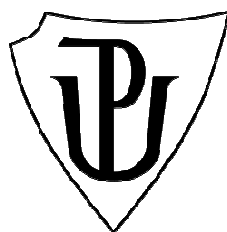


Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální fyziky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití foto-realistických simulací při výuce astronomie



Autor:	Ondřej Cícha
Studijní program:	N1701 Fyzika
Studijní obor:	Učitelství fyziky pro střední školy
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	doc. Mgr. Jaroslav Řeháček, Ph.D.
Termín odevzdání práce:	29. dubna 2011

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

V Olomouci dne 28. 4. 2011

.....

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora	Ondřej Cícha
Název práce	Využití foto-realistických simulací při výuce astronomie
Typ práce	Diplomová
Pracoviště	Katedra experimentální fyziky
Vedoucí práce	doc. Mgr. Jaroslav Řeháček, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2011
Abstrakt	Obsahem diplomové práce je návrh vhodného zakomponování planetária Stellarium do vysokoškolského kurzu astronomie. Hlavním cílem je názorná demonstrace základních astronomických pojmů formou automaticky běžících foto-realistických prezentací vytvořených pro program Stellarium.
Klíčová slova	Astronomie, Stellarium, planetárium, souřadnice v astronomii, astronomické jevy.
Počet stran	37
Počet příloh	11
Jazyk	Český

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname	Ondřej Cícha
Title	The use of photo-realistics simulations in teaching astronomy.
Type of thesis	Master
Department	Department of Experimental Physics
Supervisor	doc. Mgr. Jaroslav Řeháček, Ph.D.
The year of presentation	2011
Abstract	The content of this thesis is to design an appropriate incorporation the planetarium Stellarium into university astronomy course. The main objective is a practical demonstration of basic astronomical concepts by automatically running a photo-realistic presentations created for the program Stellarium.
Keywords	Astronomy, Stellarium, planetarium, astronomy coordinates, astronomical phenomena.
Number of pages	37
Number of appendices	11
Language	Czech

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Mgr. Jaroslavu Řeháčkovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, poskytování materiálů, udílení cenných rad a podnětů.

Obsah

ÚVOD.....	7
1 ASTRONOMIE	8
1.1 Co to je astronomie?	8
1.2 Stručný vývoj astronomie	9
1.3 Astronomie na střední škole	9
1.4 Vysokoškolský kurs astronomie	10
2 POČÍTAČOVÉ PLANETÁRIUM STELLARIUM	12
2.1 Proč právě program Stellarium?	12
2.2 Popis programu Stellarium	13
2.3 Ovládání programu Stellarium.....	13
2.4 Nastavení programu Stellarium	17
2.5 Tvorba rozšiřujících modulů.....	20
2.6 Ukázkový skript.....	22
3 ZAKOMPOOVÁNÍ POČÍTAČOVÉHO PLANETÁRIA STELLARIUM DO VÝUKY ASTRONOMIE	27
3.1 Vytvořené skripty	27
3.2 Obzorníkové souřadnice	27
3.3 Rovníkové souřadnice.....	28
3.4 Souvislosti mezi souřadnými soustavami	30
3.5 Pohyb vnějších planet	31
3.6 Pohyb vnitřních planet	31
3.7 Sluneční analema	32
3.8 Zatmění Měsíce.....	33
3.9 Zatmění Slunce	34
3.10 Precesní pohyb rotační osy Země	34
ZÁVĚR	36

Úvod

Při výuce fyzikálních oborů je velmi důležitá pedagogická zásada názornosti, kterou by se měl každý učitel řídit. Také by se měl snažit využívat názorných prostředků. Z tohoto důvodu je používání počítačové techniky nejen vhodné, ale mnohdy zároveň také výhodné, protože nám může pomoci s názorným předvedením jistého problému a může to vést k lepšímu pochopení daného problému nebo situace.

Ne jinak je tomu při výuce astronomie. Tato věda, která se zabývá popisem a výkladem jevů, jež probíhají za hranicemi atmosféry Země, potřebuje ke svému samotnému pozorování hvězdářskou techniku. Ovšem při výuce astronomie ve škole není vždy možné ji tímto způsobem vysvětlovat a tuto techniku používat. Samozřejmě k tomu nejsou potřebné prostředky a navíc je výuka časově omezena. K tomu se dá dobře využít výpočetní technika, která je v tomto směru dnes již vyspělá. Umožňuje za pokročilé grafické podpory vysvětlovat základní astronomické pojmy pomocí různých počítačových programů, simulací, obrázků, fotografií či appletů.

Velmi užitečným nástrojem je počítačové planetárium, jehož příkladem je program Stellarium. Tato diplomová práce navrhuje jeho zakomponování do výuky astronomie a jeho využití při výkladu základních astronomických pojmů formou samostatně běžících foto-realistických simulací, které jsou vytvořeny ve skriptovacím jazyku tohoto programu. Úkolem těchto simulací není úplné a vyčerpávající vysvětlení všech astronomických pojmů, ale hlavně názorná demonstrace vybraných pojmů a jejich automatický chod v planetáriu. Úkolem pedagoga bude potom pouze spustit simulaci bez složité manipulace s programem a podat podrobnější vysvětlení nebo jevy okomentovat. Tyto rozšiřující moduly jsou přidány v příloze na CD.

Tato diplomová práce má následující části:

- Astronomie, její stručný vývoj a výuka.
- Popis programu Stellarium a skriptovacího jazyka.
- Návrh vhodného použití planetária Stellarium při výuce astronomie.

1 Astronomie¹

1.1 Co to je astronomie?

Astronomie je věda, která se zabývá popisem a pozorováním jevů, které se odehrávají vně naší atmosféry. Jevy a objekty pozorování se tedy nacházejí buď v naší Sluneční soustavě, mezi které patří popis jednotlivých planet, nebo ve vzdálených hloubkách vesmíru, kam můžeme zařadit různé galaxie a mlhoviny. Tato věda má velmi blízký vztah s fyzikou, protože k výzkumu těles ve vesmíru a různých dějů, které zde probíhají, používá fyzikální teorii. Jde v podstatě o fyzikální popis vesmírných systémů. na druhou stranu však můžeme říci, že ve vesmíru můžeme díky astronomii pozorovat různé úkazy jako v nějaké obrovské fyzikální laboratoři a zkoumat tímto způsobem zákony pohybu a gravitace v obrovských rozměrech, jež nám vesmír z hlediska prostoru a času nabízí. Zároveň se zde vyskytují i podmínky, které v žádných laboratořích na Zemi nedokážeme vytvořit.²

Mezi hlavní disciplíny astronomie patří astrometrie, jež určuje přesnou polohu vesmírných těles. Dále je to nebeská mechanika, díky které lze určit zákonitosti pohybu těles. Fyzikální a chemické vlastnosti astronomických objektů popisuje vědní obor astrofyzika. Typickým příkladem toho, čemu se astrofyzika věnuje, je vývoj vesmíru nebo složení hvězd. Významnou roli má i disciplína zvaná kosmologie, která se zabývá stavbou a stádií vývoje vesmíru.

Metody výzkumu v astronomii jsou pozorování, experiment a také extrapolace známých fyzikálních vlastností. Pozorování, které lze provádět pomocí nejrůznější astronomické techniky, jako jsou teleskopy nebo dalekohledy, nám přináší největší množství informací skrze různé druhy záření. Naproti tomu jsou experimenty v této oblasti celkem výjimečné, například výzkum meteoritů, zkoumání vzorků hornin z povrchu Měsíce nebo prostřednictvím kosmických sond prováděný výzkum jiných planet. Co se týká extrapolace známých fyzikálních zákonitostí, tak zde můžeme obohacovat fyziku o nové poznatky díky extrémním podmínkám v kosmu.

