIDPATH, Carole STOTT a Giles SPARROW. *Hvězdy*. Praha: Knižní klub, 2017.
- [22] Qu'est-ce qu'une étoile? *Futura Sciences* [online]. Saint-Raphaël (FR): MadeInFutura [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/espace-quest-ce-quune-etoile-157/>.
- [23] Cassiopeia Constellation. *Constellation Guide: Constellations: A Guide to the Night Sky* [online]. AN ELITE CAFEMEDIA LIFESTYLE PUBLISHER [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://www.constellation-guide.com/constellation-list/cassiopeia-constellation/>
- [24] Vesmír: Novinky a zajímavosti o vesmíru, encyklopedické články, hvězdy a planety ve vesmíru, astronomie a kosmonautika, fyzika. *Treking.cz* [online]. Ostrava: Nakladatelství SKY, 2001 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.treking.cz/astronomie/astronomie.htm>.
- [25] Wikipedia, *Delta Cephei*, [online], [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Delta_Cephei.
- [26] Astronomický informační server, *Galaktický klenot* [online], [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/vzdaleny-vesmir/galakticky-klenot.html>.

SEZNAMY

Seznam obrázků

Obrázek 1: Stavba hvězdy	12
Obrázek 2: Obzorníkové souřadnice, A-azimut, h-výška nad obzorem, z-zenitová vzdálenost	18
Obrázek 3: Znázornění deklinace δ , rektascenze α a jarního bodu γ	19
Obrázek 4a a 4b: 4a- Cassiopea A, 4b- souhvězdí Kasiopeja	24
Obrázek 5a, 5b a 5c: 5a- spirální galaxie NGC 3982, 5b- souhvězdí Velký Vůz,	26
Obrázek 6: Souhvězdí Žirafa	28
Obrázek 7a, 7b a 7c : 7a- souhvězdí Kefeus, 7b- planetární mlhovina NGC 7354, 7c- Delta Cephei	29
Obrázek 8a a 8b: 8a- spirální galaxie NGC 3981, 8b- souhvězdí pohár	30
Obrázek 9: Souhvězdí Severní Koruna	32
Obrázek 10a a 10b: 10a- NGC 6745, 10b- souhvězdí Lyra	33
Obrázek 11: Souhvězdí Rak	34
Obrázek 12: Souhvězdí Ještěrka,	35
Obrázek 13a, 13b a 13c: 13a- souhvězdí Jednorozec, 13b- Rozeta, 13c- Červený obdélník	37
Obrázek 14: Model souhvězdí Kasiopeja	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Kasiopeji do kartézských souřadnic	24
Tabulka 2: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Velkého Vozu do kartézských souřadnic	27
Tabulka 3: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Žirafy do kartézských souřadnic	28
Tabulka 4: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Kefeje do kartézských souřadnic	29
Tabulka 5: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Poháru do kartézských souřadnic	31
Tabulka 6: přepočítání rektascenze α a deklinace δ Severní Koruny do kartézských souřadnic	32
Tabulka 7: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Lyry do kartézských souřadnic	33
Tabulka 8: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Raka do kartézských souřadnic	34
Tabulka 9: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Ještěrky do kartézských souřadnic	36
Tabulka 10: Přepočítání rektascenze α a deklinace δ Jednorozce do kartézských souřadnic	37

