

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

**POČÍTAČOVÉ KRESLENÍ MAP SOUHVĚZDÍ A JEJICH ČÁSTÍ
POMOCÍ SOUŘADNIC HVĚZD Z KATALOGŮ HVĚZD**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Matěj Jakubčík

Učitelství pro základní školy, obor fyziky a informatiky pro základní školy

Vedoucí práce: PhDr. Ing. Ota Kéhar, Ph.D.

Plzeň 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 30. června 2023

.....
vlastnoruční podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval PhDr. Ing. Otovi Kéharovi, Ph.D. za jeho neocenitelnou pomoc při mé diplomové práci. Vaše rady, odbornost a vedení mi umožnily dosáhnout úspěšného dokončení diplomové práce. Díky za vaši cennou podporu.

OBSAH

Úvod	3
1 SOUHVĚZDÍ.....	5
1.1 HISTORIE SOUHVĚZDÍ.....	5
1.2 ZPŮSOBY OZNAČENÍ HVĚZD.....	6
1.3 HVĚZDNÉ KATALOGY A MAPY	7
1.3.1 Katalogy fundamentální	7
1.3.2 Katalogy poloh.....	7
1.3.3 Hvězdné mapy	7
1.4 HVĚZDNÉ HRANICE	8
1.4.1 Pravidla pro stanovení hranic.....	8
1.5 NEJVĚTŠÍ SOUHVĚZDÍ.....	9
2 ROZDĚLENÍ SOUHVĚZDÍ.....	11
2.1 SEVERNÍ A JIŽNÍ POLOKOULE	11
2.2 ROČNÍ OBDOBÍ	13
2.3 CÍRKUMPOLÁRNÍ SOUHVĚZDÍ	14
2.4 ŘECKÁ SOUHVĚZDÍ	15
3 POHYBY HVĚZD.....	16
3.1 KINEMATIKA HVĚZD.....	16
3.2 ROTACE GALAXIE	17
4 VZDÁLENOSTI HVĚZD	18
4.1 ASTRONOMICKÁ JEDNOTKA	18
4.2 SVĚTELNÝ ROK.....	18
4.3 PARSEK	19
4.4 METODY MĚŘENÍ HVĚZDNÝCH VZDÁLENOSTÍ.....	19
4.5 PARALAXA	20
4.6 SPEKTROSKOPIE.....	20
5 ZÁKLADNÍ SOUŘADNÉ SOUSTAVY	21
5.1 ROVNÍKOVÁ SOUSTAVA.....	21
5.1.1 Rovníková soustava II. druhu.....	21
5.2 EKLIPTIKÁLNÍ SOUSTAVA.....	22
5.3 OBZORNÍKOVÉ SOUŘADNICE	22
5.3.1 Astronomický azimut.....	23
5.3.2 Výška.....	23
6 HVĚZDY.....	24
6.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY HVĚZD.....	24
6.1.1 Hvězdná velikost.....	25
7 GALAXIE MLÉČNÁ DRÁHA.....	26
7.1 VELIKOST A HMOTNOST	26
8 TVORBA MAP SOUHVĚZDÍ.....	28
8.1 HIPPARCOS A SIMBAD	28
8.2 KARTOGRAFICKÉ ZOBRAZENÍ	29
8.2.1 Kartografické zobrazení podle typu zobrazení	29
8.2.2 Kartografické zobrazení podle zobrazovací plochy	30
8.2.3 Kartografické zobrazení podle způsobu vzniku obrazu	30
8.2.4 Kartografické zobrazení podle umístění roviny	30
8.2.5 Využití kartografických zobrazení.....	30

9	POČÍTAČOVÉ VYKRESLOVÁNÍ HVĚZD	32
9.1	VYKRESLOVÁNÍ POMOCÍ EXCEL	32
9.2	VYKRESLOVÁNÍ SOUHVĚZDÍ Z PROSTOROVÉHO POHLEDU	35
9.3	VYKRESLOVÁNÍ S POSUNEM V ČASE	38
9.4	PRACOVNÍ LISTY PRO ŽŠ	40
9.5	METODICKÁ PŘÍRUČKA PRO UČITELE	41
10	DOPLNĚNÍ WEBOVÝCH STRÁNEK O POČÍTAČOVÉ KRESLENÍ MAP	42
	ZÁVĚR	43
	RESUMÉ	45
	RESUMÉ	46
	SEZNAM LITERATURY	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ	49
	PŘÍLOHY	I

Úvod

Souhvězdí představují fascinující a důležitou součást našeho astronomického pozorování a studia vesmíru. Jejich existence a rozdělení nám umožňují nejen orientovat se na obloze, ale také porozumět pohybům hvězd, vzdálenostem mezi nimi a celkovému uspořádání vesmíru. Souhvězdí mají bohatou historii a jsou zdrojem nekonečného objevování a objasnění nejrůznějších astronomických jevů. V této diplomové práci se zabývám problematikou počítačového kreslení map souhvězdí a jejich částí s využitím souřadnic hvězd z různých hvězdných katalogů.

První kapitola poskytuje historický přehled souhvězdí, včetně jejich historického vývoje a významu v různých kulturách. Dále se zabývám způsobem označování hvězd v rámci souhvězdí a představuje různé hvězdné katalogy a mapy, které slouží jako zdroje informací o poloze a vlastnostech hvězd. V této kapitole jsou také prozkoumány metody stanovení hranic mezi souhvězdími a prezentovány největší souhvězdí.

Další část práce se zaměřuje na vymezení hranic souhvězdí. Jsou zde uvedena pravidla, která určují, jakým způsobem jsou hranice stanoveny, a jaká kritéria se při tom uplatňují. Také jsou zmíněna největší souhvězdí, které se nachází na obloze.

Dále se v diplomové práci zabývám rozdělením souhvězdí na základě různých kritérií. Je zde popsáno rozdělení souhvězdí podle severní a jižní polokoule a také podle ročních období. Cirkumpolární souhvězdí, která jsou viditelná po celý rok, jsou také zmíněna. Součástí této kapitoly jsou také řecká souhvězdí, která jsou pojmenována podle antických bájí a příběhů.

V třetí kapitole se zabývám pohyby hvězd. Jsou zde popsány kinematika hvězd a rotace galaxie. V kinematika hvězd se zabývám jejich pohyby a rychlostmi, zatímco rotace galaxie se zaměřuje na pohyb hvězdných systémů.

Následující kapitola se věnuje problematice vzdáleností hvězd. Jsou zde uvedeny základní jednotky, které se v astronomii používají pro měření vzdáleností, jako je astronomická jednotka, světelný rok a parsek. Dále jsou popsány metody měření hvězdných vzdáleností, přičemž je věnována pozornost také paralaxe a spektroskopii.

V páté kapitole jsou představeny základní souřadné soustavy, které se používají při studiu hvězd a souhvězdí. Rovníková soustava je jednou z nejčastěji používaných souřadných soustav a je zde popsána spolu s jejími druhy. Dále je zmíněna ekliptikální soustava a obzorníkové souřadnice, které jsou důležité při vizuálním pozorování hvězd.

Následující kapitola se zaměřuje na vlastnosti hvězd. Jsou zde uvedeny základní charakteristiky hvězd, jako je jejich velikost, teplota a složení. Zvláštní pozornost je věnována hvězdné velikosti, která odráží jasnost hvězd na obloze.

Další část práce je věnována studiu Galaxií. Jsou zde popsány její velikost a hmotnost, stejně jako její struktura a vlastnosti.

V osmé kapitole se zabývám tvorbou map souhvězdí. Je zde představeno použití astronomických katalogů, jako je katalog HIPPARCOS a databáze SIMBAD, pro tvorbu přesných a aktualizovaných map. Dále jsou zmíněny různé způsoby kartografického zobrazení, které se používají pro vizualizaci souhvězdí. Jsou zde uvedeny typy zkreslení, zobrazovací plochy, způsob vzniku obrazu a umístění roviny.

Devátá kapitola se zaměřuje na počítačové vykreslování hvězd. Je zde popsáno využití programu Excel pro tvorbu jednoduchých grafů a vykreslování souhvězdí. Dále je zmíněno vykreslování souhvězdí z prostorového pohledu a s posunem v čase. V rámci diplomové práce byly vytvořeny pracovní listy pro základní školy a příručka pro učitele.

V poslední kapitole se zabývám doplněním webových stránek o simulace souhvězdí, které vykreslují souhvězdí s posunem v čase.

1 SOUHVĚZDÍ

Pod pojmem souhvězdí si v dnešní době představujeme určitou oblast na obloze. Podle dohody Mezinárodní astronomické unie je obloha rozdělena na celkem 88 souhvězdí. To však neplatilo po celou dobu lidské civilizace (Vanýsek, 1980).

Souhvězdí je pojmenování pro skupinu hvězd na obloze, které jsou spojeny do vzorů nebo tvarů, jak je vnímáme z pozemského pohledu. Tato konstelace hvězd byla využívána k orientaci v prostoru a jako základ pro navigaci již tisíce let. Souhvězdí mají význam nejen pro astronomii, ale také pro astrologii a lidovou kulturu (LPI, 2023).

Existuje mnoho různých souhvězdí, která jsou rozprostřena po obloze. Některá z nejznámějších souhvězdí jsou Orion, Malý medvěd a Labuť. Každé souhvězdí má svůj vlastní název a unikátní tvar, který lze identifikovat pomocí hvězd, které do něj patří.

Souhvězdí jsou často pojmenována podle mytologických postav, zvířat nebo objektů, které mají podobný tvar. Například souhvězdí Orionu bylo pojmenováno podle mytologického lovce Orióna, který je zobrazován jako muž s mečem a lukem. Asterismus Velký vůz je známé pro svůj tvar podobný vozu se čtyřmi kolečky (LPI, 2023).

Vědecký výzkum souhvězdí se zabývá jejich identifikací, katalogizací a mapováním. Hvězdy v souhvězdích jsou často označovány pomocí Bayerova označení, které se skládá z řeckých písmen a genitivu latinského jména souhvězdí. Například nejjasnější hvězda v souhvězdí Orionu je označena jako α Orionis, což je Bayerovo označení pro hvězdu Betelgeuse (LPI, 2023).

Výzkum souhvězdí má také astronomický význam. Pomáhá nám porozumět struktuře vesmíru, vzdálenostem hvězd a galaxií, a také pohybu a vývoji vesmíru. V současné době existují různé astronomické projekty, které se zaměřují na studium souhvězdí a jejich vztahů k ostatním částem vesmíru (LPI, 2023).

1.1 HISTORIE SOUHVĚZDÍ

Hvězdy na noční obloze jsou různě jasné. Díky tomu je pro nás možné charakterizovat jasná hvězdná seskupení pro orientaci na obloze a rozpoznání konkrétních hvězd. Jména souhvězdí vždy nebyla jednotná. Již v Mezopotámii začali astronomové pojmenovávat souhvězdí podle zvířat. Velká část souhvězdí má také úzkou spojitost s řeckou mytologií,

kdy Klaudios Ptolemaios, antický matematik a astronom, popsal v roce 150 našeho letopočtu 48 souhvězdí, jejichž označování používáme dodnes. Souhvězdí, jako jsou třeba Dalekohled, Oktant a Sextant, vznikly o několik století později. Konkrétně se datují do dob velkých námořních cest (17. a 18. století), kdy námořníkům sloužily pro lepší orientaci na obloze (Vanýsek, 1980).

Usnadnění orientace na obloze byl jediný důvod, proč byla souhvězdí vytvořena. Hvězdy, ze kterých se souhvězdí skládají, spolu vůbec prostorově nesouvisí a mohou být v různých vzdálenostech (Vanýsek, 1980).

Ptolemaiův seznam byl v 17. a 18. století doplňován o další souhvězdí převážně v oblastech jižního světového pólu, který nebyl v antických dobách pozorovaný. V tehdejších dobách vždy také platilo pravidlo, že tvůrce souhvězdí či hvězdných map pojmenuje souhvězdí dle jeho libosti. Vznikaly tak velmi obskurní názvy jako: Čest Bedřichova či Braniborské žezlo. Přítrž této volnosti učinilo rozhodnutí Mezinárodní astronomické unie v roce 1930 (Mikulášek, a další, 1994).

1.2 ZPŮSOBY OZNAČENÍ HVĚZD

Poté, co Ptolemaios pojmenoval 48 původních souhvězdí, byly následně všechny souhvězdí označovány také latinsky. Latinské názvy souhvězdí se zapisují velkými písmeny a skládají se vždy ze třech písmen.

V roce 1603 vydal německý astronom Johann Bayer atlas hvězdné oblohy Uranometria. Ve svém atlase zavedl označení hvězd řeckým písmenem a názvem souhvězdí (např. α Aurigae). Hvězdy navíc seřadil podle klesající jasnosti. Poté, co u souhvězdí, které se skládaly z mnoha hvězd, řecká písmena vyčerpal, začal přiřazovat malá písmena latinské abecedy (Vanýsek, 1980).

Další způsob využívaný v pozdější době se oprostil od čísel a přešel k označení čísly (např. hvězda 61 Cygni) (Vanýsek, 1980).

Velkými tiskacími písmeny se označují proměnné hvězdy. To jsou hvězdy, které pravidelně či nepravidelně mění na noční obloze svoji jasnost (např. T Tauri). Po využití všech písmen abecedy se následně písmena zdvojují (např. SS Cygni). Tímto způsobem tak můžeme v jednom souhvězdí označit až 335 proměnných hvězd. Jeden z nejznámějších katalogů proměnných hvězd vytvořili sovětsí vědci Boris Vasilievich Kukarkin a Pavel Petrovich

Parenago. Poslední vydání jejich knihy Proměnné hvězdy je z roku 1968 a již při vydání obsahovalo 20 448 hvězd. Kniha pak byla následně doplňována dodatky a počet proměnných hvězd se od té doby stále zvětšuje (Vanýsek, 1980).

1.3 HVĚZDNÉ KATALOGY A MAPY

Pro souřadnice hvězd existuje mnoho katalogů a seznamů. K mnoha katalogům jsou vytvářeny i atlasy. Hlavní obsah astronomických ročenek jsou na rok dopředu vypočítané polohy vesmírných těles na noční obloze, katalog hvězd, Sluneční a lunární data (Vanýsek, 1980).

Nejstarší zachované katalogy se datují do 2. století n. l., které už v té době obsahovaly souřadnice 1025 hvězd. Nejpřesnější katalog, který byl vytvořený bez použití dalekohledu, pořídil Tycho Brahe roku 1580. První katalog s využitím teleskopu se jmenoval katalog Flamsteedův, který se mohl pyšnit s 2866 hvězdami (Vanýsek, 1980).

Hvězdné katalogy uvádějí pozice hvězd s velkou či menší přesností. Moderní hvězdné katalogy můžeme rozdělit do následujících skupin. (Vanýsek, 1980).

1.3.1 KATALOGY FUNDAMENTÁLNÍ

Fundamentální katalogy obsahují nespočet hvězd s velkou přesností na určení polohy. Fundamentální katalogy slouží pro základní odvození poloh ostatních hvězd (Vanýsek, 1980).

Tyto katalogy obsahují stálice, jež byly měřeny absolutně. Pozice hvězd tohoto katalogu se získávají rozborem a následným srovnáváním poloh hvězd v několika hvězdných katalogích od různých pozorovatelů a hvězdáren (Vanýsek, 1980).

1.3.2 KATALOGY POLOH

Katalog poloh se zaměřuje také na ostatní hlavní údaje hvězd (jasnost, paralaxa a vlastní pohyb hvězd). Polohy zvolených hvězd jsou zde určeny relativně vzhledem ke hvězdám z fundamentálního katalogu (Vanýsek, 1980).

1.3.3 HVĚZDNÉ MAPY

Hvězdná obloha se zaznamenávala už v dobách Egyptské říše, kdy tvořila stropní ozdoby vystavěných chrámů. Jediná dochovaná freska na kupoli je cenná kulturní památka blízkého Východu, z Quasayr 'Amra z roku 700. Ta obsahuje také souřadnicové křivky, z nichž můžeme díky výpočtům ověřit dobu, ve které byla stavba zhotovena (Vanýsek, 1980).

1.4 HVĚZDNÉ HRANICE

Hranice souhvězdí se týkají oblastí na obloze, které jsou vymezeny a identifikovány v astronomii. Tyto hranice představují určitá souhvězdí a jsou definovány Mezinárodní astronomickou unií (IAU). Souhvězdí se nacházejí na fiktivní sféře, která je rozdělena na jednotlivé části podle určených hvězd a jejich uspořádání (Ridpath, 2018).

Na druhou stranu, hranice států se týkají geografického rozdělení území mezi různými politickými jednotkami. Tyto hranice jsou určeny vládami a mezinárodními dohodami a slouží k oddělení jednoho státu od druhého. Hranice států mají právní a politický význam a stanovují suverénní jurisdikci jednotlivých zemí (Ridpath, 2018).