¹ Popis astronomie a její vývoj částečně čerpán z textu přednášek vysokoškolského kurzu Astronomie na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Přednášející doc. Mgr. Jaroslav Řeháček, Ph.D. v roce 2009.

² URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Astronomie>> [cit. 2011-03-05].

1.2 Stručný vývoj astronomie

Astronomie se vyvíjela již od starověku, kdy hlavní oblastí zájmu bylo pozorování hvězd, určování jejich poloh na obloze a jejich využití k navigaci a určování času. V různých kulturách sloužilo hvězdářství také k předpovídání dalších nebeských úkazů, mezi které patří například zatmění Měsíce. Zde ovšem probíhalo pozorování pouhým okem. S rozvojem astronomie šel ruku v ruce také rozvoj astrologie, která popisuje vliv postavení nebeských objektů na dění na Zemi.

Důležitým mezníkem vývoje byl fyzikální popis nebeské mechaniky. Jedněmi z prvních myslitelů v této oblasti byli Aristoteles, Hipparchus a Ptolemaios. Na ně pak navazovaly práce velikánů Keplera, Newtona a Koperníka a také pozorování Tycho Braha. Objev dalekohledu na začátku 17. století také výrazně ovlivnil přesnost pozorování, o čemž svědčí nárůst objevů různých těles, jako například objev čtyř měsíců obíhajících kolem Jupitera, jehož autorem je Galileo Galilei.³

Období od poloviny 19. století do první třetiny 20. století je charakteristické rozvojem spektrálních analýz a fotometrie, se kterými jsou spojena jména Henrietta Swan Leavitt nebo Edwin Hubble. Od této doby dodnes už moderní astronomie zkoumá všechny oblasti elektromagnetického záření, k jehož pozorování se používají kromě optických dalekohledů i neoptické přístroje jako je radioteleskop. Kromě toho není obtížné umístit teleskop na oběžnou dráhu Země, kde již pozorování neovlivňuje atmosféra nebo světelné znečištění. Mezi hlavní zkoumané oblasti elektromagnetického záření dnes patří optická oblast ve vlnových délkách 400 až 760 nm, krátkovlnná oblast pod 400 nm zkoumající UV, RTG a gama záření, infračervená oblast řádově v rozmezí 700 nm až 1 mm a oblast rádiová nad 1 mm.

1.3 Astronomie na střední škole

Výuka astronomie na středních školách v České republice probíhá ve velmi omezeném rozsahu, pokud vůbec probíhá. Po reformě školství a zavedení RVP nebyla astronomie jako taková zahrnuta ani pro gymnázia do fyziky, která patří do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Vyučuje se dosti okrajově, protože se žák s astronomickými pojmy či objekty setká v průběhu výuky fyziky pouze několikrát.

³ Vanýsek, 1980, s. 17.

Například je tomu tak při probírání Newtonových pohybových zákonů, konkrétně zákon vzájemného gravitačního působení těles. Dále je to Keplerův zákon umožňující určit hmotnost těles, jež obíhají kolem společného těžiště. Při výkladu elektromagnetických jevů se dále žáci setkávají s různými formami elektromagnetického záření, které jsou také předmětem zkoumání spektroskopie a fotometrie, jež používá astronomie jako jedny z nejdůležitějších zdrojů informací o zkoumaném vesmíru. Dále se ještě žáci setkají s dalekohledy a s různými optickými zobrazovacími přístroji při výuce zobrazovací optiky.⁴

V nadstavbových kursech nebo seminářích fyziky se ještě na některých školách mohou žáci setkat se samotným rozdělením astronomie, jejími základními pojmy a vztahy, které používá, dále stavbou a vývojem hvězd, strukturou a popisem naší Sluneční soustavy. V průběhu čtyř let na střední škole se tedy žák s astronomií setká pouze okrajově. Pouze někteří jedinci mají to štěstí, že se prostřednictvím nějaké exkurze dostanou na hvězdárnu a tím se seznámí s praktickým průběhem astronomického zkoumání a pozorování.

1.4 Vysokoškolský kurs astronomie

Studenti učitelství fyziky a matematiky pro střední školy na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci mají do třetího ročníku bakalářského studijního programu zařazen předmět Astronomie. Je to předmět typu B, jde tedy o volitelný předmět ukončený zkouškou, který garantuje a vyučuje na katedře optiky doc. Mgr. Jaroslav Řeháček, Ph.D.. Studenti jej mají možnost navštěvovat v letním semestru. Výuka probíhá každý týden formou dvouhodinové přednášky, po které následuje hodinové cvičení.

Tento předmět má za cíl seznámit studenty se základními poznatky z astronomie, s jejím historickým vývojem a také nastínit a popsat současné trendy v moderní kosmologii. Obsahem jsou základy sférické astronomie, mezi které patří popis astronomických souřadnicových systémů a jejich souvislostí, různé korekce souřadnic a také popis času a kalendáře z hlediska astronomie. Další významnou částí obsahu je astronomie Sluneční soustavy, kterou popisuje nebeská mechanika pomocí Keplerových a Newtonových zákonů. Popisuje fyzikální poměry těles, které se v této

⁴URL: < <http://www.vuppraha.cz/ramcove-vzdelavaci-programy> > [cit. 2011-03-05].

soustavě nacházejí, a nastiňuje způsob jejich studia. Zajímavou částí i pro laika v této oblasti jsou zatmění a zákryty nebeských těles, kam patří například zatmění Slunce či Měsíce. Jak již bylo v úvodu popsáno, tak další část fyziky, kterou je astrofyzika, popisuje fyzikální vlastnosti vesmírných těles. Zde jsou zařazeny pojmy, jako je jasnost hvězd, vnitřní stavba hvězd, jejich hmotnost, rozměry a chemické složení, vývoj hvězd, zdroj hvězdné energie, popis galaxií, hvězdokup a mezihvězdné hmoty. Předmět obsahuje i základy kosmologie. Popisuje kosmologické modely vesmíru a jeho etapy vývoje. Samozřejmě vše je doplněno při hodinách cvičení, na kterých jsou počítány praktické příklady vztahující se k probírané problematice.⁵

Díky tomuto předmětu se studenti učitelství seznámí na kvalitní úrovni s astronomií a získané poznatky mohou později využít při samotné učitelské praxi. V průběhu výuky předmětu na Přírodovědecké fakultě použil v několika hodinách vyučující doc. Mgr. Jaroslav Řeháček, Ph.D. počítačový program s názvem Stellarium, ve kterém nám studentům názorně ukázal několik pojmů a demonstroval některé základní jevy. Z toho důvodu jsem se po konzultaci s panem docentem rozhodl k práci na této diplomové práci, která se zabývá právě zapojením simulačního programu Stellarium do výuky astronomie.

⁵ URL: < <http://portal.upol.cz/> > [cit. 2011-03-05].

2 Počítačové planetárium Stellarium

2.1 Proč právě program Stellarium?

Při výuce astronomie se nejlépe hodí různé názorné prostředky, simulace, fotografie mlhovin z teleskopů, obrázky animující a modelující pohyby vesmírných těles a nákresy hvězdářské zobrazovací techniky. Široké pole uplatnění zde má již zmiňované počítačové planetárium Stellarium.