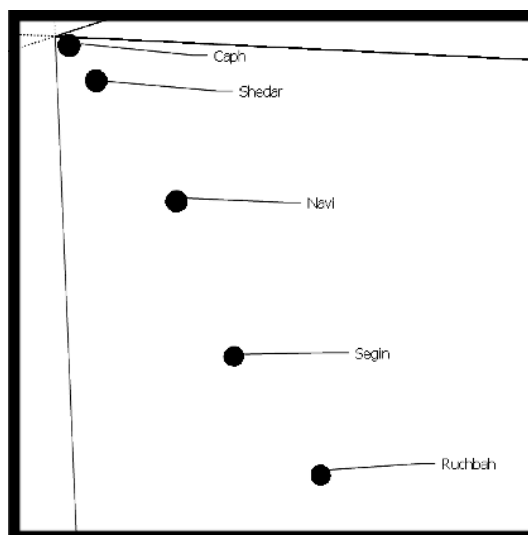
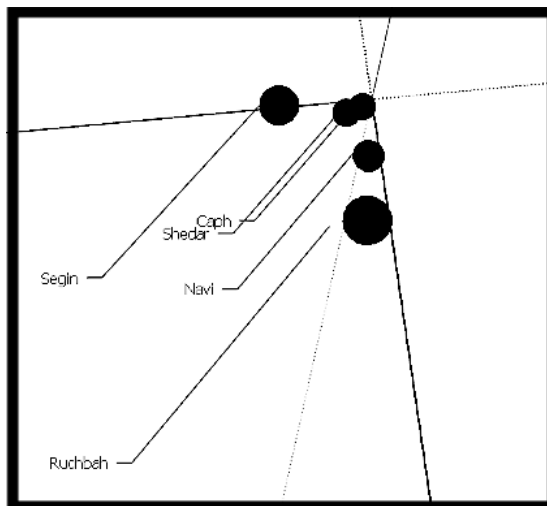
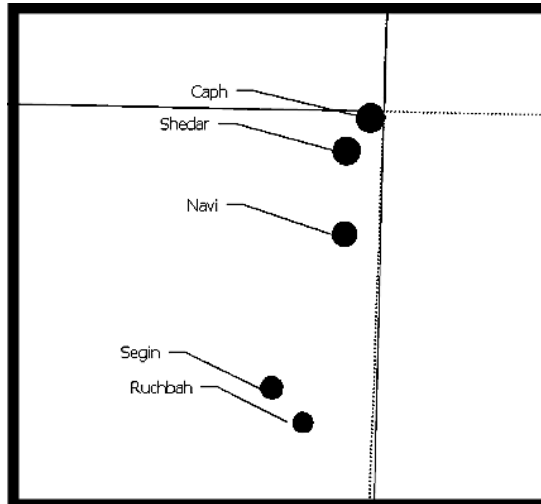
Seznam grafů

Graf 1: Maxwellovo rozdělení rychlostí částic	14
Graf 2: Planckův vyzařovací zákon popisující spektrální hustotu vyzařování	15

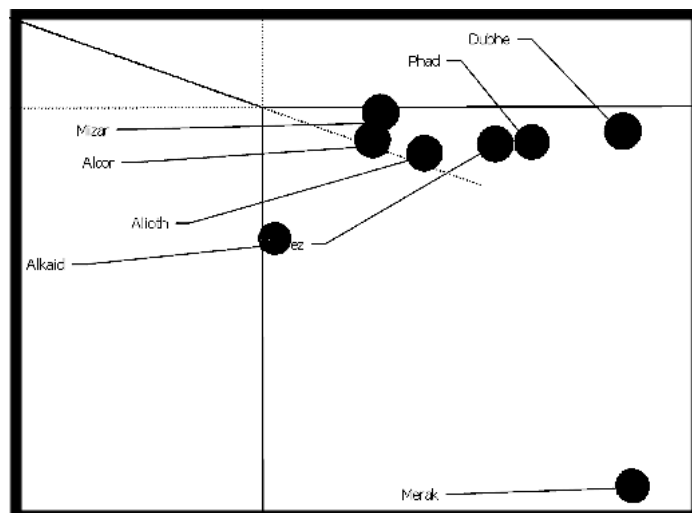
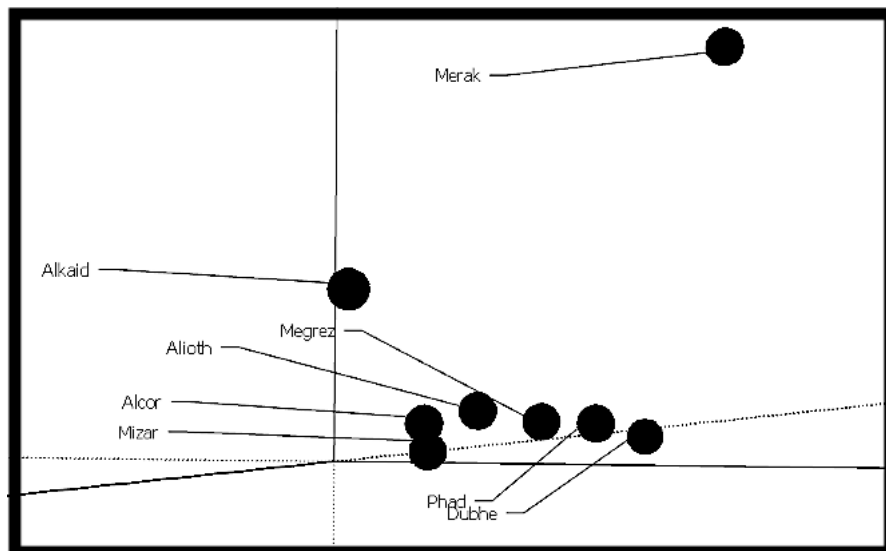
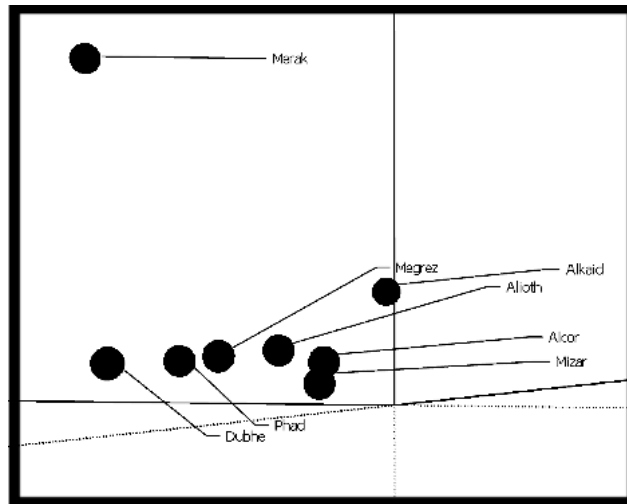
Příloha č. 1