Je třeba poznamenat, že hranice souhvězdí jsou abstraktní a existují pouze v prostoru téměř virtuální oblohy, zatímco hranice států jsou konkrétní a fyzické, vymezené na zemi (Ridpath, 2018).

1.4.1 PRAVIDLA PRO STANOVENÍ HRANIC

Jasně hvězdy na obloze nám utvářejí tvar souhvězdí. Se slabšími hvězdami to v minulosti tak jednoduché nebylo a jednotlivé zařazení bylo vždy sporné. V důsledku toho bylo potřeba vytvořit hranice a jednotlivá souhvězdí ohraničit (Vanýsek, 1980).

První hranice, které odstranily nejednotnost, se datují do roku 1930, kdy mezinárodní úmluva definovala hranice souhvězdí s pomocí deklinačních a rovnoběžkových kružnic. Tento systém se následně využíval po celém světě. V České republice je jedním z prvních autorů Antonín Bečvář, který v roce 1948 vydal soubor 16 hvězdných map s názvem Atlas Coeli (Vanýsek, 1980).

Nápad standardizovat hranice souhvězdí předložili belgičtí astronomové. Eugène Delporte (1882–1955) z Královské observatoře v Bruselu představil návrhy na jasně definovaný systém hranic souhvězdí na druhém všeobecném shromáždění IAU, které se konalo v roce 1925 v Cambridge, Anglie. IAU přijala návrh a vytvořila podvýbor pro přípravu oficiálních hranic severních souhvězdí. Hlavní roli při tom dostal Delporte, který na tom pracoval následující dva roky (Ridpath, 2018).

Delporte kreslil své hranice podél svislých linií rektascenze a vodorovných paralel deklinace. Jedním z hlavních principů bylo, že všechny proměnné hvězdy s již stanoveným označením zůstanou ve svém souhvězdí, jak požadoval výbor pro proměnné hvězdy IAU. Delporte

ukončil praxi sdílených hvězd a rozhodl, že Andromeda si ponechá svou hlavu (a tedy kůň ztratí svou hrud) a Býk si ponechá špičku rohu, zatímco Vozka obětuje svoji nohu (Ridpath, 2018).

Další záhadu představovala kombinovaná figura Hadonoše, kterou obepíná souhvězdí Hada. Delporte to vyřešil tím, že hada rozdělil na dvě části. Hlavu na jedné straně Hadonoše a ocas na té druhé. Souhvězdí Hada je jediné souhvězdí, které je takto rozděleno, ale obě poloviny stále patří pouze jednomu souhvězdí (Ridpath, 2018).

Delporte kreslil hranice souhvězdí pro epochu 1875, stejně jako americký astronom Benjamin Gould, který stanovil hranice jižních souhvězdí. Gouldovy hranice jižních souhvězdí byly publikovány v jeho díle "Uranometria Argentina" z roku 1877 (Ridpath, 2018).

Delporteovy nové hranice byly schváleny IAU na jejím všeobecném shromáždění v Leidenu v roce 1928. Shromáždění jej také požádalo, aby upravil Gouldovy hranice pro jižní polokouli, aby byly konzistentní s novým systémem pro severní část nebeské sféry. To udělal, zejména odstraněním diagonálních linií, které Gould občas používal, a nahrazením jinými svislými a vodorovnými liniemi. Výsledná práce byla publikována v roce 1930 v knize "Délimitation Scientifique des Constellations" a doprovodném díle "Atlas Céleste". V obou případech byl text ve francouzštině (Ridpath, 2018).

1.5 NEJVĚTŠÍ SOUHVĚZDÍ

Souhvězdí Hydry, největší z 88 moderních souhvězdí, má rozlohu 1 303 čtverečních stupňů a má tvar zavnutého hada, který se táhne od souhvězdí Raka na severu až k souhvězdí Vah a souhvězdí Kentaura na jihu. Přestože je na obloze rozlehlé, souhvězdí Hydry není zvláště výrazné nebo snadno rozpoznatelné souhvězdí. Jeho nejjasnější hvězda Alphard, má pozorovanou hvězdnou velikost 2,0 mag, což z ní činí pouze středně jasnou hvězdu. Souhvězdí Panny je mnohem snáze pozorovatelnější než souhvězdí Hydry, protože obsahuje hvězdu Spica, která je 16. nejjasnější hvězda na noční obloze. Spicu lze nalézt sledováním oblouku rukojeti Velkého vozu. Po Arcturu je to první jasná hvězda podél této imaginární linie. Souhvězdí Velké medvědice, největší souhvězdí na severní nebeské sféře, patří mezi nejznámější souhvězdí na obloze. Mnohem známější je část tohoto souhvězdí, hvězdný útvar Velký vůz, asterismus neboli pojmenované uskupení hvězd, které není

oficiálním souhvězdím, jej činí snadno identifikovatelným pro pozorovatele na severu v jakoukoli část roku. Šest hvězd, které tvoří tento útvar, má pozorovanou hvězdnou velikost okolo 2 mag a jsou snadno viditelná i za méně než ideálních podmínek (Constellation-guide, 2022).

Podobně jako souhvězdí Hydry je velké i souhvězdí Velryby, ale to není nijak zvlášť výrazné. Její nejjasnější hvězda Diphda (známá také jako Deneb Kaitos), má pozorovanou hvězdnou velikost 2,02 mag, což znamená, že je trochu slabší než Alphard. Souhvězdí Herkula je druhé největší severní souhvězdí a je značně snadněji rozpoznatelné, protože některé z jeho hvězd tvoří útvar známý jako Klenot (Keystone), který označuje Herkulovo hrudník. Nicméně souhvězdí nemá žádné hvězdy první nebo druhé hvězdné velikosti. Jeho nejjasnější hvězda, Kornephoros, je žlutý obr s pozorovanou hvězdnou velikostí 2,8 mag (Constellation-guide, 2022).

Souhvězdí Eridanu je šesté největší souhvězdí a zároveň domovem Achernaru, deváté nejjasnější hvězdy na noční obloze. Achernar označuje konec nebeské řeky a nachází se na jižním konci souhvězdí Eridanu. Severní konec tohoto souhvězdí sousedí se souhvězdím Orionu a souhvězdím Býka.

Souhvězdí Pegase je snadno rozpoznatelné, protože je součástí výrazného asterismu známého jako Pegasův čtverec. Pegasův čtverec je tvořen třemi jasnými hvězdami, konkrétně Scheat, Markab a Algenib ze souhvězdí Pegase a jedné hvězdy Alpheratz ze souhvězdí Andromedy (Constellation-guide, 2022).

2 ROZDĚLENÍ SOUHVĚZDÍ

Souhvězdí je možné rozdělit do několika různých skupin a kategorií, které se vztahují k jejich polohám na obloze nebo ke kulturním a historickým vlivům. Zde je přehled několika hlavních způsobů rozdělení souhvězdí (Nichols, 2017).

2.1 SEVERNÍ A JIŽNÍ POLOKOULE

Každý člověk, který se v noci podívá na oblohu, nevidí úplně stejnou sadu hvězd. Souhvězdí se objevují v různých pozicích během ročních období, mizí a znovu se objevují v závislosti na vašem místě na světě. Souhvězdí se posouvají na noční obloze a mnohá jsou jedinečná pro severní nebo jižní polokouli (Nichols, 2017).

Tyto hvězdy a jejich souhvězdí se posouvají kvůli pohybu Země při obíhání kolem Slunce. Pokud byste měřili pohyb noční oblohy vzhledem k pevnému referenčnímu bodu, mohli byste si všimnout, že se posouvá o jeden stupeň za den. Tento posun hvězd je pouze zdánlivým pohybem, podobně jako když sledujete, jak jeden automobil odjíždí od vašeho auta a máte pocit, že se pohybujete vzad. Země se otáčí západním směrem na východ, a proto se zdá, že i souhvězdí vycházejí z východu (Nichols, 2017).

Některá souhvězdí se posouvají sezónně, zatímco jiná jsou jedinečná pro severní nebo jižní polokouli. Hvězdné mapy vám pomohou objevit, která souhvězdí jsou viditelná a která mizí s průběhem ročních období. Souhvězdí jako např. souhvězdí Orionu mohou být vidět na obou polokoulích, v závislosti na vaší vzdálenosti od rovníku (zeměpisné šířce) a čase v roce. Pokud nevidíte celé souhvězdí, je pravděpodobné, že je příliš blízko k obzoru a jste příliš daleko na sever nebo na jih pro úplné pozorování tohoto souhvězdí (Nichols, 2017).

Souhvězdí se rozprostírají i napříč nebeským rovníkem. Pokud odečtete svou zeměpisnou šířku od 90 stupňů, budete schopni odhadnout, kolik souhvězdí z opačné polokoule můžete pozorovat. Zde je důležité si uvědomit, že souhvězdí, která jsou snadno viditelná z obou polokoulí, se mohou zdát převrácené na jedné polokouli oproti druhé (Nichols, 2017).

Severní polokoule nabízí pozorovatelům mnoho souhvězdí, která jsou specifická pro tuto oblast. Zde je přehled několika známých severních souhvězdí:

1. Velká medvědice (Ursa Major): Toto souhvězdí je jedním z nejznámějších na severní obloze. Obsahuje charakteristickou skupinu hvězd (asterismus) známou jako Velký vůz, který slouží coby navigační bod ke hledání hvězdy Polárky.
2. Kasiopea (Cassiopeia): Souhvězdí Kasiopeji je výrazné souhvězdí, které se nachází poblíž Severního světového pólu. Jasně hvězdy tohoto souhvězdí mají tvar písmene "W" nebo "M" a je dobře viditelná v zimních nocích.
3. Orion (Orion): Souhvězdí Orionu je monumentální souhvězdí, které je dobře viditelné na zimní obloze severní polokoule. Obsahuje hvězdy jako Betelgeuse a Rigel a je známé pro svou ikonickou postavu loveckého boha.
4. Býk (Taurus): Souhvězdí Býka je souhvězdí, které zahrnuje otevřenou hvězdokupu Plejády a červeného obra Aldebaran. Je dobře viditelné na jaře a na podzim.
5. Labuť (Cygnus): Toto souhvězdí je známé jako "Labuť" díky svému tvaru který připomíná tělo labutě. Obsahuje hvězdy Deneb a Albireo a je dobře viditelné v letních nocích.
6. Perseus (Perseus): Souhvězdí Persea je souhvězdí spojené s mýtem o hrdinovi Perseovi. Obsahuje známou proměnnou hvězdu Algol a je viditelné na podzim a na zimní obloze.

Na jižní polokouli se nachází spousta zajímavých souhvězdí, která jsou viditelná z oblastí nacházející se na jih od rovníku. V České republice tak bohužel tato souhvězdí nejsou k vidění. Zde je několik příkladů jižních souhvězdí:

1. Jižní kříž (Crux): Jedno z nejznámějších jižních souhvězdí poblíž Jižního světového pólu. Má charakteristický tvar kříže a je dominantním bodem na jižní obloze.
2. Jižní trojúhelník (Triangulum Australe): Toto souhvězdí je pojmenováno podle svého tvaru, který připomíná trojúhelník. Nachází se mezi souhvězdím Jižního kříže a souhvězdím Jižní koruny.
3. Jižní ryba (Pisces Austrinus): Toto souhvězdí je pojmenováno podle svého tvaru, který připomíná rybu. Nachází se v blízkosti souhvězdí Jižního trojúhelníku.

4. Jižní koruna (Corona Australis): Toto souhvězdí je pojmenováno podle svého tvaru, který připomíná korunu. Nachází se mezi souhvězdím Střelce a souhvězdí Jižní trojúhelník.
5. Štít (Scutum): Toto souhvězdí je pojmenováno podle svého tvaru, který připomíná štít. Nachází se v blízkosti souhvězdí Střelce.

Tato souhvězdí jsou pouze některými z mnoha, které můžeme pozorovat z jižní a severní polokoule (Nichols, 2017).

2.2 ROČNÍ OBDOBÍ

Díky pohybu Země okolo Slunce dochází k proměnám na noční obloze a každou roční dobu pozorujeme jinou část nebeského prostoru. Abychom měli lepší přehled, můžeme oblohu dále rozdělit na čtyři části podle ročních období (zpravidla podle severní polokoule), ve kterých daná souhvězdí nejlépe spatříme (Průvodce noční oblohou, 2000).

Na zimní obloze převládají významná souhvězdí. Jedním z nich je souhvězdí Orionu, legendárního bojovníka, který je složen z osmi jasných hvězd tvořících jeho hlavu, ramena, pas a nohy. Pod pasem Orionu je možné bez problémů spatřit jednu z nejkrásnějších mlhovin na severní obloze, známou jako "Velkou mlhovinu v Orionu" s označením M42. Dalším snadno rozpoznatelným souhvězdím je souhvězdí Býka, ve kterém vyniká jasná hvězda Aldebaran, představující oko býka. Souhvězdí Velkého psa, i když v našich zeměpisných šířkách nevyhází příliš vysoko nad obzor, ukrývá v sobě nejjasnější hvězdu na noční obloze – Sirius. Posledním významným souhvězdím zimní oblohy je souhvězdí Blíženců, ve kterém se nachází velmi jasné hvězdy jako jsou Castor a Pollux (Průvodce noční oblohou, 2000).

Na jarní obloze je základním orientačním útvarem takzvaný Jarní trojúhelník, který tvoří tři jasné hvězdy: Spika, Regulus a Arcturus. Podle těchto hvězd se můžeme na noční obloze velmi snadno orientovat a díky tomu je možné nalézt i další významná souhvězdí jarní oblohy, jako je souhvězdí Lva, souhvězdí Panny a souhvězdí Pastýře. Mezi typická jarní souhvězdí patří také souhvězdí Hydry. Bohužel, jarní obloha nenabízí tolik pozorovatelsky atraktivních objektů jako například mlhoviny nebo hvězdokupy na zimní obloze. Jedná se totiž o část oblohy, která je mimo disk naší Galaxie. Proto je zde hustota hvězd a dalších

objektů v této části oblohy znatelně nižší než na obloze zimní nebo letní (Průvodce noční oblohou, 2000).

Pokud bychom chtěli pozorovat letní oblohu, můžeme si za dobrých podmínek všimnout Mléčné dráhy, která se vypíná vysoko nad obzorem a její horizont se nachází někde pod souhvězdím Střelce. Základním orientačním bodem na letní obloze je Letní trojúhelník, který tvoří tři významné hvězdy: Vega, Deneb a Altair. Na letní obloze také najdeme souhvězdí Labutě s jasnou hvězdou Deneb, která představuje ocas labutě. Souhvězdí Lyry je dalším pozoruhodným souhvězdím na letní obloze a obsahuje nejjasnější hvězdu letní oblohy, Vega, která je pátou nejjasnější hvězdou na celé obloze. Nad souhvězdím Orla s jasnou hvězdou Altair se nachází malé souhvězdí Šípu, které je domovem další nádherné planetární mlhoviny M27. Méně výrazné souhvězdí na letní obloze zahrnuje také souhvězdí Herkula (Průvodce noční oblohou, 2000).

Podzimní obloha je jedinou, která nám nenabízí žádný výrazný zachytný útvar jako jsou Letní trojúhelník, Jarní trojúhelník nebo Zimní mnohoúhelník. Na podzimní obloze totiž není dostatek jasných hvězd nebo jinak význačných hvězd, které by nám sloužily jako orientační body. Nicméně, dominujícím souhvězdím na podzimní obloze je souhvězdí Pegase. V souhvězdí Andromedy se také nachází nejbližší galaxie k naší Galaxii, známá jako M31 nebo Velká galaxie v Andromedě. Velká galaxie v Andromedě je nazývána také jako Velká mlhovina v Andromedě. Tento název vycházel z tehdejšího chápání galaxií jako mlhovinných objektů. Za dobrých pozorovacích podmínek je to nejvzdálenější objekt, který můžeme spatřit pouhým okem. Pod souhvězdími Pegase a Andromedy se nachází i méně výrazné souhvězdí Ryb (Průvodce noční oblohou, 2000).