„Stellarium je open source počítačové planetárium. Zobrazuje realistickou 3D oblohu, tak jak ji právě můžete vidět pouhým okem, dalekohledem nebo teleskopem. Je možné ho používat v planetárních projektorech. Stačí jen nastavit zeměpisné souřadnice a spustit.“⁶

Stellarium je softwarový projekt, který umožňuje používat domácí počítač jako virtuální planetárium. Vypočítává polohy Slunce, Měsíce, planet a hvězd a graficky potom zobrazuje oblohu tak, jak bychom ji mohli vidět z naší observatoře v místě, na kterém se nacházíme, a k tomu navíc v reálném čase. Umožňuje také vykreslovat souhvězdí tam, kde se právě nacházejí na nebeské sféře a dále například simulovat astronomické jevy, mezi které patří meteorický déšť nebo zatmění Slunce. Tím se Stellarium nejlépe hodí právě jako názorný výukový nástroj vykreslující nádhernou noční oblohu nebo může sloužit jako podpůrný nástroj pro amatérské astronomy, kteří si chtějí například naplánovat noční pozorování nebo pro zvědavé nadšence. Vzhledem k vysoké kvalitě grafiky, kterou program Stellarium vytváří (vykresluje), jej lze prakticky používat právě ve spojení s projektorem planetária. Na různých internetových stránkách se objevují dokonce i mapy noční oblohy nebo různé screenshoty vytvořené tímto programem⁷. Je vidět, že tento projekt má širokou oblibu a využití nejen u amatérských astronomů. Navíc se program docela rychle vyvíjí a neustále jsou k dispozici vyšší verze programu nebo nějaké další rozšiřující moduly. V současnosti je dostupná verze 0.10.6, která oproti nižším verzím 0.9 přináší do projektu hodně významných změn, z nichž nejvýznamnější je nové uživatelské rozhraní a změna

⁶ URL: < <http://www.stellarium.org/cs/> > [cit. 2011-03-12].

⁷ URL: < <http://www.astro.cz/rady/ukazy/zatmeni/mesic/20130425> > [cit. 2011-04-26].

základní struktury programovacího kódu.⁸ Jde o projekt perspektivní se zkušeným kolektivem vývojářů a slušným výhledem do budoucnosti.

2.2 Popis programu Stellarium

Instalace programu je možná pro všechny nejpoužívanější operační systémy včetně operačního systému Windows. Instalační program je dostupný na hlavních internetových stránkách tohoto projektu.⁹ Požadavky na počítač jsou na současné poměry v běžných mezích. Potřebujeme 3D grafickou kartu a kromě obvyklých požadavků na systém ještě určité množství místa na disku kvůli uložení katalogů hvězd, které jsou rozšiřitelné a lze je později stáhnout a doplnit. Po nainstalování programu jej můžete spustit přes ikonu, která se automaticky vytvoří na ploše.

Především pro začátečníky je užitečná příručka k programu¹⁰, kterou vytvořili vývojáři programu. Program může běžet v režimu na celou obrazovku nebo taky ve zmenšeném okně. Při spuštění programu můžeme vidět vlevo dole lištu, na které je uvedeno několik informací. Ukazuje současnou nastavenou polohu pozorovatele, úhel pohledu, grafický výkon udávající počet snímku za vteřinu a ještě současný čas a datum. Zbytek základní obrazovky zobrazuje panoramatickou krajinu a realistickou oblohu. Jakmile spustíme program v době, kdy je u nás například noc, tak na obloze uvidíme hvězdy, planety a Měsíc přesně v pozicích, na kterých se skutečně vyskytují.

2.3 Ovládání programu Stellarium¹¹

Otáčet pohledem v okně Stellarium můžeme buď pomocí kurzorových kláves (šipek) na klávesnici nebo je to i možné pomocí myši, přesněji kliknutím a přetažením. Pokud chceme měnit úhel pohledu, použijete rolovací kolečko nebo klávesy „*Page Up / Page Down*“. Jakmile najedeme myší na lištu s informacemi, rozevře se nám přehledný panel nástrojů s ikonami pro snadné a rychlé ovládání programu. V pravé části tohoto

⁸URL:<http://ignum.dl.sourceforge.net/project/stellarium/Stellarium-user-guide/0.10.2-1/stellarium_user_guide-0.10.2-1.pdf> [cit. 2011-03-12].

⁹ URL:<www.stellarium.org> [cit. 2011-03-12].

¹⁰Gates, 2009.

URL:<http://ignum.dl.sourceforge.net/project/stellarium/Stellarium-user-guide/0.10.2-1/stellarium_user_guide-0.10.2-1.pdf> [cit. 2011-03-12].

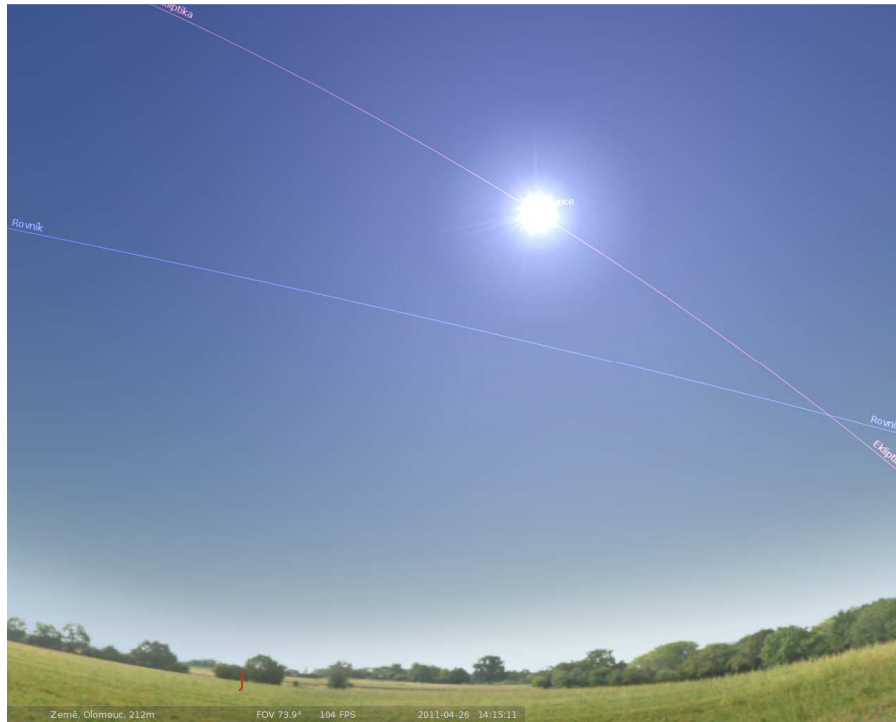
¹¹ Ovládání programu je popsáno podle uživatelské příručky s názvem Stellarium user guide volně stažitelné z internetových stránek:

URL:<http://ignum.dl.sourceforge.net/project/stellarium/Stellarium-user-guide/0.10.2-1/stellarium_user_guide-0.10.2-1.pdf> [cit. 2011-03-12].

panelu se nacházejí ikony pro ovládání času. Při spuštění Stellaria jsou čas a datum nastaveny podle systémových dat. Nemusí tomu tak být pořád, protože program umožňuje nastavit odlišný čas i datum manuálně a to dokonce v rozmezí 99 998 let před naším letopočtem až do roku 100 000 našeho letopočtu. Samozřejmostí je, že program přesně propočítá příslušné polohy hvězd a planet a zobrazí reálnou oblohu v zadaném čase. Navíc ani běh času nemusí být reálný, lze jej buď zrychlit (a to mnohonásobně) nebo zpět zpomalit či zastavit.

Stellarium nabízí kromě volného pohybu v čase také volnost pohledu na oblohu. Již výše byl zmíněn pohyb zorným polem i přiblížení či oddálení úhlu pohledu pomocí šipek a myši. Použitím levého tlačítka myši je možné vybrat libovolný objekt na obloze a následně pravým tlačítkem tento výběr zrušit. Stiskem mezerníku zaměříme vybraný objekt do středu zorného pole oblohy zobrazené programem. Pomocí tohoto snadného ovládání se můžeme jednoduše pohybovat po obloze, přibližovat si vybrané objekty apod. Například pokud si pomocí myši na obloze vybereme Měsíc, můžeme jej pomocí klávesy opačného lomítka automaticky přiblížit a následně obyčejným lomítkem zpět oddálit do původního nastavení.