V tomto oddíle budou ukázány, pro představu, vytvořené modely jednotlivých souhvězdí z různých úhlů pohledu.

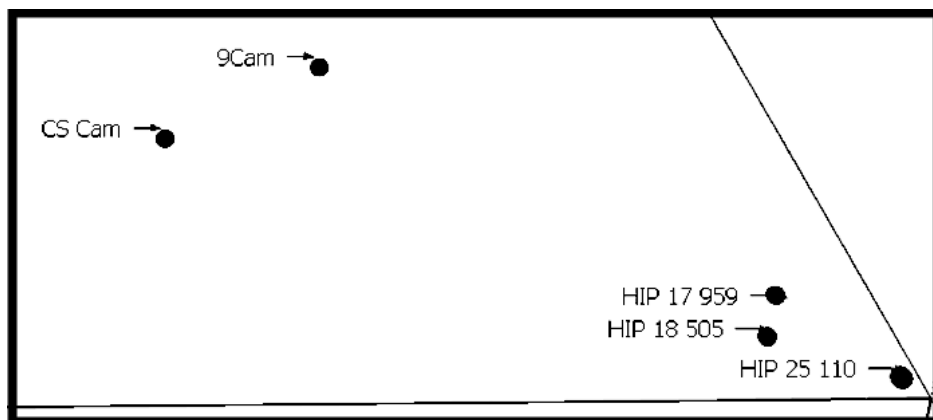
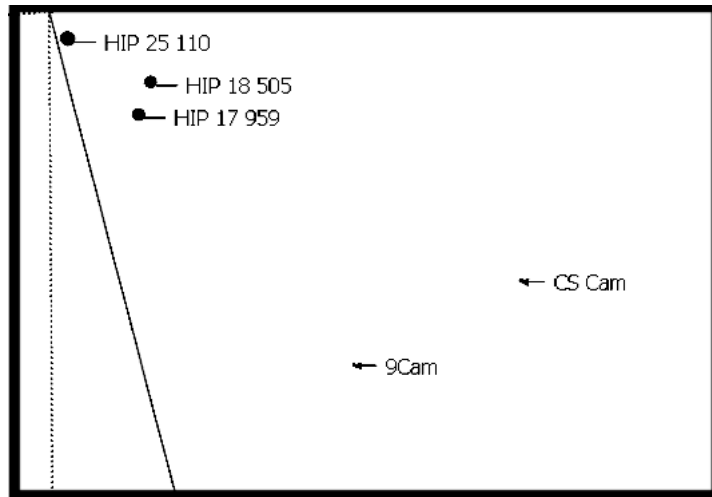
KASIOPEJA