2.3 CÍRKUMPOLÁRNÍ SOUHVĚZDÍ

Souhvězdí cirkumpolární, také nazývaná jako obtočnová, nespádají do klasického rozdělení podle ročních dob, protože se nacházejí v části oblohy, která je viditelná u nás po celý rok. V České republice máme celkem 5 cirkumpolárních souhvězdí. Jedná se o souhvězdí Žirafy, Kasiopeji, Cefeja, Draka a Malého medvěda. Mezi jedno z nejznámějších souhvězdí naší oblohy v České republice, je bezpochyby souhvězdí Velké medvědice, které obsahuje část nazývanou "Velký vůz". U Velké medvědice je cirkumpolární v České republice pouze její větší část. Malá část z ní zapadá pod obzor, a tudíž ji nemůžeme v České republice počítat mezi cirkumpolární souhvězdí. Velký vůz, který je po celý rok možnost pozorovat, je tvořen

sedmi nejjasnějšími hvězdami souhvězdí Velké medvědice, z nichž každá má dokonce své vlastní jméno. Konec Velkého vozu slouží jako užitečný nástroj pro nalezení další významné hvězdy, Polárky (Severky), která se používá pro orientaci podle světových stran. Jedno z výrazných cirkumpolárních souhvězdí na naší obloze je Kasiopeja s jejím charakteristickým tvarem "M" či "W" (Průvodce noční oblohou, 2000).

2.4 ŘECKÁ SOUHVĚZDÍ

Existuje celkem 48 starověkých řeckých souhvězdí, která jsou uvedena řeckým astronomem Klaudiem Ptolemaiem v díle *Almagest* z 2. století n. l. Kromě jednoho z těchto souhvězdí se všechna dochovala a jsou oficiálně uznávána Mezinárodní astronomickou unií (IAU). Většina z nich je spojena s příběhy z řecké mytologie (Constellation-guide, 2011).

Ptolemaios identifikoval již v té době 12 souhvězdí zvěrokruhu, 21 souhvězdí severní polokoule a 15 souhvězdí polokoule jižní. Moderní verze 48 řeckých souhvězdí však není identická s těmi, které Ptolemaios zaznamenal, protože tato souhvězdí se v průběhu času výrazně změnila, než byly stanoveny oficiální hranice souhvězdí v raném období 20. století. Navíc se od antiky změnila definice termínu "suhvězdí". Dříve označovalo hvězdný útvar vytvořený nejjasnějšími hvězdami souhvězdí. Nyní jsou souhvězdí definována jako oblasti na obloze, nikoli jako hvězdné vzory, s hranicemi jasně stanovenými IAU. Ptolemaios a mnoho následovníků považovalo souhvězdí za hvězdné útvary a hvězdy identifikovali podle jejich polohy uvnitř nich (Constellation-guide, 2011).

Jediné řecké souhvězdí, které není zahrnuto mezi 88 moderních souhvězdí, je souhvězdí Argo Navis (loď Argo). V době Ptolemaia a mnoho století poté byla Argo Navis největším souhvězdím na obloze. Zabíralo velkou část jižní oblohy a představovalo loď Argonautů, na které Jason a Argonauti pluli na své cestě za zlatým rounem. Souhvězdí lodi Argo bylo používáno až do roku 1930, kdy Mezinárodní astronomická unie (IAU) stanovila hranice moderních souhvězdí a formálně rozdělila Argo na tři menší souhvězdí: souhvězdí Lodního kýlu, představující kostru lodi, souhvězdí Lodní zádě a souhvězdí Plachet (Constellation-guide, 2011).

3 POHYBY HVĚZD

Ve vesmíru je v pohybu úplně všechno a ani hvězdy nejsou výjimkou. Slunce a ostatní blízké hvězdy v naší Galaxii se pohybují okolo galaktického centru rychlostí 240 km/s. Velikost a směr pohybu veškeré hmoty ve vesmíru můžeme zkoumat na základě všeobecného gravitačního zákona. Tvar pohybu jednotlivých těles ve vesmíru je různý. Jiné trajektorie mají planety, hvězdy, mlhoviny a hvězdokupy (Kéhar, 2010).

Noční obloha, na které jsme již v dětství mohli pozorovat souhvězdí, bude stejná, i když zestárneme. Hvězdy se samozřejmě pohybují, a tak za několik tisíc let nebudou na stejném místě, jako je vidíme dnes. Abychom mohli sledovat přesnou polohu hvězd, musíme se s pozorováním přesunout do vesmíru. V roce 1989 byla Evropskou kosmickou agenturou zahájena mise s názvem HIPPARCOS. Úkolem této mise bylo měřit pohyb a polohu blízkých hvězd v naší Galaxii. V průběhu mise bylo přesně změřeno více jak 118 000 hvězd a pro dalších 2 miliony hvězd mise poskytla hrubé výpočty (Cain, 2017).

V roce 2013 spustila Evropská kosmická agentura misi Gaia, která mapuje víc jak miliardu hvězd v naší Galaxii. To tvoří přibližně 1 % všech hvězd v naší Galaxii. Družice Gaia, která má zmíněné pozorování na starosti, momentálně sleduje pohyb 150 milionů hvězd a následně vypočítá, kam se hvězdy v průběhu času ubírají (Cain, 2017).

Díky těmto výpočtům si můžeme všimnout, že během tisíců až desetitisíců let budou pozice hvězdy na úplně jiných místech. To bude mít za následek i dramatickou změnu tvaru spojníc jasných hvězd souhvězdí, které budou vypadat úplně jinak, než je známe dnes (Cain, 2017).

3.1 KINEMATIKA HVĚZD

Výzkum kinematiky hvězd a jejich skupin v okolí Slunce je klíčovým zdrojem informací o velkorozměrové struktuře Galaxie. Pro zjištění radiální složky prostorové rychlosti vztážené k Slunci se využívají spektroskopická měření, zatímco pro stanovení tečné složky relativní rychlosti se využívají měření vlastního pohybu hvězd a jejich paralaxy. Astrometrická družice HIPPARCOS přinesla průlomový pokrok v této oblasti (Vaughan, 2018).

Mnoho hvězd existuje v binárních systémech, kde se dvě hvězdy pohybují kolem společného těžiště. Tyto systémy mohou vykazovat složité orbitální pohyby, které způsobují zdánlivý posun obou hvězd v průběhu času. Gravitační interakce mezi hvězdami

mohou vést k variacím ve vzdálenosti a orbitálních parametrech, což má za následek patrné změny v jejich zdánlivých pozicích. Pozorování pohybu binárních hvězd umožňuje astronomům studovat dynamiku hvězd a gravitační interakce (Vaughan, 2018).

Vlastní pohyb hvězd se obvykle měří v jednotkách úhlových vteřin za rok. Nejrychleji se pohybuje Barnardova šipka ze souhvězdí Hadonoše, v deklinaci přes 10 úhlových vteřin za rok. I když většina hvězd má relativně malý vlastní pohyb, pečlivá pozorování a analýza dat odhalují významný posun během delších časových období. Pokročilé astrometrické techniky, jako je například používání kosmických dalekohledů Gaia, umožňují astronomům přesně měřit a sledovat pohyb velkého množství hvězd. Tato měření poskytují cenná data pro studium hvězdných populací, kinematiku galaxií, a dokonce přítomnost exoplanet (Vaughan, 2018).

3.2 ROTACE GALAXIE

Pomocí analýzy závislosti pozorovaných radiálních rychlostí v_r a vlastního pohybu μ běžných hvězd ve slunečním okolí na galaktické délce l je možné odhalit, že objekty diskové složky, včetně Slunce, se účastní galaktické rotace kolem centra Galaxie. Tato závislost má podobu dvojitě sinusoidy, přičemž maximální radiální rychlost se pozoruje v galaktické délce $l = 45^\circ$ a 225° , zatímco minimum je ve směrech $l = 135^\circ$ a 315° . Maximum tečné rychlosti je pozorováno ve směru k centru Galaxie, zatímco minimum je ve směru a proti směru pohybu Slunce (Mikulášek, a další, 2005).

Pro získání kompletního průběhu tzv. rotační křivky, tedy závislosti rotační rychlosti v_r na vzdálenosti od centra, se využívají pozorování oblaků neutrálního vodíku na vlnové délce 0,21 m. Tyto oblaky patří rovněž k velmi mladé diskové složce Galaxie a jejich dráhy jsou velmi blízké kružnici. Z průběhu zjištěné rotační křivky lze odvodit rozložení hmoty v Galaxii, tedy chod závislosti celkové hmotnosti galaktické látky $M(R)$ nacházející se uvnitř dráhy objektu o poloměru R . Rovnost zrychlení při rovnoměrném kruhovém pohybu a gravitačního zrychlení umožňuje tento vztah odvodit:

$$\frac{V^2(R)}{R} = G \frac{M(R)}{R^2} \Rightarrow V(R) = \sqrt{\frac{G M(R)}{R}} \Rightarrow M(R) = \frac{V(R)^2 R}{G} ; \frac{dM(R)}{dR} = \frac{V(R)^2}{G}$$

4 VZDÁLENOSTI HVĚZD

Hvězdné vzdálenosti jsou jedním z klíčových faktorů pro pochopení kosmického prostoru a jeho objektů. V tomto článku se budeme zabývat tím, jak se měří vzdálenosti hvězd a jaké jsou nejnovější poznatky v této oblasti (Bailer-Jones, 2017).

4.1 ASTRONOMICKÁ JEDNOTKA

Astronomická jednotka (au) byla původně střední vzdálenost Země od Slunce, v roce 2012 ji IAU definovala jako 149 597 870 700 m přesně a změnila zkratku z AU na au. Astronomická jednotka se používá jako standardní měřítko pro vzdálenost v naší Sluneční soustavě. Au se často používá v astronomii pro vyjádření vzdálenosti planet, planetek a komet od Slunce (Wilkins, 1989).

Podle Mezinárodní astronomické unie (IAU) je 1 au definována jako přesně 149 597 870 700 metrů, což je přibližně 93 milionů mil. Tato definice byla přijata v roce 2012 a nahradila předchozí definici, která se zakládala na střední vzdálenosti mezi Zemí a Sluncem v roce 1900 (Wilkins, 1989).

Existuje mnoho způsobů, jak lze vypočítat vzdálenost mezi Zemí a Sluncem. Jeden z nejpřesnějších způsobů využívá pozorování zemské dráhy a slunečních cyklů. Výsledná hodnota se může lišit v závislosti na zvolené metodě, ale vždy se jedná o velmi přesnou hodnotu (Wilkins, 1989).

Astronomická jednotka je důležitá v mnoha oblastech astronomie. Pomáhá například vypočítat dobu oběhu planet kolem Slunce a určovat polohy planet v naší Sluneční soustavě (Wilkins, 1989).

Výhodou používání au je, že poskytuje jednotné měřítko pro vzdálenosti v naší Sluneční soustavě. To usnadňuje porovnávání a interpretaci vzdáleností různých objektů. Je také užitečná pro komunikaci mezi astronomickými pracovníky po celém světě (Wilkins, 1989).

4.2 SVĚTELNÝ ROK

Používání světelného roku sahá až do 17. století, kdy byla poprvé objevena paralaxa hvězd a začaly se tak vyvíjet metody pro měření vzdáleností v kosmu. Světelný rok byl poprvé použit v roce 1672 dánským astronomem Ole Rømerem pro měření vzdáleností mezi hvězdami (Wilkins, 1989).

Světelný rok je definován jako vzdálenost, kterou světlo urazí za jeden juliánský rok ve vakuu, což odpovídá přibližně 9,46 bilionům kilometrů. Tato jednotka se používá k měření vzdáleností v kosmu, například pro vyjádření vzdáleností mezi hvězdami.

Světelný rok je důležitou jednotkou v astronomii a používá se k měření vzdáleností hvězd a galaxií. Například nejbližší hvězda k Zemi, Proxima Centauri, je vzdálena přibližně 4,24 světelných let (Wilkins, 1989).

4.3 PARSEK

Parsek (parsec, zkratka z anglického "parallax of one arcsecond") je jednotka, která se používá v astronomii pro měření velkých vzdáleností v galaxiích a vesmíru. Parsek se definuje jako vzdálenost, ze které by průměrný zemský oběh kolem Slunce (1 astronomická jednotka) poskytl úhel jedné úhlové vteřiny, z pohledu pozorovatele na Zemi. To znamená, že jeden parsek je asi 3,26 světelných let nebo přibližně 31 bilionů kilometrů. Tato jednotka se často používá v astronomických výzkumech a pozorováních, zejména k měření vzdáleností v rámci naší Galaxie (May, 2022).

4.4 METODY MĚŘENÍ HVĚZDNÝCH VZDÁLENOSTÍ

V minulosti se pro měření vzdálenosti hvězd používala metoda (roční) paralaxy. Tato metoda spočívá v měření úhlového posunu hvězdy na obloze při pozorování ze dvou různých bodů na Zemi. Tuto metodu můžeme využít i při pohybu Země okolo Slunce. Tyto posuny se poté používají k výpočtu vzdálenosti hvězdy od Země pomocí triangulace. Avšak tato metoda je použitelná pouze pro hvězdy v blízkosti Slunce, a to do vzdálenosti zhruba 100 parseků (Bailer-Jones, 2017).

Od té doby byly vyvinuty nové metody měření vzdáleností, jako je například spektroskopická paralaxa, fotometrická paralaxa a další. Spektroskopická paralaxa využívá spektrálních posunů hvězdných čar ke stanovení vzdálenosti hvězdy. Fotometrická paralaxa pak využívá intenzity světla hvězdy a porovnání s hvězdami o známé vzdálenosti k výpočtu vzdálenosti (Bailer-Jones, 2017).

Nejnovější výzkumy v této oblasti se soustředí na využití kosmických sond, jako je Gaia, která je schopna měřit paralaxu a další charakteristiky mnoha hvězd v Galaxii. Díky této misi bylo možné měřit vzdálenosti hvězd s větší přesností až do vzdálenosti 30 000 parseků (Bailer-Jones, 2017).

Dalším významným projektem v této oblasti je projekt James Webb Space Telescope (JWST), který nám již od roku 2021 přispěl k mnoha významným poznatkům. JWST je schopen pozorovat a mapovat vzdálené hvězdy a galaxie s vysokou přesností a detaily, což umožňuje vědcům získat další informace o těchto objektech a zlepšit naše porozumění vesmíru (Bailer-Jones, 2017).

Výzkum hvězdných vzdáleností má důležité aplikace v různých oblastech astrofyziky, jako je studium vývoje hvězd, interakce mezi hvězdami, výzkum galaxií a určování vzdáleností a rychlostí vesmírných objektů (Bailer-Jones, 2017).

4.5 PARALAXA

Paralaxa je základní metodou pro měření vzdáleností v kosmologii. Jedná se o měření zdánlivého pohybu hvězdy na obloze, když je pozorována z různých pozic Země na oběžné dráze kolem Slunce. Tento zdánlivý pohyb se nazývá paralaktický úhel a je přímo úměrný vzdálenosti hvězdy. Paralaxa se měří pomocí pozorování hvězd s pomocí speciálních přístrojů, jako je Gaia (Bailer-Jones, 2017).

4.6 SPEKTROSKOPIE

Další metodou pro měření vzdáleností je spektroskopie. Tato metoda se používá k určení vzdálenosti galaxií pomocí červeného posuvu. Spektroskopie měří spektrální čáry, které jsou posunuty k červenému konce spektra, což indikuje, že se galaxie vzdaluje od Země. Čím větší je tento posuv, tím větší je vzdálenost mezi Zemí a galaxií (Bailer-Jones, 2017).

5 ZÁKLADNÍ SOUŘADNÉ SOUSTAVY

Astronomie je jednou z nejstarších věd a zabývá se pozorováním a studiem vesmíru. Jednou z klíčových součástí astronomického výzkumu je určení polohy a pohybu nebeských těles. K tomu slouží souřadnicové systémy, které umožňují jednoznačně popsat polohu objektů na obloze. Mezi nejdůležitější astronomické souřadnicové systémy patří základní astronomické souřadné soustavy (Meeus, 1998).

Základní astronomické souřadné soustavy jsou dvě: ekliptikální soustava a rovníková soustava. Rovníková soustava se používá k určení polohy nebeských těles vzhledem k rovníku Země, zatímco ekliptikální soustava se používá k určení polohy nebeských těles vzhledem k rovině oběhu Země kolem Slunce (Meeus, 1998).

5.1 ROVNÍKOVÁ SOUSTAVA

Rovníková soustava je jednou ze základních soustav souřadnic v astronomii. Tato soustava se vyznačuje použitím roviny rovníku Země jako referenční plochy a osy rotačního pólu Země jako osy. V této práci se zaměříme na popis této soustavy a její použití v astronomii (Lenža, 2002).

5.1.1 ROVNÍKOVÁ SOUSTAVA II. DRUHU

Deklinace je jedna z rovníkových souřadnic, která slouží k určení polohy hvězd a dalších objektů na obloze. Spolu s rektascenzí, druhou rovníkovou souřadnicí, lze přesně popsat polohu hvězdy (nebo planety atd.) na hvězdné obloze (Brandos, 2016).