Uvidíme, že Stellarium dokáže mnohem více, než jen vypočítat a vykreslit polohu hvězd a těles na obloze. Je totiž doplněno o mnoho dalších různých doplňků, rozšíření a vizuálních efektů. Mezi základními doplňky můžeme vyzdvihnout možnost vykreslení linií všech souhvězdí, jejich ohraničení nebo jejich výtvarné kresby. Užitečné jsou popisy těchto souhvězdí, které se dají zapnout samozřejmě i u planet a dalších významných objektů. Realistický efekt „zamlžení“ pohledu kvůli atmosféře, jehož viditelnost se dá také nastavit, vám způsobí například zhoršení jasnosti hvězd či svitu Měsíce. Možnost ovládání nejen těchto, ale i mnoha dalších efektů, je dostupná díky ovládací liště, která je v normálním běhu programu skryta. Tato druhá lišta se zobrazí poté, co myš najedeme na levou spodní část obrazovky, tedy zhruba do oblasti první informační lišty. Má dvě části rozdělené podle funkce: spodní doplňková lišta a boční lišta, která je na levé straně okna (viz. Obrázek č. 2). Spodní lišta obsahuje již zmiňované ovládací prvky, které umožňují například ovládat vykreslování tvarů souhvězdí a zobrazit jejich popis. Boční lišta obsahuje možnosti dalšího nastavení programu, jako je změna data či polohy. Tomu se věnuje další část kapitoly. Každý ovládací prvek na spodní liště má kromě ikony přiřazenou ještě klávesovou zkratku, jejímž stiskem se zapne nebo vypne vybraný efekt.



Obrázek č. 1: Program Stellarium.



Obrázek č. 2: Ovládací lišty v programu.

Patří zde popisovaná ikona ovládání vykreslení tvarů souhvězdí s přiřazenou klávesou „c“, dále pomocí klávesy „v“ se ovládá popis těchto souhvězdí a ještě stiskem klávesy „r“ se přes souhvězdí vykreslí výtvarné zpracování kresby souhvězdí. Důležitým prvkem, který jistě ocení amatérští astronomové, jsou souřadné soustavy. Pomocí tlačítka s přiřazenou klávesovou zkratkou „e“ se na oblohu vykreslí souřadnicová mřížka udávající deklinaci a rektascenzi¹² rovníkových souřadnic. Druhou možností je zobrazení mřížky obzorníkových souřadnic klávesou „z“. Ikona se symbolem hvězdářského dalekohledu umožňuje přepínat mezi těmito souřadnými soustavami. Té je přiřazena klávesa „Enter“. Velmi zajímavou funkcí je ikona, která umožňuje vypnout stiskem příslušného tlačítka nebo klávesou „g“ zobrazení krajiny simulující rovinu obzoru, a dosáhnout tak zobrazení souhvězdí a těles, které jsou pro danou zeměpisnou polohu běžně skryté za horizontem a tedy pro pozorovatele na povrchu Země neviditelné. Dalším grafickým prvkem je zobrazení zkratk světových stran na příslušných bodech roviny obzoru. To je možné stiskem klávesy „q“. Ikona s příslušnou klávesovou zkratkou „n“ přepíná označení pozic galaxií a mlhovin, které jsou vidět při daném úhlu pohledu. Při velkém přiblížení jsou na jejich místo nahrány skutečné fotografie těchto mlhovin, které byly pořízeny pomocí teleskopů. Speciálním prvkem je možnost přepnutí zobrazovacího módu na tzv. noční režim, který umožňuje zobrazení všech prvků v příjemnějším barevném rozložení pro oko, které je adaptované na tmou. Tato funkce nemá přiřazenou žádnou klávesu. Ukazatel pozice planet na obloze ještě ovládá poslední tlačítko s klávesovou zkratkou „p“. Vycentrování a zaměření pohledu na vybraný objekt pomocí mezerníku již bylo zmíněno.

Pomocí jmenovaných funkcí si uživatel může snadno nastavit¹³ zobrazení jednotlivých prvků. K ovládání velikosti okna je ještě důležitá klávesa F11, jejíž ikona se taky nachází na zmiňované dolní liště. Tímto způsobem lze přepnout okno z celé obrazovky do menšího okna. Poslední ikona slouží k ukončení programu Stellarium, což lze provést také současným stiskem kláves „Ctrl“ a „Q“.

¹² Deklinace a rektascenze jsou úhly, jejichž prostřednictvím jsou určeny rovníkové souřadnice druhého druhu. Jejich zavedení a měření je názorně popsáno v příloženém skriptu s názvem „rovnikove_souradnice.ssc“.

¹³ Další informace k ovládání a nastavení programu například zde:
URL:<<http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=158>> [cit. 2011-04-26].

2.4 Nastavení programu Stellarium¹⁴

Nyní se zaměříme na základní nastavení programu, mezi které patří například nastavení polohy a času. K tomu slouží levá boční nástrojová lišta, která se objeví po najetí myši do oblasti levé boční části obrazovky. Na liště se nachází celkem šest ikon. Každá má opět přiřazenou klávesu, v tomto případě to jsou funkční klávesy F1 až F6. Kliknutím na ikonu nebo stiskem funkční klávesy se vždy zobrazí na obrazovce okno s příslušným nastavením. Jedná se postupně o tato okna: okno nápovědy, okno nastavení, vyhledávací okno, nastavení oblohy a pohledu, datum a čas a nastavení polohy.

Okno nápovědy, které se zobrazí po stisku klávesy F1, obsahuje seznam všech důležitých ovládacích zkratk, o kterých již bylo řečeno více v předešlé části. Jsou seřazeny do přehledné tabulky a navíc doplněny o další ovládací možnosti, které základní ovládací lišta neobsahuje. Pro pokročilé ovládání je tedy vhodné projít si tuto nabídku. Na další záložce tohoto okna jsou uvedeny informace nejen o licenčních podmínkách, ale i o autorech, kteří se podíleli na vývoji tohoto programu. Okno ještě obsahuje záložku s názvem Log, která je důležitá více pro programátory než pro obvyčejné uživatele, do níž se zapisují různé chybové hlášky a informace o běhu programu.

Nejširší spektrum možných nastavení se nachází v okně nastavení, které lze otevřít přes druhou ikonu v pořadí na levé boční liště nebo klávesou F2. Zahrnuje nastavení, jež se týkají samotného chodu programu a dalších nastavení neupravujících specificky pohled či zobrazení oblohy. Skládá se z pěti záložek, které se postupně věnují hlavním nastavením, navigaci, různým nástrojům, skriptům a nastavitelným zásuvným modulům.

První záložka hlavního nastavení umožňuje změnit jazyk. Lze si vybrat z mnoha světových jazyků včetně češtiny. Dále se zde dají vybrat informace, které se zobrazí poté, co označíme nějaký objekt. Na výběr jsou všechny dostupné informace (které jsou nahrány v programu), dále kratší a stručnější údaje a poslední možností je nezobrazovat žádné údaje. Poslední na této hlavní záložce je možnost uložit předvolená nastavení, což zahrnuje aktuální zorné pole a směr pohledu při spuštění programu.

¹⁴ Nastavení programu je popsáno podle Stellarium user guide volně stažitelné z internetových stránek: URL:<http://ignum.dl.sourceforge.net/project/stellarium/Stellarium-user-guide/0.10.2-1/stellarium_user_guide-0.10.2-1.pdf> [cit. 2011-03-12].

Samozřejmě je zde i možnost obnovit výchozí nastavení programu. Tyto změny vyžadují restart Stellaria, jinak se tyto změny neprojeví.