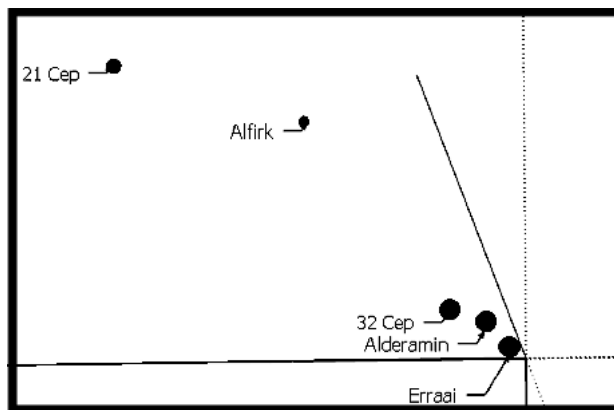
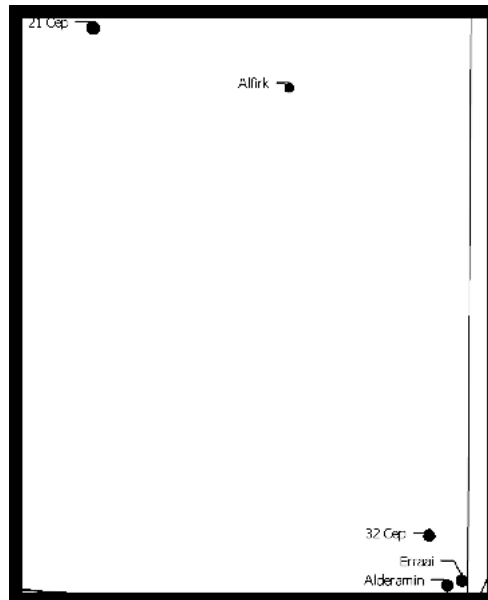
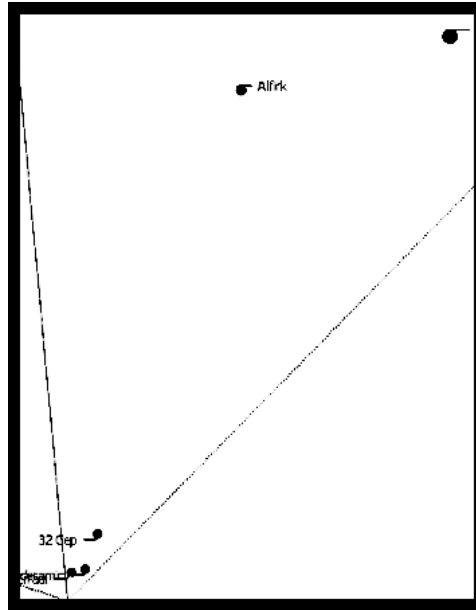
VELKÝ VŮZ