Deklinace udává úhlovou vzdálenost hvězdy od nebeského rovníku. Měří se po deklinační kružnici, která je kolmá k rovině nebeského rovníku. Jednotky jsou ve stupních a hodnoty deklinace se pohybují od 0° do 90° . Směrem k severnímu světovému pólu dosahuje deklinace kladných hodnot (až $+90^\circ$), zatímco směrem k jižnímu světovému pólu dosahuje záporných hodnot (až -90°). Pro deklinaci se používá zkratka dec a symbol δ (Brandos, 2016).

Rektascenze je druhá ze souřadnic, které se používají k určení polohy hvězd a jiných objektů na obloze. Jedná se o úhel měřený na rovníku od jarního bodu v opačném směru pohybu hvězd přes den. Obvykle se vyjadřuje v hodinách od 0 hod do 24 hod, případně ve stupních od 0° do 360° , přičemž jedna hodina odpovídá 15° . Rektascenze je úhlová vzdálenost mezi jarním bodem a bodem na nebeském rovníku, kde deklinace (druhá ze souřadnic

používaných na nebeské sféře) hvězdy kříží rovník. Rektascenze objektu na nebeské sféře se nemění s časem, protože jarní bod, který je referenčním bodem pro tuto souřadnicovou síť, se pohybuje se zdánlivým denním pohybem oblohy. Pro rektascenzi se používají zkratky RA, Ra a symbol α (Lenža, 2002).

Rovníková soustava se používá především pro pozorování planet a jiných těles Sluneční soustavy, které se pohybují v blízkosti ekliptiky. V této soustavě se například určují polohy planet na obloze, což umožňuje přesné sledování jejich pohybu a výpočet dalších astronomických veličin (Lenža, 2002).

5.2 EKLIPTIKÁLNÍ SOUSTAVA

Základní rovinou této soustavy souřadnic je rovina ekliptiky, v té leží oběžná trajektorie Země kolem Slunce. Ekliptika se protíná s nebeským rovníkem ve dvou bodech. Jedná se o jarní a podzimní (Lenža, 2002).

Pro určení polohy hvězd na obloze se v této soustavě používají ekliptikální souřadnice. První z těchto souřadnic se nazývá ekliptikální délka a udává úhel mezi jarním bodem a bodem, kde se nachází daná hvězda na obloze. Druhá souřadnice se nazývá ekliptikální šířka a udává vzdálenost dané hvězdy od roviny ekliptiky (Lenža, 2002).

Ekliptikální soustava se používá pro určování polohy planet a dalších těles Sluneční soustavy na obloze. Tato soustava je důležitá zejména pro výpočet pozic planet, což umožňuje přesné sledování jejich pohybu a výpočet dalších astronomických veličin, jako jsou například velikosti zatmění (Lenža, 2002).

5.3 OBZORNÍKOVÉ SOUŘADNICE

Obzorníkové souřadnice jsou souřadnice používané k určování poloh nebeských těles na nebeské sféře. Základní rovinou pro tyto souřadnice je rovina obzoru, což je rovina vodorovného pohledu, kterou považujeme za referenční. Jako výchozí bod se bere jižní bod obzoru, který je průsečíkem meridiánu (imaginární linie spojující severní a jižní světový pól) s rovinou obzoru. Mezi obzorníkové souřadnice patří astronomický azimut a výška. Tyto obzorníkové souřadnice jsou užitečné pro lokalizaci a sledování nebeských těles, a umožňují nám přesně popsat jejich polohu na obloze.

5.3.1 ASTRONOMICKÝ AZIMUT

Astronomický azimut (A): Jedná se o úhel mezi meridiánem a výškovou kružnicí, na které se promítá pozorované nebeské těleso. Azimut se měří v hodnotách od 0° do 360° a směr se určuje od jižního bodu obzoru ve směru hodinových ručiček. Je důležité si uvědomit, že astronomický azimut se liší od topografického azimutu.

5.3.2 VÝŠKA

Výška (h): Vyjadřuje výšku nebeského tělesa nad obzorem. Měří se po obvodu výškové kružnice a může nabývat kladných i záporných hodnot. Rozsah výšky je od 0° do 90° pro nebeská tělesa nad obzorem a od 0° do -90° pro nebeská tělesa pod obzorem. Někdy se místo výšky používá zenitová vzdálenost z , což je vzdálenost nebeského tělesa od zenitu pozorovatele.

6 HVĚZDY

Definovat hvězdy není vůbec jednoduchá záležitost. Za hvězdy považujeme horké svítící objekty, které jsou relativně stabilní gravitačně vázaná tělesa. Hvězda vzniká při gravitačním zhroucením mezihvězdné látky v mlhovinách. Tímto procesem se teplota uvnitř hvězdy začne zvyšovat natolik, že se ve hvězdách zažehnou termonukleární reakce.

Hmotnost hvězdy je rozhodujícím faktorem pro její vzhled, vnitřní stavbu a vývoj, zatímco ostatní charakteristiky, jako je rotace a počáteční chemické složení, mají jen okrajový vliv. Podle této perspektivy lze definovat hvězdu jako samostatné gravitačně vázané těleso o hmotnosti od 0,013 do několika set Sluncí. Nejméně hmotné hvězdy jsou chladní hnědí trpaslíci, jejichž hmotnost se pohybuje od 0,013 do 0,075 Sluncí. Tyto hvězdy se liší od ostatních tím, že nikdy nedosáhnou teploty potřebné pro vznik termonukleárních reakcí, při nichž se mění vodík na helium. Během určitého období však uvnitř hvězdy hoří vzácnější prvky, jako je deuterium a lithium, a tato reakce přispívá k celkové energii hvězdy. Objekty s hmotností menší než 0,013 Sluncí se běžně nazývají planety, a v nich termonukleární reakce nikdy neprobíhaly a pravděpodobně ani neproběhnou. Hvězdy s hmotností nad 50 hmotností Slunce se v současné době vyskytují velmi zřídka a mají krátký život. První hvězdy, které se ve vesmíru objevily, pravděpodobně měly hmotnost několika set Sluncí (Mikulášek, a další, 2005).

6.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY HVĚZD

Základní vlastnosti hvězd můžeme rozdělit na vnitřní a vnější parametry. Vnější charakteristiky se dále dělí na relativní (jako je vzdálenost a hvězdná velikost), které se mění v závislosti na pozici pozorovatele, a absolutní. Vnitřní charakteristiky zahrnují pouze centrální teplotu a centrální tlak. Existuje mnoho vnějších charakteristik, které se používají v charakteristice hvězd. Počínaje hvězdnou velikostí až po spektra hvězd a jejich spektrální třídy, které jsou spojené s efektivní teplotou, a lze podle ní řadit hvězdy. Pomocí zářivého výkonu a efektivní teploty lze odvodit poloměr hvězdy. Hmotnost je nejdůležitější charakteristikou hvězdy, neboť předurčuje její stavbu a vývoj. Hmotnost lze zjistit pomocí gravitačních účinků na druhé hvězdy (podle 3. Keplerova zákona) (Kéhar, 2010).

6.1.1 HVĚZDNÁ VELIKOST

Světlo, obecně elektromagnetické záření, je hlavním signálem, který získáváme z vesmíru. Je proto důležité umět měřit jasnost hvězd a galaxií. Pokud dokážeme kvantifikovat, jak jasný objekt je, můžeme ho porovnat s ostatními objekty. Tím také můžeme zjistit, zda se jasnost objektu časem mění. Hvězdná velikost jednoduše řečeno vyjadřuje jasnost objektu. Čím nižší (nebo zápornější) hodnota, tím je objekt jasnější (Newsam, 2017).

Škála hvězdné velikosti byla stanovena na přelomu letopočtů starověkým řeckým astronomem jménem Hipparchos, později antickým astronomem Klaudiem Ptolemaiem. Nejjasnějším hvězdám přiřadili hodnotu 1 a nejslabším hvězdám, které byli schopni vidět pouhýma očima, přiřadili hodnotu 6 (Newsam, 2017).

Matematicky se tomuto tématu věnoval Pogson až v roce 1854. Od vynalezení stále lepších teleskopů muselo být měřítko hvězdné velikosti rozšířeno. Nyní víme o objektech mnohem slabších, než je limit viditelného oka s hodnotou 6. Do měřítka zahrnujeme také jasnější objekty s hvězdnou velikostí menší než 1 mag. Například hvězda Vega má hvězdnou velikosti 0 mag. Proto objekt jasnější, než Vega bude mít zápornou hvězdnou velikost, zatímco slabší objekt bude mít kladnou hvězdnou velikost. Sirius, v souhvězdí Velkého psa (Canis Major), je nejjasnější hvězdou na noční obloze a má hvězdnou velikost $-1,5$ mag (Newsam, 2017).

Existuje několik druhů hvězdné velikosti. Absolutní hvězdná velikost (na konkrétní vlnové délce) udává, jak jasný by objekt byl, pokud by byl ve vzdálenosti 10 parseků čili 32,6 světelných roků od Země. Bolometrická hvězdná vzdálenost je odvozená z celkového toku záření ve všech vlnových délkách přepočtená do vzdálenosti 10 parseků (Newsam, 2017).

7 GALAXIE MLÉČNÁ DRÁHA

Hvězdy v Galaxii nejsou rovnoměrně rozloženy na nebeské sféře. V některých směrech jich pozorujeme více než v jiných směrech. Největší koncentrace hvězd se nachází podél hlavní kružnice, která svírá úhel $62,6^\circ$ s rovinou nebeského rovníku. Tento útvar se nazývá Mléčná dráha. Pás Mléčné dráhy se skládá z množství jednotlivých i nerozlišených hvězd a jeho struktura je nepravidelná. Pozorujeme zde různá rozdojení, přerušení, mosty i temné díry, které jsou způsobeny extinkcí světla vzdálených hvězd shluky prachových oblaků mezihvězdné látky (Mikulášek, a další, 2005).

Díky sklonu Mléčné dráhy k nebeskému rovníku ji můžeme v našich zeměpisných šířkách vidět každou noc. Avšak kvůli tomuto sklonu nelze vidět některé velmi bohaté části Mléčné dráhy, které se nacházejí na jižní obloze v souhvězdích Centaura, části lodi Argo, souhvězdí Jižního kříže a souhvězdí Rajky. Abychom viděli Mléčnou dráhu celou, museli bychom odcestovat do zeměpisných šířek Káhiry (Mikulášek, a další, 2005).

Fakt, že hlavní kružnice je osou Mléčné dráhy, naznačuje, že hvězdy i mezihvězdná hmota se v Galaxii koncentrují poblíž základní roviny, kterou nazýváme rovina Galaxie. To nám dále naznačuje, že Slunce se nachází v bezprostřední blízkosti této roviny (Mikulášek, a další, 2005).

7.1 VELIKOST A HMOTNOST

Naše Galaxie má tvar zploštělého disku, jak už předpokládali Herschel a Kapteyn. Slunce se nachází v blízkosti galaktické roviny, přibližně v jedné třetině vzdálenosti mezi středem a okrajem galaktické soustavy, tak jak to popsal astronom Shapley. Střed Galaxie se nachází ve směru určeném rovníkovými souřadnicemi (ekvinokcium 2000) $\alpha = 17^{\text{h}}45^{\text{m}}37,23^{\text{s}}$, $\delta = -28^\circ56'10,22''$. Vzdálenost Slunce od středu Galaxie byla mnohokrát revidována, nicméně na ni se nedoporučuje příliš spoléhat. Nejnovější studie se obvykle kloní k hodnotě $R_0 = (7,0 \pm 0,8)$ kpc. Celkový průměr galaktického disku tvořeného prachem, plynem a hvězdami je zhruba 50 kpc (Mikulášek, a další, 2005).

Avšak, mnohem důležitější je nejistota v odhadu celkové hmotnosti Galaxie. Původně se zdálo, že hmotnost Galaxie velmi dobře koresponduje s celkovou hmotností hvězd a mezihvězdné hmoty. Avšak novější měření pohybu vzdálených částí Galaxie v sedmdesátých letech ukázala, že celková hmotnost Galaxie může být mnohem větší.

Většina hmoty Galaxie je skryta v temném halo, jehož rozměry mnohonásobně převyšují rozměry viditelné části soustavy. Podobné temné halo, které obsahuje většinu hmoty systému, je pravděpodobně přítomno i v jiných galaxiích. Povaha této látky, která se projevuje pouze svou gravitací, zůstává stále nejasná (Mikulášek, a další, 2005).

8 TVORBA MAP SOUHVĚZDÍ

V následující části vysvětlíme, jak můžeme vytvářet mapy souhvězdí. Protože musíme převádět kulovou plochu hvězd na rovinu, musíme využít jednu z metod kartografického zobrazení. Na mapách budeme reprezentovat hvězdy jako kotoučky s různými průměry.

8.1 HIPPARCOS A SIMBAD

Astronomie je věda, která se zabývá zkoumáním vesmíru a objevováním tajů hvězd, galaxií a dalších kosmických objektů. Provedení takového výzkumu vyžaduje přístup ke spolehlivým a rozsáhlým databázím, které shromažďují a poskytují informace o těchto objektech. Dvě z nejdůležitějších a nejuznávanějších databází v astronomickém světě jsou HIPPARCOS a SIMBAD (Myers, 2023).

Databáze HIPPARCOS, založená Evropskou kosmickou agenturou (ESA), byla vytvořena na základě údajů získaných během mise HIPPARCOS. Tato mise, která probíhala v letech 1989 až 1993, byla zaměřena na přesné měření poloh a jasností více než milionu hvězd v naší Galaxii. Výsledkem této mise byl katalog s označením HIPPARCOS Catalogue, který se stal základem databáze HIPPARCOS (Myers, 2023).

Databáze HIPPARCOS obsahuje nejen přesné polohy a jasnosti hvězd, ale také další informace, jako jsou pohyby hvězd a jejich spektrální charakteristiky. Tyto údaje poskytují astronomům důležité informace pro studium hvězd a jejich vývoje. Data, které v HIPPARCOS nalezneme jsou neaktualizovaná, jelikož novější data z mise HIPPARCOS nejsou (Myers, 2023).

Další důležitou databází v astronomickém výzkumu je SIMBAD (Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data). SIMBAD, spravovaný Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS) ve Francii, je komplexní databází, která shromažďuje a poskytuje informace o různých astronomických objektech (Simbad, 2023).

SIMBAD obsahuje informace o hvězdách, galaxiích, kvasarech, planetkách a dalších kosmických objektech. Pro každý objekt zaznamenaný v databázi SIMBAD jsou k dispozici údaje o polohách, spektrálních typech, hvězdných velikostech v různých spektrálních oborech, vzdálenostech a mnoha dalších vlastnostech. Databáze je také propojena s dalšími zdroji, jako jsou vědecké publikace a astronomické katalogy, což astronomům umožňuje snadný přístup ke kompletním informacím (Simbad, 2023).

Výhodou databáze SIMBAD je její uživatelská přívětivost a rozsáhlá pokrytí různých objektů. Další z výhod, kterou nabízí, je její aktualizace, kterou bohužel HIPPARCOS nedisponuje. Astronomové ji využívají pro identifikaci a charakterizaci objektů, vyhledávání souvisejících informací a získávání přehledu o aktuálním stavu výzkumu v dané oblasti. Díky SIMBAD je možné rychle získat přesné a relevantní informace potřebné pro astronomické studie (Simbad, 2023).

Souběžné využívání databází HIPPARCOS a SIMBAD astronomům poskytuje cenné nástroje pro provádění jejich výzkumu. Tyto databáze jim umožňují získat důležité informace o hvězdách, galaxiích a dalších objektech, které jsou nezbytné pro hlubší porozumění vesmíru a jeho tajemství. Díky těmto zdrojům jsou astronomové schopni posunout hranice našeho poznání a odhalovat nová fakta a objevy, které přinášejí nový pohled na vesmír (Simbad, 2023).

8.2 KARTOGRAFICKÉ ZOBRAZENÍ

V podstatě všechny kartografické projekce mají nějaký stupeň zkreslení, a proto je důležité vybrat vhodnou projekci v závislosti na konkrétním účelu mapy a oblasti, kterou mapujeme. Každá projekce má své výhody a omezení a je třeba zvážit, které vlastnosti jsou pro daný účel nejdůležitější (Tichý, a další, 1965).

Matematický zeměpis a kartografie se tedy zabývají studiem těchto zkreslení a vývojem metod a technik, které minimalizují jejich dopad a snaží se co nejvíce zachovat důležité vlastnosti původních objektů na mapě (Tichý, a další, 1965).

Pro zobrazení části nebeské sféry na plochu je nutné využít tzv. kartografické zobrazení. Takováto zobrazení můžeme dělit podle několika hledisek.