Druhá záložka navigace umožňuje výběr ovládání a navigace pomocí myši nebo klávesnice. Dále obsahuje nastavení data a času při spuštění, které může být nastaveno podle systémového času a data nebo jiné vlastní volby. Ještě je zde možnost nastavit si čas do ukrytí kurzoru myši a možnost zobrazit převracející tlačítka, která obraz převrátí svisle či vodorovně.

V pořadí třetí záložka nástrojů již umožňuje měnit některá zobrazení a upravuje pohled. Nabízí několik položek, jejichž označením se příslušné nastavení planetária aktivuje. Sem patří zarovnání popisků, výběr konkrétních souhvězdí, automatické přiblížení a oddálení a okrouhlé zorné pole (jako při pozorování dalekohledem). Zajímavou volbou je zakřivení sférického zrcadla, které umožňuje použít Stellarium v planetáriích pro zobrazení hvězdné oblohy přes projekční systém. Užitečným nástrojem jsou screenshoty. Zde je možné nastavit složku pro automatické ukládání snímků obrazovky. Program používá katalogy hvězd rozdělené podle magnitudy¹⁵. Katalogy základních hvězd čítající přes 600 000 hvězd jsou obsaženy v základní verzi programu a právě zde je možnost si doplňující katalogy stáhnout. Problémem ovšem je jejich velikost a následně i náročnost při zobrazování reálné hvězdné oblohy.

Poslední dvě záložky se věnují již nadstandardním možnostem programu, jako jsou skripty a přídatné moduly, jež lze využívat při rozšířeném používání Stellaria. Skripty jsou samostatně a nezávisle běžící podprogramy, které byly vytvořeny ve skriptovacím jazyku programu, a které lze zde spustit. Právě vytvoření takových podprogramů patří mezi cíle této diplomové práce. Skripty si lze vybrat ze zde uvedené nabídky a spustit. U každého skriptu je uveden jeho název, autor a stručný popis skriptu. Odlišně fungují zásuvné moduly, jejichž aktivace se zde nastavuje. Verze 0.10.3 obsahuje šest dostupných modulů, kam se řadí nástroj pro měření úhlových vzdáleností mezi dvěma vybranými body, dále zobrazení kompasového kruhu se značkami podél obzoru, nástroj dalekohledů umožňující simulovat pohled skrze různé typy dalekohledů, textové uživatelské rozhraní pro uživatele v planetáriích a nástroj pro vykreslení a výpočet oběžných drah satelitů. ve verzi 0.10.6 jsou ještě dostupné další dva moduly.

¹⁵ Magnituda je fotometrická veličina udávající zdánlivou hvězdnou velikost. Stanovuje rozdělení hvězd nebo jiných objektů do tříd podle jasnosti. (Vanýsek, 1980, str. 175.)

Jedná se o editor Sluneční soustavy, kterým lze doplnit soustavu o různé asteroidy a jiná tělesa. Druhým modulem je nástroj pro snadnější práci s daty a časovými pásmy. Tyto nástroje jsou zahrnuty v základní verzi programu a není tedy nutné je dodatečně doplňovat a instalovat. Kromě těchto již uvedených modulů jsou ještě dostupné další moduly, které jsou většinou k dispozici ke stažení na internetových stránkách Stellaria, ovšem nemají moc široké spektrum použití. Příkladem je doplněk s názvem LogBook, který umožňuje zaznamenávat své postřehy a poznámky při různých pozorováních.

Přes funkční klávesu F3 se uživatel dostane k vyskakovacímu oknu, jež slouží k vyhledávání objektů na obloze. Tato v pořadí třetí záložka na boční liště umožňuje najít kterékoliv těleso, jež ve své databázi program obsahuje. Užitečný je i řádek nápovědy, který se aktivuje po zadání několika počátečních písmen hledaného objektu. Vyhledávání je i možné pomocí katalogových čísel hvězd.

Dostí rozsáhlé je nastavení pohledu pomocí čtvrté záložky v pořadí. Umožňuje základní i rozšířené nastavení oblohy, označení různých souřadnic či souhvězdí, nastavení krajiny a hvězdné mytologie. Například je v programu možné zobrazovat padající hvězdy, orbity a popisky planet. Je zde možné vybrat škálu zobrazovaných hvězd i nastavení velikosti takzvaného světelného znečištění. Lze zobrazit na nebeskou sféru mřížku azimutů, ekvatoriální mřížku, světové strany nebo rovník a dráhu Slunce po obloze. Pomocí výběru z různých druhů si může pozorovatel nastavit stereografickou projekci¹⁶ oblohy, perspektivu a další. Záložka nastavení krajiny obsahuje výběr z několika možností krajiny, která se zobrazuje jako rovina horizontu. Tyto krajiny lze samostatně dotvářet pomocí fotomontáže, takže si každý uživatel může jednoduše přidat vlastní krajinu. Zajímavá je možnost volby měsíční krajiny, která vznikla nafocním místa přistání Apolla na Měsíci. V nastavení hvězdné mytologie lze vybrat například čínskou, egyptskou, polynéskou nebo tradiční západoevropskou mytologii.

Předposlední volbou je nastavení data a času, o kterém již bylo více řečeno výše. Po stisku klávesy F5 se zobrazí okno, kde lze požadovaný čas a datum nastavit.

Poslední možností nastavení je volba polohy s klávesovou zkratkou F6. Zobrazené okno obsahuje kromě přehledné mapy světa se šipkou, jež ukazuje aktuální nastavenou polohu, také seznam měst a míst, jež má program v databázi. Každé pozorovací místo má kromě zeměpisných souřadnic také nadmořskou výšku. Lze si

¹⁶ Stereografická projekce je konformní středové promítání.
(URL:< mat.fsv.cvut.cz/lakoma/KOGG/Stereograficka_projekce2008.pdf > [cit. 2011-04-26]).

navíc ručně nastavit libovolnou polohu a to nejen na Zemi, ale i například na Měsíci, Merkuru, Neptunu či Marsu. Zajímavá je poloha s názvem Solar System Observer, kterou obsahuje nabídka programu, z níž lze pozorovat oblohu z vnějšku Sluneční soustavy ze vzdálenosti větší než 6000 světelných let.

2.5 Tvorba rozšiřujících modulů

Rozšiřující skripty, též řečené rozšiřující moduly, jsou velikou výhodou Stellaria. Lze je volně stahovat ze stránek programu¹⁷ nebo je i vytvářet. Už v základní verzi programu, kterou si uživatel nainstaluje, jich je k dispozici hned několik. Například se můžete podívat na průběh zatmění Slunce, porozhlédnout se po zobrazené krajině nebo projít všechny znamení zvěrokruhu. Tyto skripty jsou všechny uloženy ve složce scripts v adresáři programu na disku. Pouze zde uložené soubory skriptů lze spustit při běhu planetária. Většinu základních skriptů vytvářeli tvůrci programu a určitě je ocení každý uživatel. Výhodou je to, že po spuštění skriptu můžete pouze sledovat jeho průběh a nemusíte dále nějak složitě s programem manipulovat a měnit nastavení. Proto jsem se rozhodl k tvorbě několika takových samoběžících skriptů, které by bylo možné využít při názorném výkladu některých astronomických pojmů.

Tvorba takových skriptů obnáší základní programátorské dovednosti a znalosti. Je třeba se trochu vyznat v jazyku, který se zde používá. Ten je podobný programátorskému jazyku C++ a navíc jsou zde základy tvorby skriptů popsány i na části webových stránek¹⁸ věnujících se činnosti vývojářů a tvůrců programu. Popsaná dokumentace je zaměřena na samotné jádro programu a také na vývoj skriptů a doplňujících pluginů¹⁹, o kterých již byla zmínka výše. Architektura programu je rozdělena do několika základních tříd, které obsluhují a vytvářejí základní funkce běhu programu. Při vytváření skriptů se používají příkazy, jenž volají jednotlivé funkce z různých tříd. Od verze 0.10.1 Stellarium používá skriptovací funkce založené na tzv. QT Scripting Engine²⁰, které umožňují vytvářet malé podprogramy, uvnitř kterých lze měnit některá nastavení programu, prezentovat různé konstelace těles či astronomické jevy. Jádro skriptovacího jazyka tedy poskytuje uživateli přístup ke všem základním

¹⁷ URL:< <http://www.stellarium.org/wiki/index.php/Scripts>> [cit. 2011-03-12].