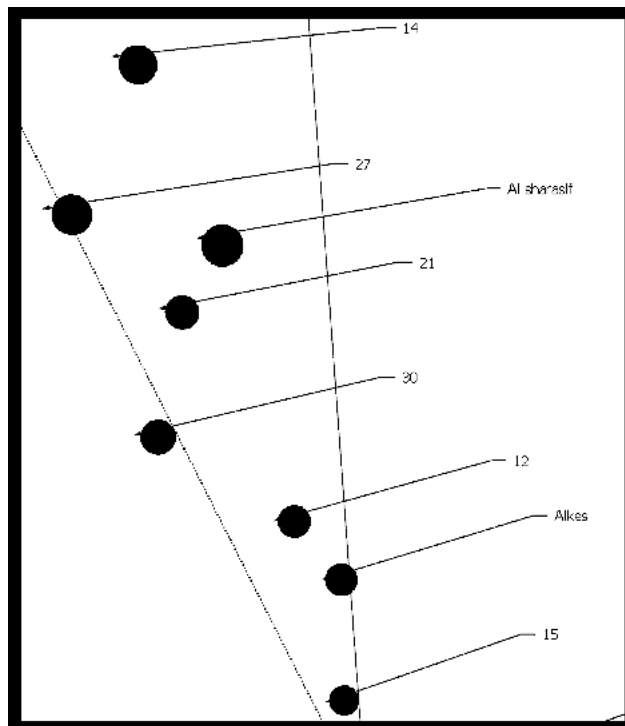
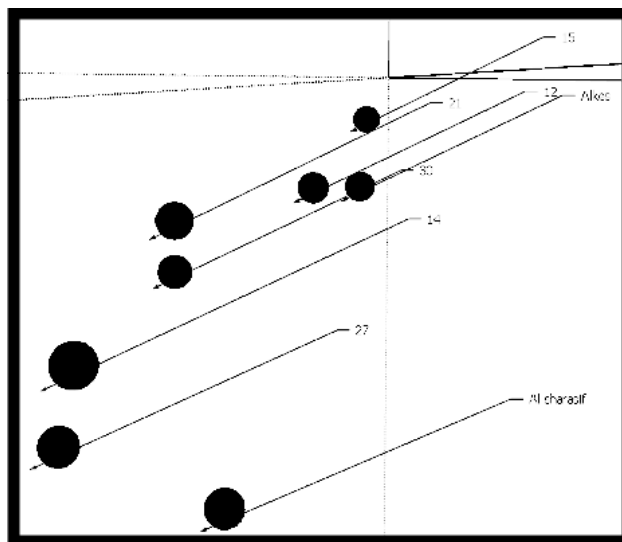
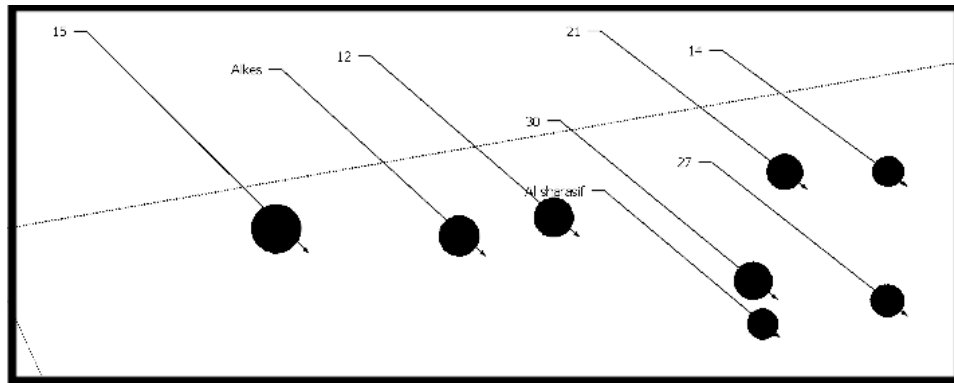
ŽIRAFÁ



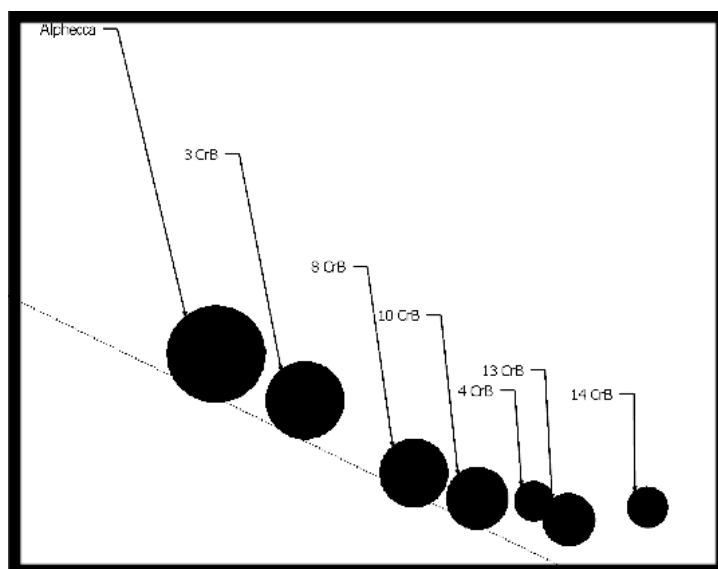
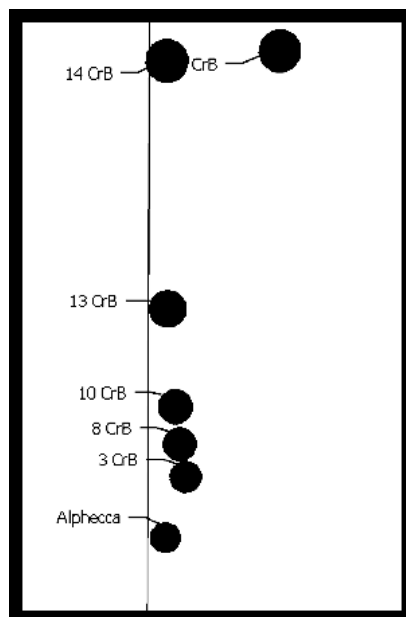
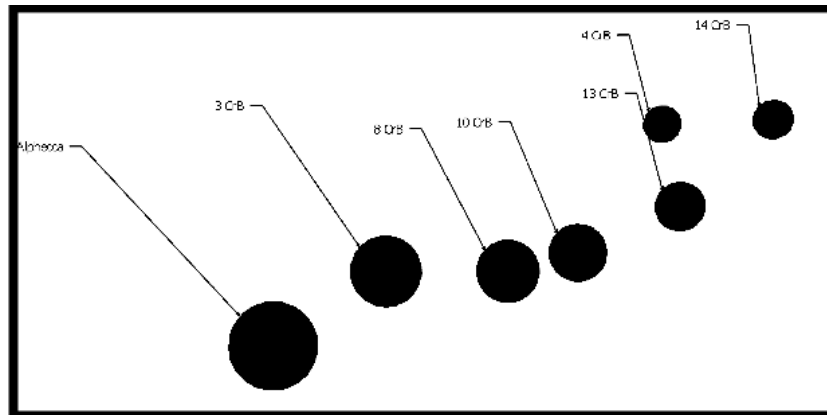
KEFEUS