8.2.1 KARTOGRAFICKÉ ZOBRAZENÍ PODLE TYPU ZKRESLENÍ

Každé kartografické zobrazení se potýká s problémem zkreslení, protože není možné přesně převést kulovou plochu Země na rovinu, jelikož mají různou křivost. Z tohoto důvodu jsou všechny obrazy částí kulové plochy zkreslené. Zkreslení se projevuje v úhlech, délkách nebo plochách. Z tohoto hlediska rozlišujeme zobrazení na úhlojevné (konformní zobrazení), plochojevné (ekvivalentní zobrazení) nebo délkojevné (ekvidistantní zobrazení).

Je důležité si uvědomit, že nikdy nelze zachovat všechny úhly, plochy a délky (Tichý, a další, 1965).

Existuje také další typ zobrazení, které se nazývá vyrovnávací nebo kompenzační zobrazení. U těchto zobrazení dochází ke zkreslení úhlů i ploch, ale toto zkreslení je menší než u ekvivalentních nebo konformních zobrazení (Tichý, a další, 1965).

8.2.2 KARTOGRAFICKÉ ZOBRAZENÍ PODLE ZOBRAZOVACÍ PLOCHY

Dalším aspektem při kartografickém zobrazení je typ pomocné zobrazovací plochy. Tento typ rozděluje zobrazení do tří kategorií: azimutální, válcové a kuželové. Projekční plochou tohoto kartografického zobrazení může být rovina, plášť válce nebo kužele. Název azimutální vyplývá z toho, že při tomto zobrazení jsou zachovány úhly mezi poledníky, tj. azimuty. Mezi zobrazení podle zobrazovací plochy patří také zobrazení normální (pólová), zobrazení transversální (příčná) a zobrazení obecná (šikmá) (Tichý, a další, 1965).

8.2.3 KARTOGRAFICKÉ ZOBRAZENÍ PODLE ZPŮSOBU VZNIKU OBRAZU

Při využití kartografického zobrazení podle způsobu vzniku obrazu musíme rozlišovat, mezi perspektivním (projekčním) a neperspektivním (zobrazovacím) způsobem. Projekce vzniká centrálním promítáním na zobrazovací plochu. Neperspektivní zobrazení vychází z neprojektivních geometrických konstrukcí, které se následně musí vyjádřit matematicky (Tichý, a další, 1965).

8.2.4 KARTOGRAFICKÉ ZOBRAZENÍ PODLE UMÍSTĚNÍ ROVINY

Podle umístění zobrazovací roviny vůči sféře dělíme zobrazovací polohy na pólovou (normální), rovníkovou (transverzální) a obecnou (horizontální). Osu projekční roviny můžeme buď sloučit s osou Země, nebo ji můžeme mít kolmou na osu Země. V ostatních situacích se jedná o obecnou polohu (Tichý, a další, 1965).

8.2.5 VYUŽITÍ KARTOGRAFICKÝCH ZOBRAZENÍ

Každá kartografická zobrazovací metoda má své výhody a nevýhody. Konkrétní metodu vybíráme podle toho, jaké vlastnosti od výsledku očekáváme. Například válcové zobrazení je vhodné pro zobrazování rozsáhlejších oblastí podél rovníku nebo jiné hlavní kružnice. S rostoucí vzdáleností od rovníku však zkreslení značně narůstá. Kuželové zobrazení se používá pro zobrazení pásového území podél dotykové rovnoběžky, směrem od ní se však zkreslení silně zvyšuje. Kombinací zobrazení pomocí několika kuželových ploch vznikají

zobrazení polygynická. Existují válcová i kuželová neprojektivní zobrazení, která mají charakter vyrovnávacího zobrazení, například azimutální projekce, nebo zobrazení s nejmenším zkreslením v bodech dotyku promítací roviny, směrem od těchto bodů se zkreslení zvyšuje. Azimutální projekce mohou vzniknout promítáním na rovinu, která nemá se zobrazovanou sférou dotyk, ale naopak na rovinu, která je sečnou. Pro jednoduchost budeme uvažovat pouze tečné roviny. Bod dotyku obvykle volíme tak, aby korespondoval se středem zobrazovaného území. Azimutální zobrazení dávají přirozený tvar geografické sítě, jsou tedy vhodná pro zobrazování větších územních celků (Tichý, a další, 1965).

9 POČÍTAČOVÉ VYKRESLOVÁNÍ HVĚZD

V praktické části práce se zaměříme na vytváření úloh pro počítačové vykreslování hvězd.

Cílem bylo vytvořit úlohy, díky nimž budou žáci schopni vykreslovat souhvězdí na základě dat z astronomických katalogů HIPPARCOS a SIMBAD. Pomocí těchto katalogů získáme parametry, kterými jsou souřadnice hvězd, jejich hvězdná velikost, vlastní pohyb, případně některé další hvězdné charakteristiky.

Pro práci se využívá počítačový software Microsoft Excel (lze prakticky libovolný tabulkový procesor) a online platforma Tinkercad.

V programu Excel můžeme vytvořit jednoduché grafy, které nám umožní vizualizovat polohu hvězd. Můžeme vytvořit tabulku s daty, obsahující sloupce se souřadnicemi hvězd (rektascenze a deklinace) a dalšími informacemi, jako je hvězdná velikost. Následně můžeme vytvořit graf, který zobrazí jednotlivé hvězdy na základě jejich souřadnic. Osa x reprezentuje rektascenzi a osa y deklinaci. Díky možnostem Excelu můžeme přizpůsobit vzhled grafu, přidat popisky bodů či upravit osy tak, aby odpovídaly rozsahu souřadnic.

Tinkercad je online platforma pro 3D návrh a modelování. I když je primárně zaměřena na vytváření 3D modelů, může být také použita pro vizualizaci hvězd. Pomocí Tinkercad můžeme vytvořit jednoduchý prostorový model hvězdné oblohy, kde každá hvězda je reprezentována jako 3D objekt. Na Tinkercadu můžeme vytvořit plošný nárys oblohy a poté na správných souřadnicích umístit 3D objekty představující jednotlivé hvězdy. Můžeme upravit vlastnosti objektů, jako je jejich velikost, barva nebo tvar, aby odpovídaly charakteristikám hvězd. Díky tomuto přístupu budeme mít interaktivní 3D model hvězdné oblohy, který nám umožní prozkoumat polohu a rozdělení hvězd v prostoru. Můžeme také přidat další prvky, například spojnice mezi hvězdami pro zobrazení tvarů souhvězdí.

Kombinací Excelu a Tinkercadu získáme nástroje pro vizualizaci hvězd jak ve 2D grafické formě, tak i ve 3D prostředí. Tyto nástroje nám umožní lépe porozumět poloze a vzájemným vztahům mezi hvězdami, a to v jednoduchém a přístupném prostředí.

9.1 VYKRESLOVÁNÍ POMOCÍ EXCEL

Jeden ze způsobů, jak vytvořit mapu vybraného souhvězdí, je pomocí programu Excel. Začneme tím, že si na stránce astronomia.zcu.cz stáhneme seznam hvězd pro vybrané

souhvězdí, například pro souhvězdí Velké medvědice (latinská zkratka UMa), a uložíme si jej do souboru Excel. Při ukládání dat je klíčové přepnout formát výstupních údajů na CSV (Comma-separated values, hodnoty oddělené čárkami, jde o jednoduchý souborový formát, kdy jsou jednotlivé položky odděleny středníkem) a všechny parametry uložit jako jeden textový soubor. Ten potom otevřeme v tabulkovém procesoru, např. v Excelu. Nesmíme zapomenout upravit počet záznamů, aby byly všechny potřebné hvězdy zobrazeny v tabulce. Po kliknutí na tlačítko "Hledat" se vygeneruje tabulka s veškerými důležitými informacemi potřebnými pro vykreslení. Pro vykreslení hvězd z vybraného souhvězdí je nezbytné označit sloupce RAdeg a DEdeg, které obsahují rektascenzi a deklinaci jednotlivých hvězd převedených na stupně. Poté lze vytvořit bodový nebo bublinový graf. Po vytvoření grafu jsou všechny hvězdy stejné velikosti (ve smyslu, pro každý bod grafu je použito značky stejných rozměrů) a často se překrývají. Proto je třeba pravým tlačítkem kliknout na body a vybrat možnost "Formát datové řady". Zde lze nastavit velikost bublin na hodnotu mezi 5 a 20, v závislosti na potřebě a pro lepší přehlednost. Aby byly body zobrazeny tak, jak vidíme hvězdy na noční obloze, je nutné použít hvězdnou velikost jednotlivých hvězd a nastavit rozměry značek podle tohoto parametru. Je důležité si uvědomit, že velikost bublin neodráží fyzické rozměry hvězd, ale pouze jejich jasnost na noční obloze.

Pokud bychom využili hvězdnou velikost z vygenerované tabulky (sloupec Vmag), grafické vykreslení hvězd by bylo nesprávné, protože hodnota hvězdné velikosti je v "obráceném" rozložení. To znamená, že čím je hvězda jasnější, tím je hodnota hvězdné velikosti v tabulce menší.

Pro výpočet jasnosti hvězdy (intenzity) z hvězdné velikosti pomocí funkce POWER v Excelu na základě Pogsonovy rovnice můžeme použít následující vzorec:

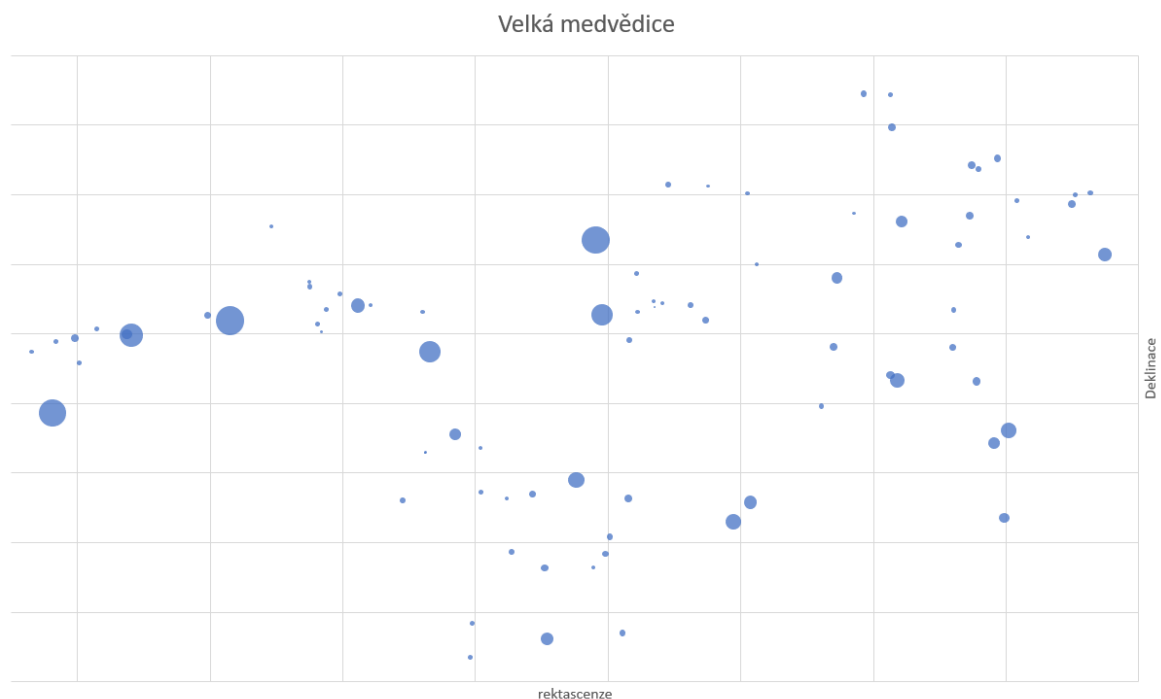
=POWER(10; (-A5)/2,5)

V tomto vzorci je "A5" buňka obsahující hvězdnou velikost první hvězdy v tabulce. Výsledkem tohoto vzorce bude výpočet jasnosti (intenzity) hvězdy na základě zadané hvězdné velikosti. Pogsonova rovnice říká, že jasnost (intenzita) hvězdy je úměrná mocnině 10 s exponentem rovným záporné hvězdné velikosti hvězdy dělené 2,5. V tomto případě používáme střední hodnotu exponentu z Pogsonovy rovnice, tj. 2,5, protože v případě

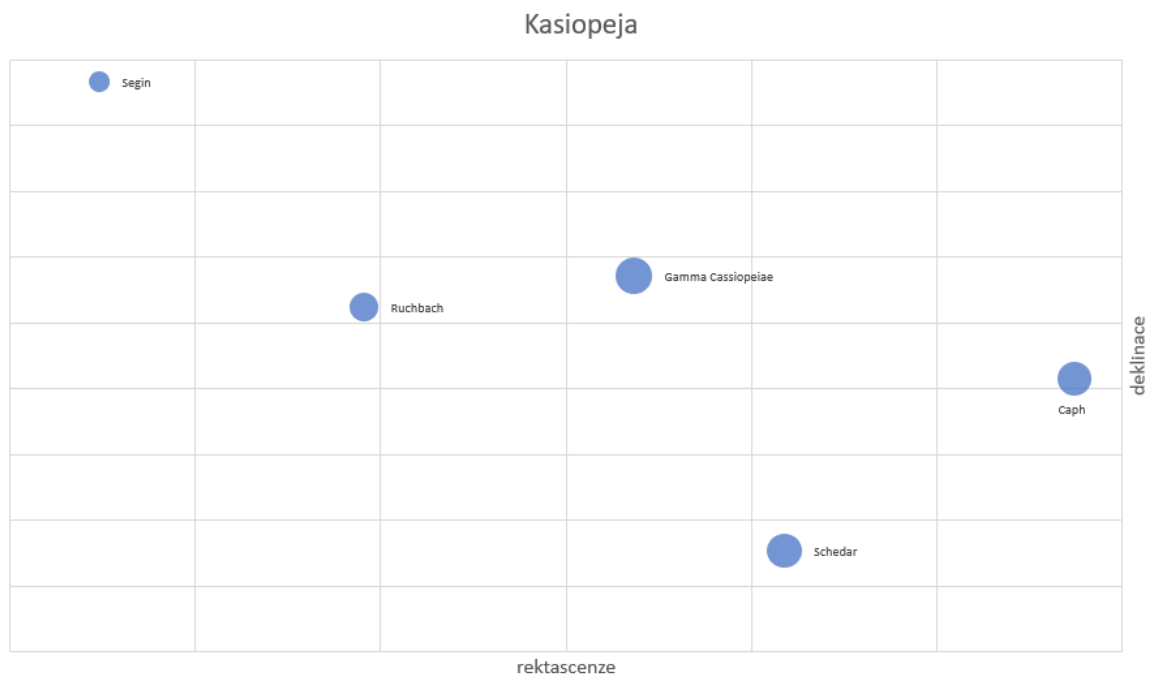
funkce POWER je exponent přímým argumentem, tzn. lze vypočítat i bez nutnosti logaritmů.

Nyní přeneseme naši vypočítanou intenzitu do existujícího grafu. Klikneme pravým tlačítkem na graf a zvolíme možnost "Vybrat data". Poté klikneme na tlačítko "Upravit" a ve "Velikosti bublin" přidáme naše nově vypočítané intenzity, které jsme získali pomocí Pogsonovy rovnice. Pro dokončení vykreslení souhvězdí ještě musíme otočit osu X, protože souhvězdí se nám nyní zobrazuje zrcadlově. To provedeme ve formátování osy X, kde zaškrtneme políčko "Hodnoty v obráceném pořadí".

Jako poslední krok můžeme přidat popisky pro jasné hvězdy a stanovit lepší meze pro osy X a Y, než nám nabízí automatická volba. S použitím těchto kroků v Excelu jsme úspěšně dokončili plošné vykreslení hvězd vybraného souhvězdí.