¹⁸ URL:< <http://www.stellarium.org/doc/head/>> [cit. 2011-02-02].

¹⁹ zásuvný modul, neboli plug in

²⁰ URL:< <http://doc.trolltech.com/4.7/qtscript.html>> [cit. 2011-04-01].

funkcím a umožňuje manipulovat s proměnnými řetězci a konstantami. Uživatel může používat funkce, které jsou rozděleny do několika základních tříd a navíc patří mezi tzv. veřejné přístupné sloty²¹.

Základní obecné veřejné funkce se nacházejí ve třídě `StelMainScriptAPI`. Tato třída, na kterou lze odkazovat ve skriptu použitím zkratky „core“, obsahuje funkce nastavení data a času, nastavení polohy pozorovatele, úhlu pohledu atd. Abychom například dosáhli toho, že skript vyčká 5 vteřin do pokračování k dalšímu kroku, použijeme příkaz `StelMainScriptAPI::wait()`, který volá danou třídu a k ní připojenou dostupnou funkci. Prakticky by to tedy vypadalo následovně:

```
core.wait(5).
```

Další třídy s veřejnými sloty jsou již dostupné použitím příkazu shodného s názvem volané třídy. První třída podle abecedního pořadí `ConstellationMgr` zobrazuje souhvězdí a prostřednictvím funkcí řídí jejich nastavení, kam patří zobrazení jejich popisů, výtvarných zpracování a vyznačení hranic. Následující třída `GridLinesMgr` zahrnuje funkce vykreslující obzorníkové nebo rovníkové souřadnicové mřížky a ještě významné kružnice, mezi které patří rovník, meridián a ekliptika. Třída `LabelMgr` umožňuje vytvořit libovolný nápis buď na určité zadané souřadnice, nebo přidat popisek k objektu na obloze. `LandscapeMgr` je třída, která obsahuje funkce zobrazující krajinu, dále funkce ovládající atmosféru a mlhu nad krajinou nebo zobrazení světových stran. Třídy `MeteorMgr`, `StarMgr` a `NebulaMgr` zahrnují příslušné funkce ovládající zobrazení meteorů, hvězd a mlhovin, například simulaci meteorického deště nebo zobrazení vybraných hvězd a mlhovin s popisem. Část funkcí spravujících obrazy ve skriptech je zařazena do třídy `ScreenImageMgr`, díky nimž lze vykreslit na určitou část obrazovky vytvořený obraz nebo přiřadit na zadané souřadnice obrázek. Funkce popisující planety a jejich oběžné dráhy v Sluneční soustavě se nachází ve třídě s názvem `SolarSystem`. Ovládání zvukových souborů ve skriptu je možné přes veřejné funkce ve třídě `StelAudioMgr`. Funkce třídy `StelMovementMgr` ovládají hlavní změny pohledu, nastavení počtu snímků za vteřinu, zaměření na vybraný objekt nebo jeho zaostření. Třída `StelSkyDrawer` poskytuje soubor funkcí a metod, které program používá k celkovému sestavení objektů na obloze s přihlédnutím k přizpůsobivým vlastnostem lidského oka. Například lze nastavit relativní či absolutní škálu viditelných hvězd nebo limit podle jejich magnitudy. Abecedně poslední třídou je `StelSkyLayerMgr`, která

²¹ public slots

spravuje obrázky, které jsou v pozadí oblohy, včetně snímků hlubokého vesmíru z teleskopů.²²

Většina zde zmíněných veřejných funkcí je popsána i s vysvětlivkami a příklady na internetových stránkách vývojářů programu²³. Tyto příklady a vysvětlivky jsou dost přínosné hlavně pro ty, kteří se v programování moc nevyznají. Některé funkce jsou pouze vypsány v seznamu funkcí bez dalších vysvětlivek, což někdy může být při vytváření skriptů problém. Každý vytvořený skript je potřeba uložit do složky adresáře programu s názvem skripts, odkud se skripty při startu Stellaria načítají. Dále musí mít přidanou příponu .ssc. Ještě je možné připojit ve skriptu odkaz například na nějaký obrázek, který se má zobrazit, nebo přídavnou externí funkci. Tyto soubory by opět měly být uloženy buď přímo ve složce scripts a nebo musí být uvedena celá cesta k souboru. Přídavné funkce nebo přídavný soubor by měly mít příponu .inc.

Psaní skriptů většinou probíhá v různých editorech. V tomto směru je opravdu užitečná tzv. skriptovací konzole, která je jako přídavný modul zakomponovaný do programu Stellaria od verze 0.10.5. Okno, které se dá při běhu programu spustit pomocí klávesy F12, se otevře na plochu a dá se s ním volně manipulovat. Usnadňuje psaní skriptů tím, že barevně zvýrazňuje programové známé funkce a odlišuje je od dalších nastavení, což umožňuje lepší orientaci v textu. Libovolný skript se dá zde otevřít, upravovat a následně uložit. Jde také spustit celý nebo pouze jeho vybraná část. Zjednodušuje tedy práci a navíc pokud se ve skriptu objeví nějaká chyba, tak ihned vypíše chybové hlášení.

2.6 Ukázkový skript

Vzorový skript, který je zde uveden i s komentářem, má ilustrovat samotnou práci programování a psaní skriptu a také nabídnout jakési vodítko pro toho, kdo by se chtěl tvorbě nějakých skriptů věnovat. Při práci jsou užitečné třeba i skripty, které vytvořili vývojáři programu, v nichž lze najít mnoho funkcí i s drobným vysvětlením. Ve zde uvedeném skriptu popisují vybrané funkce, které jsou v této práci nejčastěji použity a také některé často potřebné příkazy.

²² URL:< <http://www.stellarium.org/doc/head/scripting.html>> [cit. 2011-03-29].

²³ URL:< <http://www.stellarium.org/doc/head/scripting.html>> [cit. 2011-03-29].

Skript, jež si chce uživatel spustit, by měl mít určitou formu, pokud se nejedná pouze o nějakou funkci, která změní nějaké vybrané nastavení pohledu či oblohy. V úvodní části by se měla nacházet hlavička skriptu obsahující základní údaje o skriptu, jeho název, licenci, autora a stručný popis. Program potom tyto informace načte a zobrazí v nabídce nastavení, která je dostupná přes klávesu F2 v záložce skripty. Problémem je to, že program nepřečte diakritiku, což je při psaní v českém jazyce nevýhodné. Proto je potřeba psát buď v angličtině, nebo vynechávat diakritiku a psát česky. Zvolil jsem druhou možnost. Hlavička by tedy měla vypadat takto:

```
//  
  
// Name: Ukazkový skript  
  
// License: Public Domain  
  
// Author: Ondrej Cicha  
  
// Description: Skript popisuje vybrané funkce a uvádí  
příklad využití nejpoužívanějších příkazů.  
  
//
```

Pokud chceme zobrazit nápis na obrazovce, tak použijeme následující příkaz:

```
LabelMgr.labelScreen("Nápis, který se zobrazí na monitoru  
při běhu skriptu.", 280, 100, true, 25, "#ff0000");
```