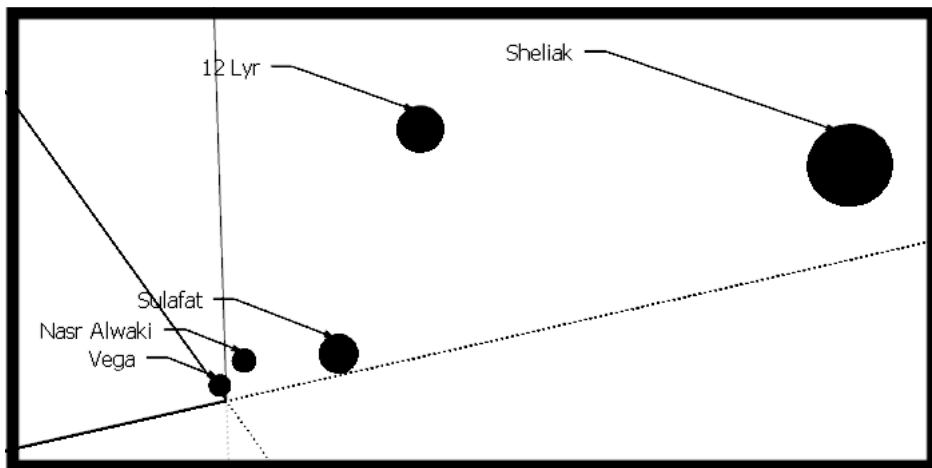
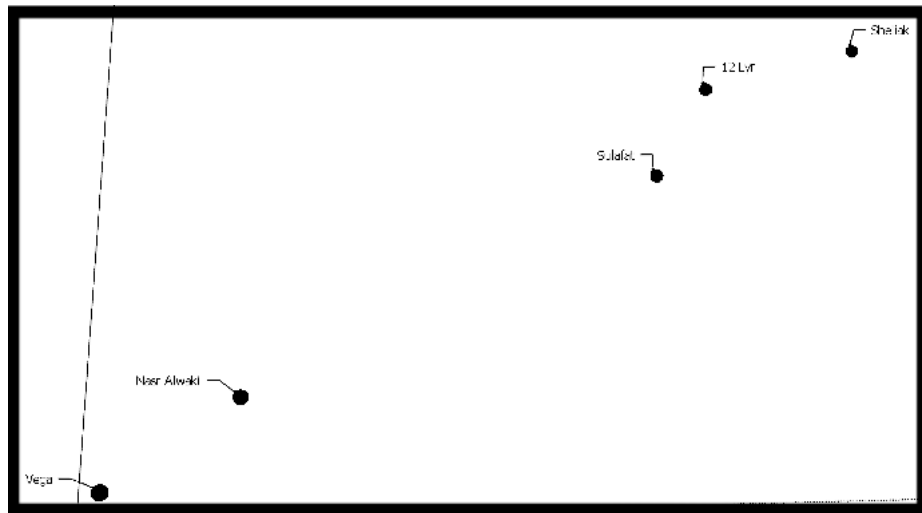
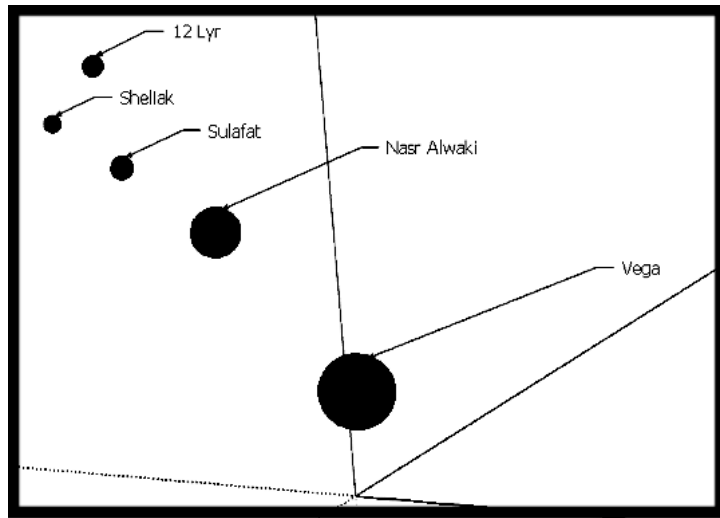
POHÁR