Obrázek 1: Ukázka vykreslování souhvězdí v Excelu (zdroj: vlastní)

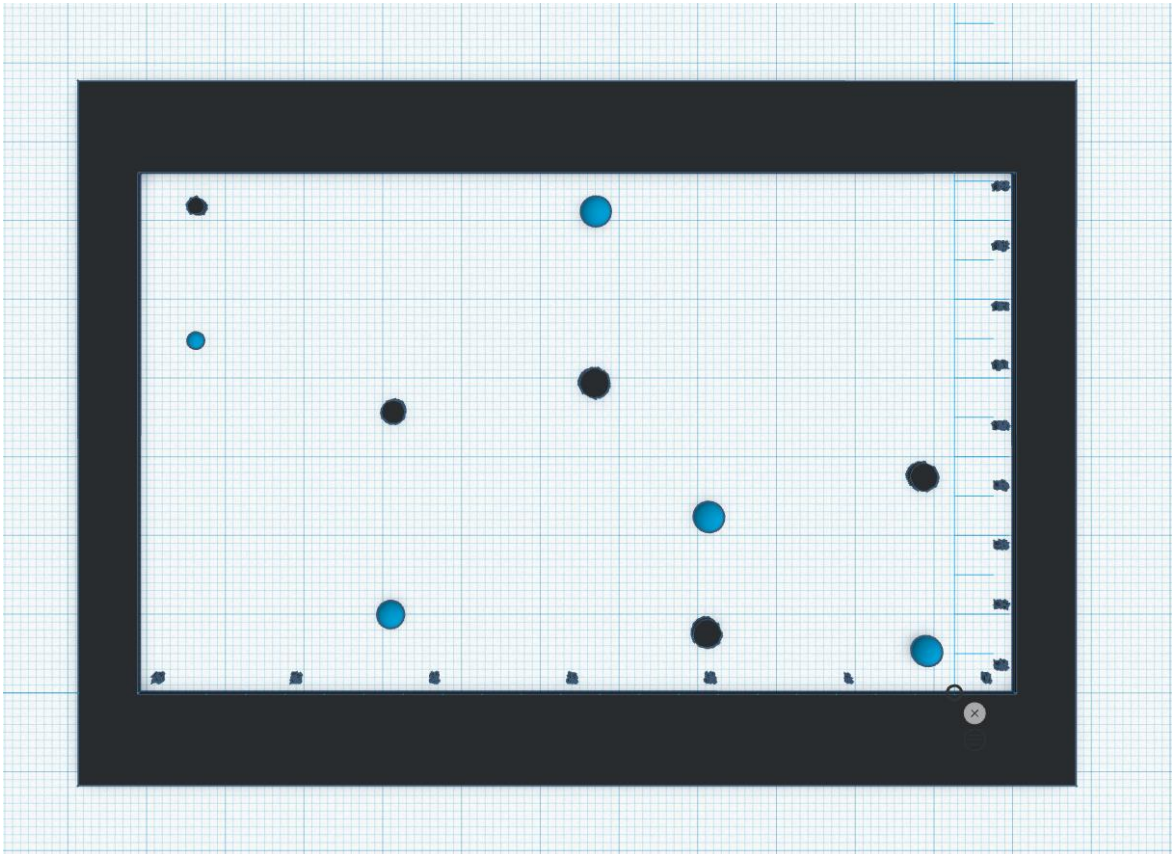


Obrázek 2: Ukázka vykreslování souhvězdí s popisky jasných hvězd v Excelu (zdroj: vlastní)

9.2 VYKRESLOVÁNÍ SOUHVĚZDÍ Z PROSTOROVÉHO POHLEDU

Využití prostorového vykreslování souhvězdí má několik výhod. Především umožňuje lepší vizualizaci prostorového uspořádání hvězd v souhvězdí, což je významné při studiu a porovnávání vzdáleností a poloh hvězd vůči sobě. Díky 3D vykreslování můžeme do vizualizace zahrnout další informace, jako je hloubka nebo vzdálenost od pozorovatele. Tím se zlepšuje naše porozumění související s rozpořádáním hvězd v souhvězdí.

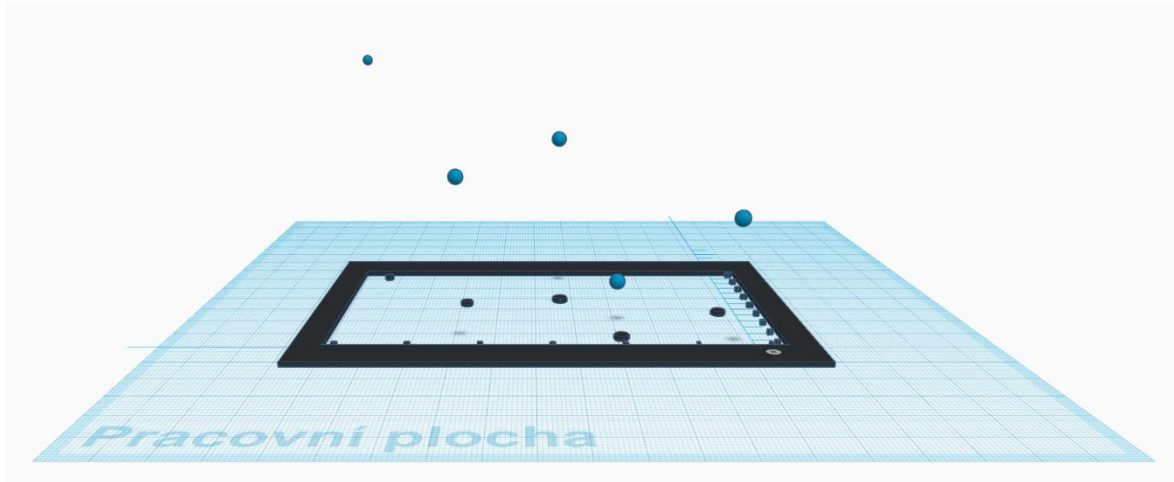
Pro usnadnění vykreslování se budeme zaměřovat pouze na výrazné hvězdy ve vybraných souhvězdích. Prostorová vizualizace přímo navazuje na předchozí dvourozměrné vykreslování v Excelu. Po vytvoření grafu v Excelu si ho vyexportujeme do formátu PDF. Poté pomocí online konvertoru, který nalezneme na stránkách imagetostl.com, převedeme PDF na STL a importujeme ho do programu Tinkercad.



Obrázek 3: Ukázka šablony pro prostorové vykreslení souhvězdí (zdroj: vlastní)

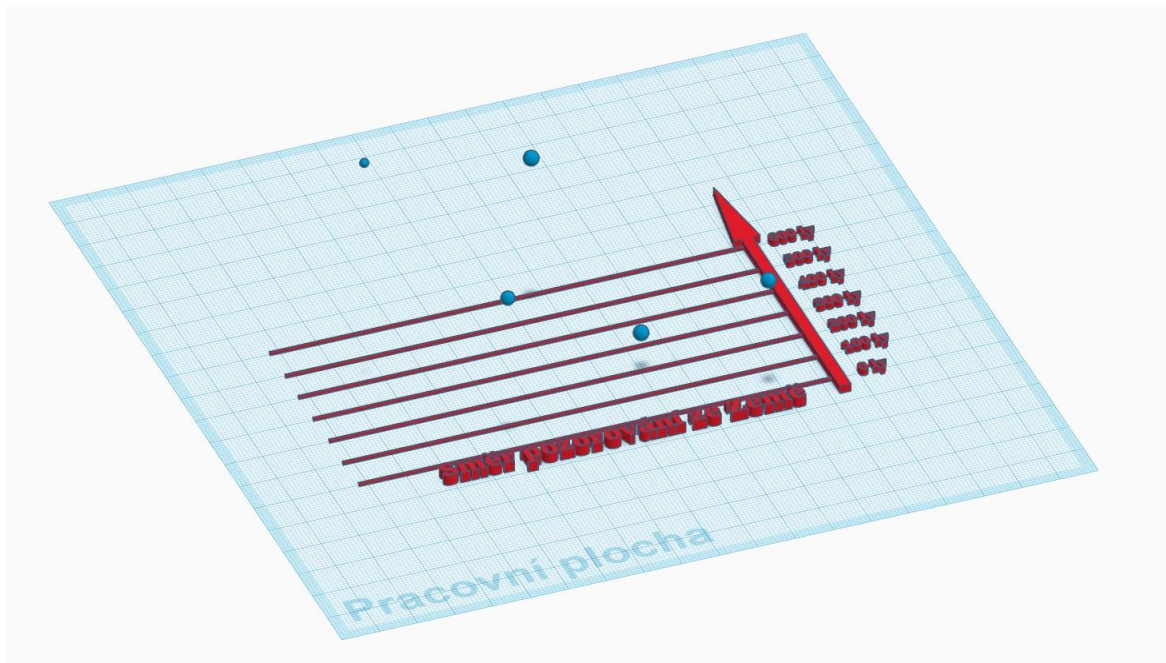
Pro provedení prostorového vykreslení budeme muset zaznamenat vzdálenost jednotlivých hvězd od Země, které můžeme opětovně nalézt na stránce astronomia.zcu.cz. Tyto vzdálenosti budeme zapisovat ve světelných letech a uložíme je do tabulky. V Tinkercadu budeme obecně používat měřítko, kde jeden milimetr na pracovní ploše představuje 10 světelných let. Následně změříme velikosti hvězd a pomocí objektu koule je překreslíme do odpovídající vzdálenosti od Země, jak je ukázáno na obrázku č. 3.

Zde na obrázku vidíme černě označené původní souhvězdí Kassiopei. Modře označené koule jsou překreslené hvězdy doplněné o vzdálenost od Země. Pro správné umístění koulí kolmo do prostoru musíme změřit kolmé vzdálenosti od osy X ve výchozím souhvězdí (označené černě). Poté zvedneme hvězdy kolmo nahoru podle naměřených vzdáleností.



Obrázek 4: Prostorové vykreslení hvězd (zdroj: vlastní)

Jako poslední krok můžeme odstranit černou šablonu a provedeme grafickou úpravu prostorové vizualizace.



Obrázek 5: Graficky upravené vykreslování hvězd (zdroj: vlastní)

Výsledné 3D vykreslení souhvězdí můžeme také uložit ve formátu STL, což nám umožňuje snadno sdílet, otevírat v off-line variantě pomocí 3D malování, upravovat a také vytisknout prostorovou vizualizaci pomocí 3D tiskárny. Pro účely 3D tisku bychom mohli ve spodní části

destičky vytvořit tenké sloupky, které by se kolmo zvedaly ke hvězdám. Při tisku by tato vizualizace mohla sloužit jako užitečný nástroj pro výuku fyziky, kdy by stačilo rozsvítit světlo z pohledu Země na vytištěný model a pozorovat promítnuté hvězdy.

9.3 VYKRESLOVÁNÍ S POSUNEM V ČASE

Vykreslování poloh hvězd s posunem v čase je způsob, který umožňuje zobrazit jinak nepatrný vlastní pohyb hvězd na obloze v průběhu delšího časového období. Tato technika je často používána v astronomických simulacích, vizualizacích a astronomických programech, jako je například Stellarium.

Pro vykreslení polohy hvězd s posunem v čase je nezbytné mít informace o rychlosti pohybu hvězd v rektascenzi (RA) a deklinaci (DE) za jednotku času, zpravidla rok. Tyto informace jsou obvykle známy jako „proper motion“ (vlastní pohyb hvězd na obloze) a jsou zaznamenány v katalogích hvězd.

Při vykreslování polohy hvězd s posunem v čase se začíná s jejich počátečními polohami (RA a DE vztažené k nějaké epoše) a postupně se mění podle vypočtených hodnot vlastního pohybu za jednotku času. Tímto způsobem lze získat sérii poloh hvězd v různých časových okamžicích.

Pro výpočet posunu hvězd na obloze potřebujete znát pohyby hvězdy v rektascenzi (RA) a deklinaci (DE), a to ve formě pohybu za jednotku času (například za rok). Tato data se často označují jako pmRA (proper motion in right ascension) a pmDE (proper motion in declination). Dále můžete také zahrnout radiální rychlost (v_r) hvězdy, která vyjadřuje její pohyb směrem od nás, či k nám. Radiální rychlost by mělo smysl uvažovat v okamžiku, pokud by se hvězda od nás či k nám rychle vzdalovala, přibližovala a bylo by nutné upravit i hodnotu její hvězdné velikosti. V dalších úvahách není počítáno, nicméně bylo by možné zařadit pro zvědavé žáky jako námět na zamyšlení, zda je nutné i tento parametr zahrnout do těchto simulací.

Pro vykreslování jasných hvězd vybraného souhvězdí budeme opět používat katalog HIPPARCOS, kde si vybereme pouze jasné hvězdy ze souhvězdí, u kterých budeme sledovat jejich vlastní pohyb.

Pro vykreslení hvězd s posunem času můžeme využít matematický vzorec, který je popsán níže. Rozkladem tohoto vzorce získáme lepší pochopení jednotlivých kroků a proměnných,

kteře jsou v něm použity. Posun ve směru rektascenze (RA) se vypočítá následovně pomocí vzorce:

$$=DEGREES(RADIANS(pmRA/1000/3600)/COS(RADIANS(DEdeg))*časový_posun)+RAdeg$$

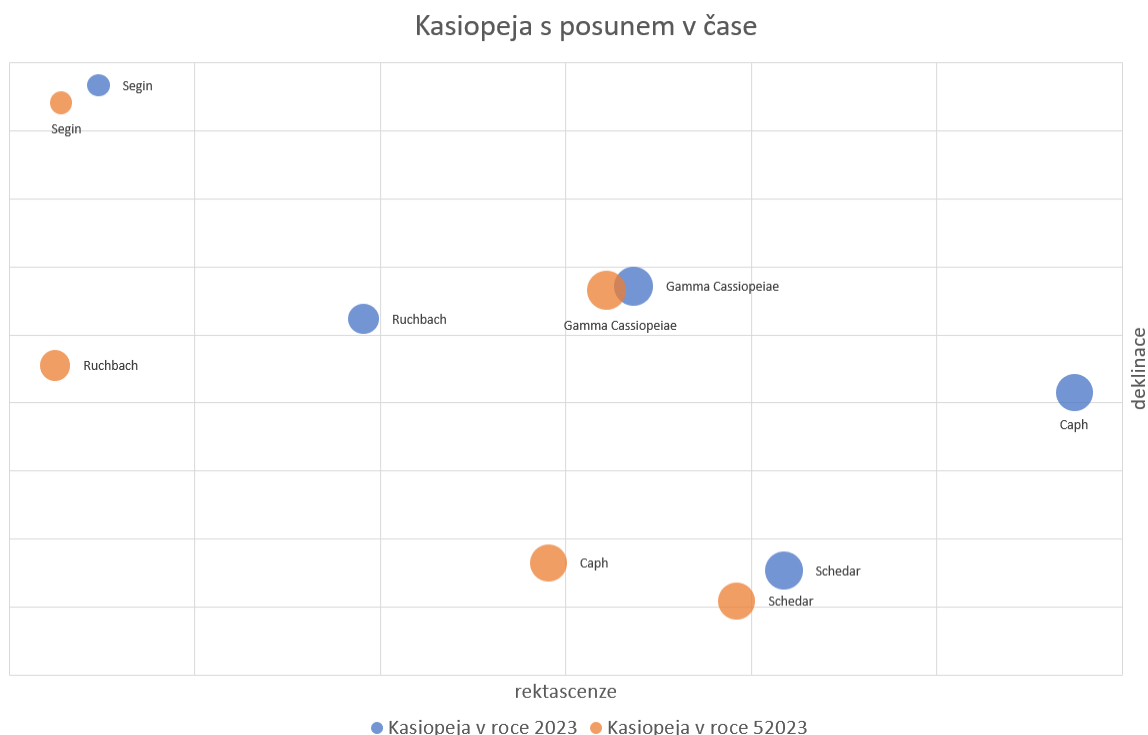
1. RADIANS(pmRA/1000/3600): Tento výraz převádí paralaktickou rychlost rektascenze (pmRA) z milivteřin na radiány. Nejdříve se hodnota pmRA dělí tisícem (1000), aby se získala hodnota v jednotkách vteřin. Poté se tato hodnota dělí tisícem (3600), což ji převede na hodnotu v radiánech.
2. COS(RADIANS(DEdeg)): Tento výraz bere hodnotu deklinace (DEdeg) a převádí ji na radiány pomocí funkce RADIANS. Poté se výsledný radián použije jako argument funkce COS, která vrátí kosinus tohoto úhlu.
3. časový_posun: Tato proměnná představuje časový posun, který se přičítá k výsledku. Časový posun umožňuje pozorovat pohyb hvězd v čase a vykreslit jejich pozici v různých časových okamžicích.
4. DEGREES: Tento výraz převádí výsledek uvnitř zpět na stupně. Výsledkem výrazu RADIANS(pmRA/1000/3600)/COS(RADIANS(DEdeg))*časový_posun je hodnota v radiánech, která je následně převedena na stupně funkcí DEGREES.
5. RAdeg: Tato proměnná představuje hodnotu rektascenze, která se přičítá k výsledku. Rektascenze je jedna ze souřadnic, která určuje polohu bodu na obloze.

Posun ve směru deklinace (DE) se vypočítá následovně pomocí vzorce:

$$=DEGREES(RADIANS(pmDE/1000/3600)* časový_posun)+DEdeg$$

Tento vzorec vypočítává posun ve směru deklinace (DE) s ohledem na časový posun. Hodnotu pmDE (paralaktický pohyb deklinace) převádí na radiány pomocí RADIANS(pmDE/1000/3600) a poté přičítá časový posun v radiánech. Výsledek je převeden zpět na stupně pomocí DEGREES a k němu se přičte původní hodnota DEdeg (deklinace).