První část příkazu vyvolá funkci `labelScreen` zařazenou do třídy `LabelMgr`. V závorce je v uvozovkách napsán text, který chceme zobrazit. Dále jsou zde dvě hodnoty souřadnic, které udávají počet pixelů od levého okraje a shora obrazovky. Na tyto souřadnice se umístí začátek textu. Hodnota „true“ znamená, že se nápis nejen vytvoří, ale i zobrazí. Naopak hodnota „false“ nápis pouze vytvoří, ale nezobrazí. Předposlední hodnota zadává velikost fontu textu. Na konci je v uvozovkách uveden kód barvy, kterou text bude mít. Není zde možné použít anglický název barvy, například „red“. Pokud žádný kód nezadáme, potom bude mít text automaticky černou barvu. Jednotlivé příkazy se oddělují středníkem, pokud chybí, tak program vypíše chybové hlášení. Přidáním následujících dvou funkcí dostane program příkaz, aby vyčkal 4 sekundy a poté smaže všechny napsané nápisy na obrazovce.

```
core.wait(4);  
  
LabelMgr.deleteAllLabels();
```

Další dvě funkce slouží k nastavení data a polohy pozorovatele. Formát času se zadává ve formátu ISO, případně lze použít zápisu „now“, který nastaví datum a čas na reálný systémový čas. Pro programování se dá využít i zadání ve formě „ + 7 days“ nebo „ - 1 hours“. Část „local“ má vliv pouze na formát ISO a má souvislost s časovým pásmem místa pozorovatele.

```
core.setDate("2011-01-01T12:00:00", "local");  
core.setObserverLocation("Olomouc, Czech Republic");
```

Poloha pozorovatele se dá nastavit dvěma způsoby. První, zde uvedený způsob, je charakteristický tím, že stačí zadat pouze město a název země, ve které se nachází. Ovšem tímto způsobem lze nastavit polohu jenom těch pozic, které obsahuje Stellarium ve své databázi. Tyto pozice najdeme tak, že v menu nastavení polohy, kam se dostaneme přes klávesu F6, do řádku napíšeme název města a program automaticky nabídne k výběru požadované místo, pokud ho tedy obsahuje v databázi. Pro druhý způsob nastavení polohy je potřeba znát severní šířku a východní délku místa, dále nadmořskou výšku a ještě je možné zadat název místa pozorování, například takto:

```
core.setObserverLocation(0, 0, 10, 2, "misto pozorovani  
na rovníku");
```

Pozorovatel se tedy nachází na rovníku se souřadnicemi [0;0], jeho nadmořská výška je 10 metrů a přesun z přednastavené pozice bude trvat 2 sekundy.

Pro pohyb po obloze a přiblížení pohledu jsou užitečné následující dvě funkce, mezi kterými se nachází opět příkaz vyčkání zadaného času.

```
core.moveToAltAzi(20, 180, 2);  
core.wait(2);  
StelMovementMgr.zoomTo(80, 1);  
core.wait(1);
```

Funkce `core.moveToAltAzi` posune střed zobrazovaného pole na daný hodinový úhel a azimut, doba posunu přitom bude 2 sekundy. Zde uvedený příklad zobrazí pohled nad jižní obzor. Podobně lze využít i rovníkových souřadnic pomocí funkce `core.moveToRaDec`, kam zadáváme rektascenzi a deklinaci. Úhel pohledu se zadává ve stupních. Platí zde, že čím je větší úhel pohledu, tím je menší přiblížení oblohy.

Pro výběr některého objektu na obloze použijeme následující funkci. Uvedený příklad vybere Slunce a také ho označí ukazatelem (hledáčkem). Objekt se do uvozovek musí zapsat buď pod anglickým názvem, jako například „Mercury“ a „Moon“, nebo můžeme použít katalogové číslo, například u hvězdy Polaris „HIP 11767“. Vzhledem k tomu, že se poloha pozorovaných objektů v průběhu času na obloze mění, je užitečná připojená funkce, která vybraný objekt zobrazí na střed obrazovky a bude tak i nadále sledovat jeho pohyb po obloze. Při volbě „false“ se u obou funkcí nastaví opak.

```
core.selectObjectByName("Sun", true);
```

```
StelMovementMgr.setFlagTracking(true);
```

Další skupina funkcí, které najdeme v této práci, slouží k nastavení krajiny. Jsou to příkazy, které s volbou „true“ nastaví viditelnost po řadě samotné krajiny, mlhy nad krajinou, atmosféry a symbolů světových stran. V opačném případě se tyto prvky programu nebudou zobrazovat.

```
LandscapeMgr.setFlagLandscape(true);
```

```
LandscapeMgr.setFlagFog(true);
```

```
LandscapeMgr.setFlagAtmosphere(true);
```

```
LandscapeMgr.setFlagCardinalsPoints(true);
```

Zobrazovaná krajina se dá i zvolit použitím následujícího příkazu tak, že do závorky uvedeme název krajiny, kterou program obsahuje uloženou ve složce landscapes v adresáři programu na disku.

```
LandscapeMgr.setCurrentLandscapeID("garching");
```

Funkce ze třídy GridLinesMgr slouží k zobrazení různých souřadnic a přímek. Následující příkazy zobrazí postupně obzorníkovou souřadnicovou síť, rovník a ekliptiku.

```
GridLinesMgr.setFlagAzimuthalGrid(true);
```

```
GridLinesMgr.setFlagEquatorLine(true);
```

```
GridLinesMgr.setFlagEclipticLine(true);
```

Změny rychlosti běhu času lze dosáhnout následující funkcí setTimeRate, ve které číslo 1 znamená normální rychlost. Pokud zadáme třeba číslo 5, znamená to, že rychlost běhu času bude pětkrát rychlejší.

```
core.setTimeRate(1);
```

Užitečné jsou i uvedené funkce, které se týkají zobrazení kreseb souhvězdí, jejich linií a názvů.

```
ConstellationMgr.setFlagLabels(true);
```

```
ConstellationMgr.setFlagLines(true);
```

Při pozorování je někdy výhodné přepnout nastavení mezi azimutální a ekvatoriální montáží. To je možné díky příkazu `setMountMode`. Zde uvedený příklad přepíná na ekvatoriální montáž, při zadání „azimuthal“ se nastaví druhá možnost.

```
core.setMountMode("equatorial");
```

Pro načtení a zobrazení ilustrujících obrázků je využita následující funkce, která načte soubor „ilustracni_obrazek.png“ ze složky `scripts` a přiřadí mu zkratku „01“, přes kterou se lze dále ve skriptu na tento obrázek odkazovat. Příkaz také zobrazí tento obrázek na plochu monitoru 250 pixelů od horního a 400 pixelů od levého okraje obrazovky. Volba „true“ znamená, že obrázek bude opravdu zobrazený, nejen načtený. Další uvedená hodnota z intervalu 0 až 1 v závorce nastavuje počáteční průhlednost obrázku. Zde uvedená hodnota 1 znamená neprůhledný obrázek, naopak hodnota 0 zobrazí úplně průhledný obrázek. Poslední číslice ze závorky ještě udává čas, který potrvá vykreslení obrázku včetně efektu průhlednosti. Následující příkaz opět vyčká 5 sekund a poté jej další funkce smaže.

```
ScreenImageMgr.createScreenImage(01, "ilustracni_obrazek.png", 400, 250, true, 1, 1);
```

```
core.wait(1);
```

```
ScreenImageMgr.deleteImage(01);
```

Pokud všechny výše uvedené funkce i s hlavičkou uložíme v textovém editoru s příponou `ssc`, do složky `scripts`, tak máme hotový automaticky běžící skript, který je možné spustit při běhu `Stellaria`. Tímto způsobem lze tedy vytvářet další skripty. Uvedené funkce jsou pouze malým výběrem z širokého spektra těch, které jsou všechny uvedeny na internetových stránkách pro vývojáře.²⁴ Většinu z nich tam najdeme i s příklady a komentáři.

²⁴ URL:< <http://www.stellarium.org/doc/head/scripting.html>> [cit. 2011-03-29].