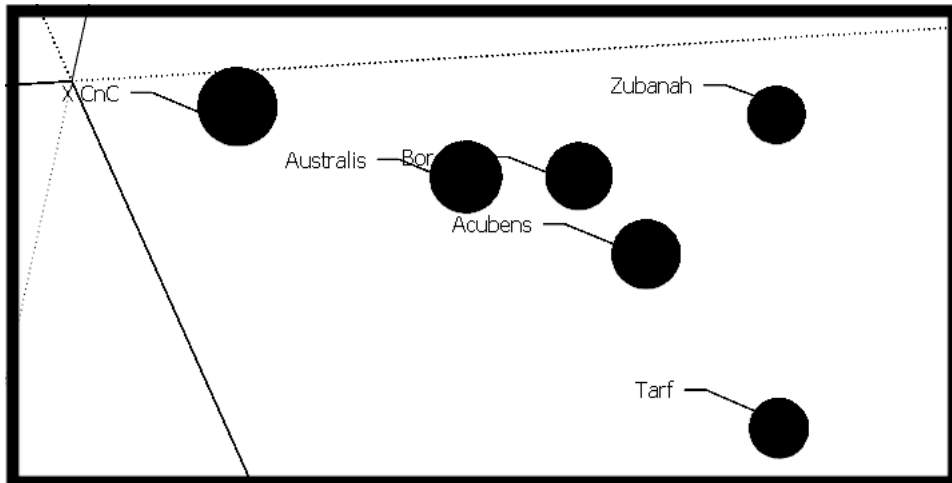
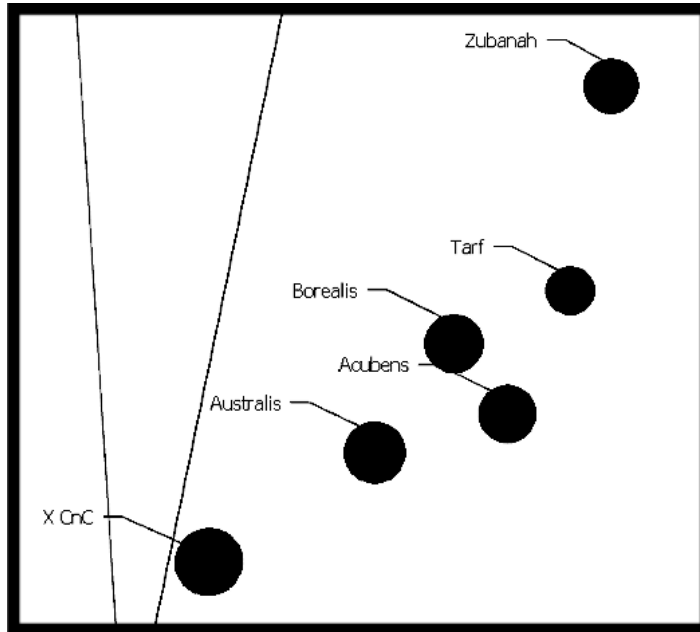
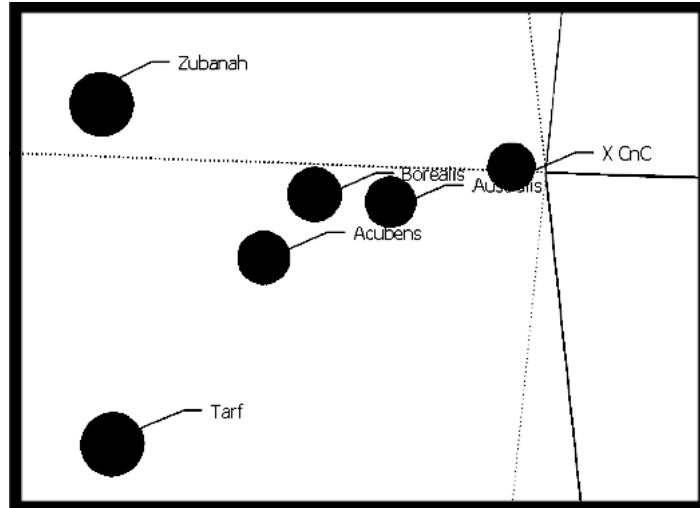
SEVERNÍ KORUNA