Jako poslední krok můžeme přidat popisky pro jasné hvězdy a stanovit lepší meze pro osy X a Y, než nám nabízí automatická volba. S použitím těchto kroků v Excelu jsme úspěšně dokončili vykreslení hvězd vybraného souhvězdí s posunem v čase.



Obrázek 6: Souhvězdí Kasiopeja s posunem času o 50 000 let (zdroj: vlastní)

9.4 PRACOVNÍ LISTY PRO ŽŠ

Cílem této práce, bylo také vytvořit učební materiál, který umožní žákům lépe porozumět souhvězdím, jejich struktuře a vzájemným vztahům mezi hvězdami. Pracovní listy jsou skvělou pomůckou nejen pro výuku astronomie v 9. ročníku základní školy, ale také pro předměty jako informatika a technická výchova.

Při vytváření pracovních listů byl brán ohled na rámcový vzdělávací program s přihlédnutím k digitální gramotnosti (MŠMT, 2021).

Pracovní list č. 1: Úvod do souhvězdí a jejich významu

- V této části se žáci seznámí s pojmem souhvězdí a jejich historickým významem.
- Žáci rozliší souhvězdí pozorovatelné na severní a jižní polokouli.
- Žáci budou umět představit nejznámější souhvězdí a jejich ikonické formy.

Pracovní list č. 2: 2D vykreslování souhvězdí

- V této části se budou žáci zabývat 2D vykreslováním souhvězdí pomocí pracovních listů.

- Žáci si osvojí základní techniky a nástroje pro vykreslování souhvězdí.
- Žáci dokáží pomocí pracovních listů vykreslit souhvězdí ve 2D

Pracovní list č. 3: Prostorové vykreslování souhvězdí

- V této části se žáci zaměří na 3D vykreslování polohy jasných hvězd vybraného souhvězdí, které umožňuje lepší prostorovou představivost a porozumění jejich uspořádání.
- Žáci se seznámí s platformou Tinkercad, která bude sloužit pro snadné 3D vykreslování polohy jasných hvězd vybraného souhvězdí.
- Žáci souhvězdí vykreslí pomocí návodu, který žákům umožňuje vytvářet 3D modely souhvězdí pomocí počítačového prostředí.

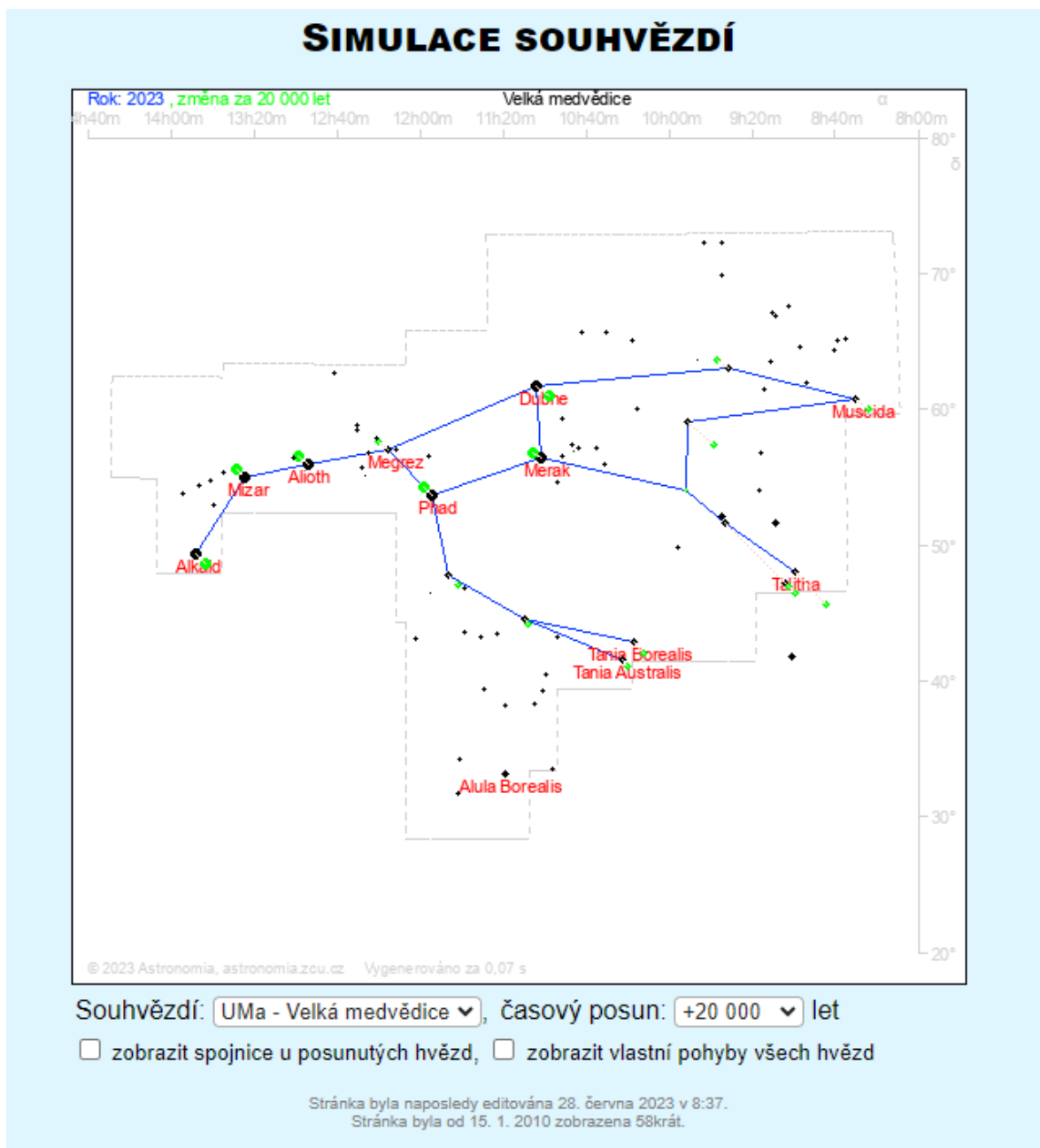
Pracovní listy byly v rámci diplomové práce přidány na internetové stránky astronomia.zcu.cz

9.5 METODICKÁ PŘÍRUČKA PRO UČITELE

Vyjma pracovních listů jsem vytvořil také metodické příručky pro učitele. Kde jsou jednotlivé úlohy vykreslování polohy jasných hvězd vybraného souhvězdí popsány krok za krokem. Obsahují také veškeré vzorečky, potřebné k vykreslování souhvězdí s posunem v čase.

10 DOPLNĚNÍ WEBOVÝCH STRÁNEK O POČÍTAČOVÉ KRESLENÍ MAP

V rámci mojich podkladů byly webové stránky astronomia.zcu.cz rozšířeny o počítačové vykreslování map. Nalezneme zde simulace souhvězdí, které můžeme pozorovat také s časovým posunem. Webové stránky byly také obohaceny o pracovní listy zaměřené na souhvězdí a jejich vykreslování. Tyto pracovní listy nabízejí metodu, jak se seznámit se souhvězdími a naučit se je vykreslovat ve 2D i 3D. Uživatelé si mají možnost stáhnout tyto pracovní sešity ve formátu PDF.



Obrázek 7: Simulace souhvězdí na astronomia.zcu.cz (zdroj: astronomia.zcu.cz)

ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zaměřil na počítačové kreslení map souhvězdí a jejich částí pomocí souřadnic hvězd z katalogů hvězd. Na začátku jsem se seznámil s historií souhvězdí, způsoby označení hvězd a významnými hvězdnými katalogy a mapami. Dále jsem se zabýval hranicemi souhvězdí a jejich stanovením podle příslušných pravidel.

V rámci rozdělení souhvězdí jsem zkoumal jejich rozdělení mezi severní a jižní polokouli, vliv ročních období na jejich viditelnost a význam cirkumpolárních souhvězdí. Dále jsem se věnoval řeckým souhvězdím a jejich tradičnímu zdůvodnění. Vlastní pohyb hvězd byl nedílnou součástí mé práce. Studoval jsem kinematiku hvězd a rotaci galaxie, abych lépe porozuměl dynamice vesmíru a mohl následně vykreslovat souhvězdí s posunem v čase.

Dalším tématem byly vzdálenosti hvězd. Podrobně jsem se zabýval astronomickou jednotkou, světelným rokem, parsekem a různými metodami měření hvězdných vzdáleností, včetně paralaxy a spektroskopie.

Představil jsem také základní souřadné soustavy, jako je rovníková soustava, ekliptikální soustava a obzorníkové souřadnice. Vysvětlil jsem pojmy jako astronomický azimut a výška.

Dále jsem se zabýval vlastnostmi hvězd, včetně jejich velikosti a charakteristik. Dále jsem se zaměřil na Galaxii, její velikost a hmotnost, abych lépe pochopil její strukturu a vývoj.

Další částí mé práce bylo vytváření map souhvězdí. Popisoval jsem významné hvězdné katalogy, jako jsou HIPPARCOS a SIMBAD, a diskutoval jsem o různých způsobech kartografického zobrazení, včetně typu zkreslení, zobrazovací plochy, způsobu vzniku obrazu a umístění roviny.

Nakonec jsem se zabýval počítačovým vykreslováním hvězd, včetně využití programu Excel, prostorového vykreslování založené na platformě Tinkercad a také s vykreslováním jasných hvězd vybraného souhvězdí s posunem v čase. V rámci diplomové práce byly vytvořeny pracovní listy pro žáky a metodické listy pro učitele na základní škole. Díky těmto materiálům mají žáci možnost se seznámit s problematikou související s vykreslováním hvězd na mapě hvězdné oblohy. Uvědomuji si, že vykreslování souhvězdí je nedokonalé, jelikož byly brány v potaz matematické dovednosti žáků na základních školách v 9. ročnících. Aby vykreslování bylo přesnější, museli by žáci umět využívat goniometrické funkce a matice.

Závěrem byl díky mým podkladům doplněn web astronomia.zcu.cz o počítačové vykreslování map souhvězdí a o vytvořené pracovní listy. Simulace souhvězdí je doplněna i o časový posun, ve kterém si souhvězdí můžeme zobrazit v minulosti i přítomnosti.

RESUMÉ

Tato diplomová práce se zaměřuje na počítačové kreslení map souhvězdí a jejich částí pomocí souřadnic hvězd z katalogů hvězd. Cílem práce bylo poskytnout ucelený přehled o historii souhvězdí, jejich rozdělení, pohybech, vzdálenostech, souřadných soustavách, vlastnostech hvězd, tvorbě map souhvězdí a počítačovém vykreslování.

Práce začíná historickým pohledem na souhvězdí, zkoumá způsoby označení hvězd a významné hvězdné katalogy a mapy. Dále se zabývá pravidly pro stanovení hranic souhvězdí a představuje největší souhvězdí.

Dále se zabývá rozdělením souhvězdí mezi severní a jižní polokouli, vliv ročních období na souhvězdí a význam cirkumpolárních souhvězdí. Práce se také věnuje řeckým souhvězdím a jejich původem.

Důležitou částí práce je studium pohybů hvězd, včetně kinematiky hvězd a rotace galaxie. Dále jsou podrobně popsány metody měření hvězdných vzdáleností, včetně paralaxy a spektroskopie.

V práci jsou představeny základní souřadné soustavy, jako je rovníková soustava, ekliptikální soustava a obzorníkové souřadnice. Dále jsou vysvětleny pojmy jako astronomický azimut a výška, které jsou klíčové pro určování polohy hvězd na obloze.

Další část práce se zaměřuje na tvorbu map souhvězdí. Jsou představeny významné katalogy hvězd, jako je HIPPARCOS a SIMBAD, a diskutovány různé způsoby kartografického zobrazení.

Práce se také zaměřuje na počítačové vykreslování hvězd jak ve 2D, tak i z prostorového pohledu, který přináší lepší porozumění poloze hvězd. V práci jsou prezentovány pracovní listy pro základní školy a příručka učitele, které slouží jako příručky pro vykreslování hvězd v souhvězdí.

V rámci svých podkladů byl doplněn web astronomia.zcu.cz o počítačové vykreslování map souhvězdí a o vytvořené pracovní listy.

RESUMÉ

This thesis focuses on computer-generated drawing of constellation maps and their components using star coordinates from star catalogs. The main objective of the thesis was to provide a comprehensive overview of the history of constellations, their divisions, movements, distances, coordinate systems, star properties, constellation mapping, and computer rendering.

The thesis begins with a historical perspective on constellations, examining methods of star designation and significant star catalogs and maps. It then addresses the rules for determining constellation boundaries and introduces the largest constellations.

Furthermore, it explores the division of constellations between the northern and southern hemispheres, the influence of seasons on constellations, and the significance of circumpolar constellations. The thesis also delves into Greek constellations and their origins.

An important part of the thesis is the study of stellar motions, including stellar kinematics and galaxy rotation. It also provides detailed descriptions of methods for measuring stellar distances, including parallax and spectroscopy.

The thesis introduces fundamental coordinate systems such as the equatorial system, the ecliptic system, and horizon coordinates. It further explains concepts such as astronomical azimuth and altitude, which are crucial for determining the positions of stars in the celestial sphere.

Another section of the thesis focuses on the creation of constellation maps. It presents significant star catalogs such as HIPPARCOS and SIMBAD and discusses various methods of cartographic representation.

The thesis also explores computer rendering of stars in both 2D and spatial perspectives, which provides a better understanding of star positions. It presents worksheets for elementary schools and a teacher's guide, serving as practical tools for physics education.

As part of my foundation, the website astronomia.zcu.cz has been enhanced with computer-generated constellation maps and worksheets.

SEZNAM LITERATURY

Bailer-Jones, Coryn. 2017. *Practical Bayesian Inference: A Primer for Physical Scientists*. Cambridge : Cambridge University Press, 2017. ISBN 978-1107192119.

Brandos, Otakar. 2016. Treking. *Polohy hvězd*. [Online] 2016. <https://www.treking.cz/astroonomie/deklinace.htm>.

Cain, Fraser. 2017. Universe Today. *Do Stars Move? Tracking Their Movements Across the Sky*. [Online] 9. Květen 2017. <https://www.universetoday.com/135453/stars-move-tracking-movements-across-sky/>.

Constellation-guide. 2011. Constellation Guide. *Greek Constellations*. [Online] 2011. <https://www.constellation-guide.com/constellation-names/greek-constellations/>.

Guide, Constellation. 2022. Constellation Guide. *Largest Constellations*. [Online] 2022. <https://www.constellation-guide.com/constellation-map/largest-constellations/>.

Kéhar, Ota. 2010. Astronomia. *Astronomia: Astronomický server fakulty pedagogické ZČU v Plzni*. [Online] 2010. <http://hvezdy.astro.cz/charakteristika/1-zakladni-charakteristiky-hvezd>.

Lenža, Libor. 2002. *Astronomie pro každého*. Brno : Computer Press, 2002. ISBN 8085839849.

LPI. 2023. Lunar and Planetary Institute. *About Constellations*. [Online] 2023. <https://www.lpi.usra.edu/education/skytellers/constellations/>.

May, Andrew. 2022. Space. *Space.com*. [Online] 2022. <https://www.space.com/parsec>.

Meeus, Jean. 1998. *Astronomical Algorithms*. San Diego : Willmann-bell, 1998. ISBN-13: 978-0943396613.

Mikulášek, Zdeněk a Krtička, Jiří. 2005. *Základy fyziky hvězd*. Praha : Masarykova Univerzita, 2005.

Mikulášek, Zdeněk a Pokorný, Zdeněk. 1994. *Záludné otázky z astronomie*. Brno : Rovnost, 1994. ISBN 80-85826-00-3.

MŠMT. 2021. Revize edu. *Fyzika a digitální technologie*. [Online] 2021. <https://revize.edu.cz/clanky/fyzika>.

Myers, J. D. 2023. Heasarc. *HIPPARCOS - Hipparcos Main Catalog*. [Online] 2023. <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/all/hipparcos.html>.

Newsam, Andy. 2017. National School Observatory. *Stellar Magnitude*. [Online] 2017. <https://www.schoolsobservatory.org/learn/maths/brightness/magnitude>.

Nichols, Megan. 2017. OFFICE OF ASTRONOMY FOR DEVELOPMENT. *North vs. South – Constellations & Moon Phases*. [Online] 2017. <https://www.astro4dev.org/north-vs-south-constellations-moon-phases/>.

Ridpath, Ian. 2018. Ian Ridpath. *Constellation boundaries*. [Online] 2018. <http://www.ianridpath.com/boundaries.html>.

Simbad. 2023. SIMBAD . *SIMBAD Astronomical Database*. [Online] 2023. <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>.

2000. Štefáníkova hvězdárna. *Průvodce noční oblohou*. [Online] 2000. <http://observatory.cz/static/Encyklopedie/Obloha%20pruvodce/pruvodce.php>.

Tichý, Otakar a Rudolf, Švec. 1965. *Matematický zeměpis a kartografie*. Praha : SPN, 1965.

Vanýsek, Vladimír. 1980. *Základy astronomie a astrofyziky*. Praha : Academia, 1980.

Vaughan, Chris. 2018. *Space. Watch Stars Drift and Constellations Change Shape Using Mobile Apps*. [Online] 2018. <https://www.space.com/41908-watch-stars-drift-with-mobile-apps.html>.


Wilkins, G. A. 1989. https://www.iau.org/publications/proceedings_rules/units/. *International Astronomical Union*. [Online] 1989. https://www.iau.org/publications/proceedings_rules/units/.

SEZNAM OBRÁZKŮ


Obrázek 1: Ukázka vykreslování souhvězdí v Excelu (zdroj: vlastní).....	34
Obrázek 2: Ukázka vykreslování souhvězdí s popisky jasných hvězd v Excelu (zdroj: vlastní)	35
Obrázek 3: Ukázka šablony pro prostorové vykreslení souhvězdí (zdroj: vlastní).....	36
Obrázek 4: Prostorové vykreslení hvězd (zdroj: vlastní)	37
Obrázek 5: Graficky upravené vykreslování hvězd (zdroj: vlastní).....	37
Obrázek 6: Souhvězdí Kasiopeja s posunem času o 50 000 let (zdroj: vlastní).....	40
Obrázek 7: Simulace souhvězdí na astronomia.zcu.cz (zdroj: astronomia.zcu.cz).....	42

PŘÍLOHY


Příloha 1 – Pracovní list č. 1

	<h2>ÚVOD DO SOUHVĚZDÍ</h2> <h3>PRACOVNÍ LIST</h3>	Jméno, příjmení	
		Škola, ročník	
		Datum	


1 Rozšířené vyhledávání v katalogu hvězd HIPPARCOS


 najdi a zapiš odpověď


Co jsou to souhvězdí?


 najdi a zapiš odpověď

Jakou roli souhvězdí hrála ve starověkých civilizacích? Jaké důvody mohli mít lidé pro jejich pozorování a studium?


 najdi a zapiš odpověď

Představ nejznámější souhvězdí pozorovatelné z jižní a severní polokoule.

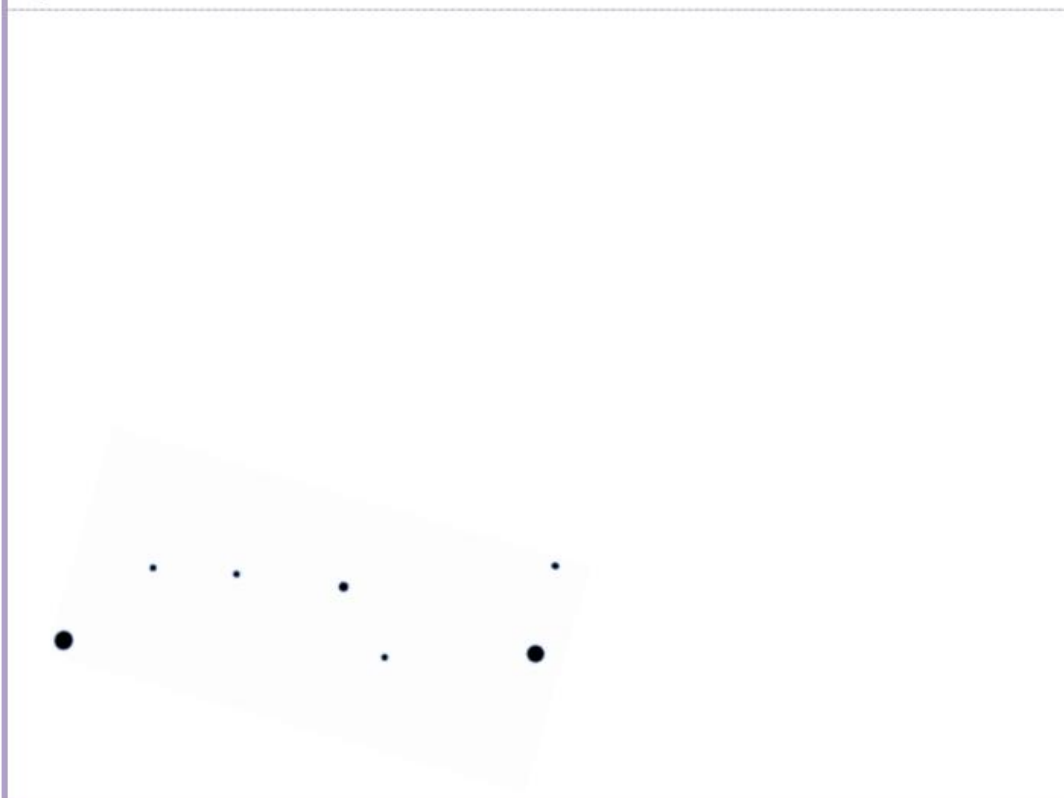

 najdi a zapiš odpověď

Jakou roli souhvězdí hrála ve starověkých civilizacích? Jaké důvody mohli mít lidé pro jejich pozorování a studium?

2 Kreslení souhvězdí




Jak bys za pomoci Velkého vozu našel hvězdu Polárku? Zakresli do obrázku.




Vypiš všech 5 souhvězdí, které v České republice může pozorovat po celý rok. Jedno z nich zakresli.


Příloha 2 – Pracovní list č. 2

	VYKRESLOVÁNÍ SOUHVĚZDÍ VE 2D PRACOVNÍ LIST	Jméno, příjmení	
		Škola, ročník	
		Datum	


1 Uložení hvězd v katalogu


 Kde je možné najít seznam hvězd vybraného souhvězdí ke stažení?

najdi
a zapiš
odpověď



1. Navštivte stránku astronomia.zcu.cz pro stáhnutí seznamu hvězd vybraného souhvězdí.
2. Upravte počet záznamů tak, aby byly zobrazeny všechny potřebné hvězdy v tabulce.
3. Při ukládání dat zvolte formát výstupních údajů jako CVC a stáhněte všechny parametry do Excelového souboru.
4. Stažený soubor otevřete.


 Co zahrnují sloupce RAdeg a DEdec v staženém souboru?

najdi
a zapiš
odpověď

2 Vykreslování souhvězdí



6. Označte sloupce RAdeg a DEdec, které udávají rektascenzi a deklinaci jednotlivých hvězd, pro vykreslení souhvězdí.
7. Vytvořte bodový nebo bublinový graf.
8. Pravým tlačítkem klikněte na body grafu a vyberte možnost "Formát datové řady".
9. Nastavte velikost bublin na hodnotu mezi 5 a 20 pro lepší přehlednost.



najdi
a zapiš
odpověď

Pokud se podíváš na svoje vybrané souhvězdí na internetu, má všechny hvězdy stejně jasné? Čím by to mohlo být?

3 Dokončení a finální úpravy souhvězdí




10. Nastavte hvězdnou velikost hvězd pomocí vzorce:
 $=POWER(10; (-A1)/2.5)$, kde "A1" je buňka obsahující magnitudu hvězdy.
11. Přenesete vypočítanou intenzitu do existujícího grafu.
12. Klikněte pravým tlačítkem na graf a zvolte možnost "Vybrat data".
13. Klikněte na tlačítko "Upravit" a ve "Velikosti bublin" přidejte nově vypočítané intenzity pomocí Pogsonovy rovnice.
14. Otočte osu X pro správné zobrazení souhvězdí. Ve formátování osy zaškrtněte políčko "Hodnoty v obráceném pořadí".
15. Přidejte popisky pro jasné hvězdy a popište osy X a Y.




najdi
a zapiš
odpověď

Co popisují v grafu osy X a Y?


Příloha 3 – Pracovní list č. 3

	VYKRESLOVÁNÍ SOUHVĚZDÍ VE 3D PRACOVNÍ LIST	Jméno, příjmení	
		Škola, ročník	
		Datum	

1 Příprava dat


 Zamysli se jaký bude rozdíl mezi 2D a 3D vykreslováním souhvězdí.
 Myslíš si, že souhvězdí bude vypadat z jiných míst ve vesmíru stejně, jako ze Země?

najdi
 a zapiš
 odpověď

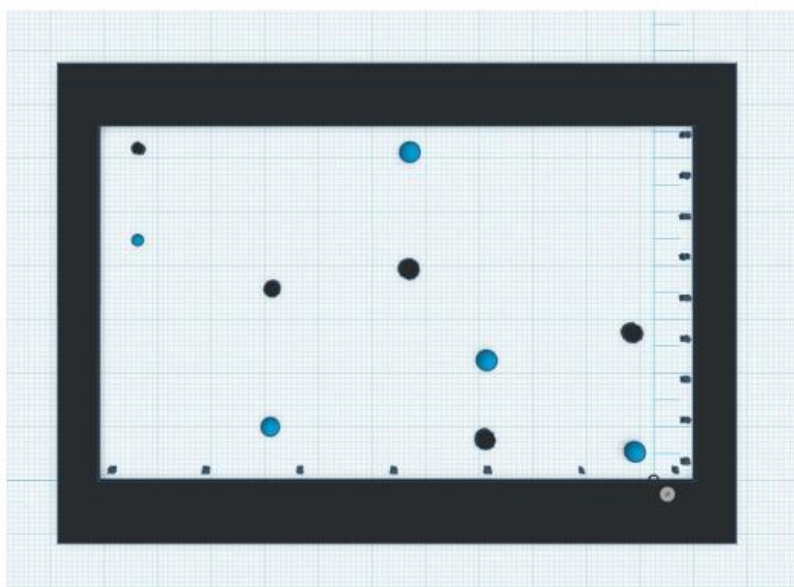

 1. Vybereme výrazné hvězdy ve vybraných souhvězdích.
 2. Zaznamenáme vzdálenost jednotlivých hvězd od Země ve světelných letech do tabulky

Název hvězdy	Vzdálenost ve světelných letech

2 Vykreslování souhvězdí



3. Vytvoříme graf v Excelu.
4. Exportujeme graf do formátu PDF.
5. Použijeme konvertor pro převod PDF na STL.
6. Importujeme STL soubor do programu Tinkercad
7. Navrhne vhodné měřítko (jeden milimetr = 10 světelných let).
8. Změříme velikosti hvězd v původním souhvězdí.
9. Překreslíme hvězdy do odpovídající vzdálenosti od Země.



Obrázek 1: Ukázka šablony pro prostorové vykreslení souhvězdí (zdroj: vlastní)



najdi
a zapiš
odpověď

Ukazují koule, reprezentující hvězdy, jejich velikost nebo jejich zdánlivou jasnost?

3 Dokončení a finální úpravy souhvězdí



10. Změříme kolmé vzdálenosti od osy X v původním souhvězdí.
11. Zvedneme hvězdy kolmo nahoru podle naměřených vzdáleností.
12. Odstraníme černou šablonu.
13. Provedeme grafickou úpravu prostorové vizualizace.
14. Uložíme výsledné 3D vykreslení ve formátu STL.



najdi
a zapiš
odpověď

Jak bychom museli model upravit, abysme ho mohli vytisknout na 3D tiskárně?

Příloha 4 – Metodická příručka pro učitele č. 1

Vykreslení souhvězdí pomocí aplikace Excel

Tento pracovní list vám umožní vytvořit mapu vybraného souhvězdí a graficky zobrazit hvězdy na noční obloze s ohledem na jejich intenzitu a hvězdnou velikost.

1. Otevřete program Excel.
2. Navštivte stránku astronomia.zcu.cz pro stáhnutí seznamu hvězd vybraného souhvězdí.
3. Upravte počet záznamů tak, aby byly zobrazeny všechny potřebné hvězdy v tabulce.
4. Při ukládání dat zvolte formát výstupních údajů jako CVC a stáhněte všechny parametry do Excelového souboru.
5. Stažený soubor otevřete.
6. Označte sloupce RAdeg a DEdec, které udávají rektascenzi a deklinaci jednotlivých hvězd, pro vykreslení souhvězdí.
7. Vytvořte bodový nebo bublinový graf.
8. Pravým tlačítkem klikněte na body grafu a vyberte možnost "Formát datové řady".
9. Nastavte velikost bublin na hodnotu mezi 5 a 20 pro lepší přehlednost.
10. Nastavte hvězdnou velikost hvězd pomocí vzorce $=\text{POWER}(10; (-A1)/2.5)$, kde "A1" je buňka obsahující magnitudu hvězdy.
11. Přenesete vypočítanou intenzitu do existujícího grafu.
12. Klikněte pravým tlačítkem na graf a zvolte možnost "Vybrat data".
13. Klikněte na tlačítko "Upravit" a ve "Velikosti bublin" přidejte nově vypočítané intenzity pomocí Pogsonovy rovnice.
14. Otočte osu X pro správné zobrazení souhvězdí. Ve formátování osy zaškrtněte políčko "Hodnoty v obráceném pořadí".
15. Přidejte popisky pro jasné hvězdy a vymezení mezer pro osy X a Y.
16. Dokončili jste vykreslení souhvězdí v programu Excel.

Příloha 5 – Metodická příručka pro učitele č. 2

Vykreslování souhvězdí v prostoru

Tento manuál slouží jako průvodce pro učitele při vykreslování prostorového souhvězdí.

1. Příprava dat:
 - a. Vybereme výrazné hvězdy ve vybraných souhvězdích.
 - b. Zaznamenáme vzdálenost jednotlivých hvězd od Země ve světelných letech.
 - c. Vytvoříme tabulku pro záznam vzdáleností.
2. Export a konverze do 3D:
 - a. Vytvoříme graf v Excelu.
 - b. Exportujeme graf do formátu PDF.
 - c. Použijeme konvertor pro převod PDF na STL.
 - d. Importujeme STL soubor do programu Tinkercad.
3. Příprava v Tinkercadu:
 - a. Navrhne vhodné měřítko (jeden milimetr = 10 světelných let).
 - b. Změříme velikosti hvězd v původním souhvězdí.
 - c. Překreslíme hvězdy do odpovídající vzdálenosti od Země.
4. Grafická úprava a úprava osy X:
 - a. Změříme kolmé vzdálenosti od osy X v původním souhvězdí.
 - b. Zvedneme hvězdy kolmo nahoru podle naměřených vzdáleností.
 - c. Odstraníme černou šablonu.
 - d. Provedeme grafickou úpravu prostorové vizualizace.
5. Ukládání a využití výsledného 3D vykreslení:
 - a. Uložíme výsledné 3D vykreslení ve formátu STL.
 - b. Využíváme vykreslení pro sdílení, úpravy a 3D tisk.
 - c. Pro výuku fyziky můžeme přidat tenké sloupky na spodní část destičky pro projekci hvězd při rozsvíceném světle z pohledu Země.

Příloha 6 – Metodická příručka pro učitele č. 3

Vykreslování souhvězdí s posunem v čase

1. Tento manuál slouží jako průvodce pro učitele, při vykreslování souhvězdí s posunem v čase.
2. Vložte data hvězdy z katalogu HIPPARCOS do tabulky Excel. Vyberte pouze jasné hvězdy ze souhvězdí, u kterých budete sledovat vlastní pohyb.
3. Označte sloupce pro výpočet posunu ve směru rektascenze (RA) a ve směru deklinace (DE). Označte sloupce vhodnými názvy, například "Posun RA" a "Posun DE".
4. V prvním řádku sloupce "Posun RA" použijte následující vzorec pro výpočet posunu ve směru rektascenze: $=\text{DEGREES}(\text{RADIANS}(\text{pmRA}/1000/3600)/\text{COS}(\text{RADIANS}(\text{DE})) * \text{časový_posun}) + \text{RA}$
5. Ve dalším řádku sloupce "Posun DE" použijte následující vzorec pro výpočet posunu ve směru deklinace: $=\text{DEGREES}(\text{RADIANS}(\text{pmDE}/1000/3600) * \text{časový_posun}) + \text{DE}$
6. Použijte funkce Excelu k vykreslení jasných hvězd ze souhvězdí s vypočítaným posunem. Můžete vytvořit graf, kde na ose X budou hodnoty RA s posunem a na ose Y hodnoty DE s posunem. Tím získáte vizualizaci pohybu hvězd na obloze v časovém úseku.
7. Přidejte popisky k jasným hvězdám, abyste je mohli snadno identifikovat na grafu.
8. Pokud je to potřeba, stanovte vlastní meze pro osy X a Y, abyste dosáhli lepšího rozložení hvězd na grafu než automatická volba.
9. Nyní byste měli mít vykreslené hvězdy vybraného souhvězdí s posunem v čase.