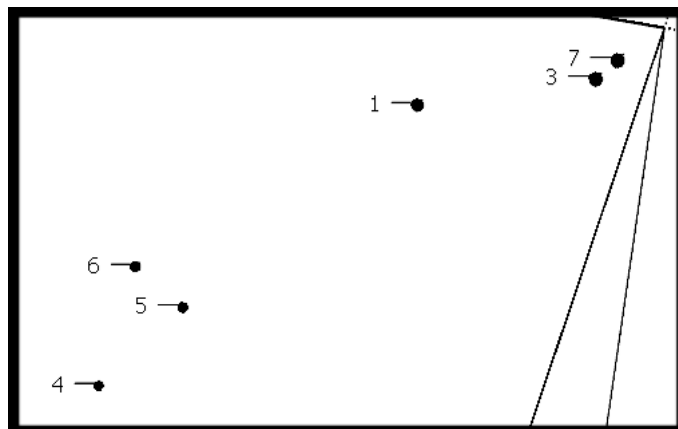
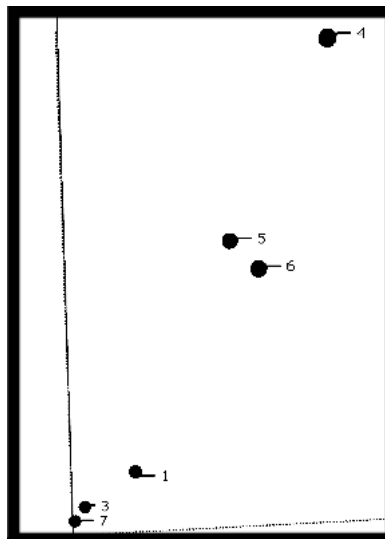
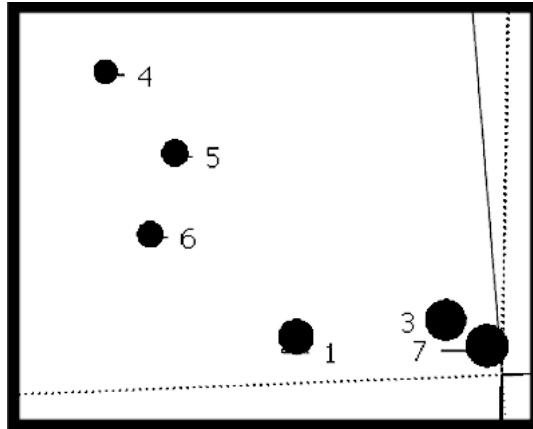
LYRA



RAK



JEŠTĚRKA



JEDNOROŽEC