3 Zakomponování počítačového planetária Stellarium do výuky astronomie

3.1 Vytvořené skripty

Při přípravě skriptů a samotném průběhu tvorby skriptů jsem vybral základní pojmy, u kterých jsem pokládal za výhodné zapracovat na jejich výkladu ve Stellarium. Skripty se snaží především o názornou demonstraci jevů, nikoliv o jejich vyčerpávající popis. Tento komentář ponechávám na učitel, který se rozhodne skripty použít. Vybrané pojmy a jevy mají celkem široké spektrum. Jsou to jednak souřadnicové soustavy používané v astronomii, jejich popis a vztahy mezi nimi, dále je to pohyb planet a pohyb Slunce, nakonec i zajímavé úkazy kam patří zatmění Slunce a Měsíce či precese zemské osy. Celkem bylo vytvořeno devět skriptů, které jsou všechny včetně ilustračních obrázků přiloženy na CD. Pro jejich prezentování je třeba skripty i s obrázky uložit do složky scripts v adresáři programu. Zde není vypsáno jejich textové znění, protože je jejich využití v digitální podobě. Jsou zde uvedeny pouze stručné popisy jednotlivých skriptů s komentářem jevů, které popisují.

3.2 Obzorníkové souřadnice

První vytvořený skript se zabývá výkladem obzorníkových souřadnic, které se využívají v astronomii. Jeho název je obzornikove_souradnice.ssc. Po spuštění skript nejdříve ukáže rovinu obzoru, která je základní rovinou této soustavy souřadnic. Následně zobrazí meridián, jenž je místním poledníkem. Taky rovinu rovníku a ekliptiky, což je dráha Slunce po obloze. Samozřejmě se nezobrazuje samotná rovina, ale vždy její průsečík s nebeskou sférou. Pro lepší pochopení jsou v programu Inkscape²⁵ vytvořeny názorné obrázky sloužící k ilustrování prezentovaných pojmů. Tyto roviny ilustruje skriptem zobrazený obrázek.

Dále skript stručně popíše základní směr souřadnic, výšku hvězdy nad obzorem a její azimut. K tomu se zobrazí další ilustrační obrázek č. 3 „obzornikove_souradnice.png“. Aby měl například učitel nebo ten, kdo skript

²⁵ URL:< <http://inkscape.org/>> [cit. 2011-04-25].

prezentuje, více času k prohlížení obrázků a podání komentáře, využívá skript naprogramovanou vyčkávací smyčku, kterou lze ukončit stiskem klávesy „+“ na anglické klávesnici. Dále tento skript zobrazí tzv. azimutální souřadnicovou mřížku na nebeskou sféru, která udává právě obzorníkové souřadnice objektů na obloze.



Obrázek č. 3: Obzorníkové souřadnice.

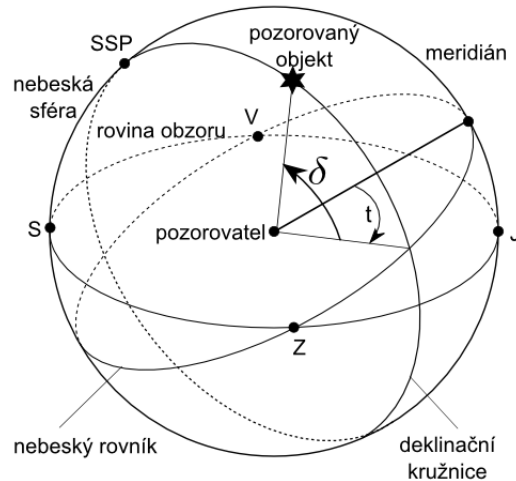
Příkladem těchto souřadnic, který skript ještě ukazuje, je zaměření pohledu na Slunce a v levém horním rohu se vypíše informace o vybraném objektu. Na šestém řádku zobrazených informací lze vidět aktuální obzorníkové souřadnice Slunce, které se ovšem neustále mění. Před ukončením skriptu se samozřejmě vrátí všechna změněná nastavení do původního stavu tak, aby skript nijak neovlivňoval další používání Stellaria.

3.3 Rovníkové souřadnice

Druhý skript se zabývá výkladem rovníkových souřadnic, jenž jsou prvního a druhého druhu. Po spuštění vykreslí rovník, který je základní rovinou těchto souřadnic. Dále popisuje deklinační kružnici, na které měříme souřadnici, tzv. deklinace delta, která je stejná pro souřadnice prvního i druhého druhu.

Nejdříve se skript zaměří na popis rovníkových souřadnic prvního druhu, jenž se liší definicí základního směru. Tak se dostáváme k druhé souřadnici, kterou je hodinový úhel. Ten se ovšem mění v čase, což demonstruje opět příklad zaměření pohledu na Slunce, u něhož jsou rovníkové souřadnice prvního druhu uvedeny na pátém

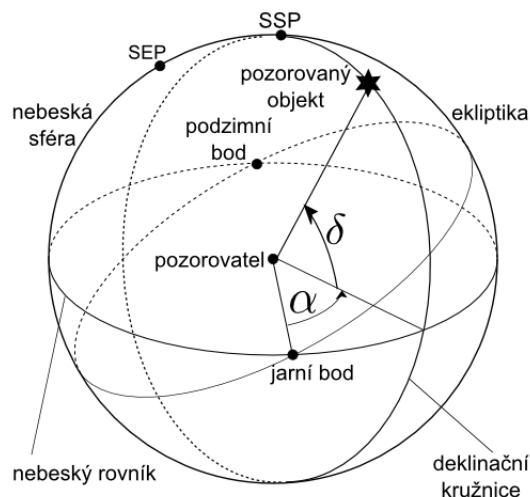
řádku informací zobrazených v levém horním rohu obrazovky. Ani zde nechybí ilustrační obrázek č. 4, tentokrát s názvem „rovnikove_souradnice1.png“. Můžeme vidět, že se hodinový úhel mění v čase.



Obrázek č. 4: Rovníkové souřadnice prvního druhu.

Kvůli potřebě fixních souřadnic se zavádějí rovníkové souřadnice druhého druhu. Významným bodem je průsečík rovníku s ekliptikou, který se nazývá jarní bod. Ve skriptu se zobrazí jeho poloha i symbol a vše ilustruje zobrazený obrázek. Následuje popsání základní roviny a základního směru těchto souřadnic. Dostáváme souřadnice druhého druhu, u kterých se měří dva úhly nazývané rektascenze a deklinace. Jejich měření na nebeské sféře pomáhá ilustrovat další obrázek č. 5 s názvem „rovnikove_souradnice2.png“, který byl pro tento účel vytvořen opět pomocí programu Inkscape. Dále se zobrazí ekvatoriální souřadnicová mřížka udávající rovníkové souřadnice druhého druhu.

Příkladem jsou potom aktuální rovníkové souřadnice druhého druhu Slunce, které jsou uvedeny na čtvrtém řádku zobrazených informací v levém horním rohu. Tyto souřadnice se v čase nemění. Nakonec skript vrátí všechny změněná nastavení do původního stavu a ukončí svůj běh.



Obrázek č. 5: Rovníkové souřadnice druhého druhu.

3.4 Souvislosti mezi souřadnými soustavami

Skript s názvem `souvislosti_souradnice.ssc` demonstruje souvislosti mezi různými souřadnicemi a pohybem těles pro pozorovatele na odlišných místech na Zemi. Postupně je ukazován příklad denního pohybu nebeských těles po obloze pro pozorovatele na rovníku, dále na jižním pólu a nakonec na severním světovém pólu.

Na začátku se nastaví poloha pozorovatele na rovníku, čas a zobrazovaná obloha. Slunce v místech na rovníku vychází kolmo na východní obzor a kolmo na západě zapadá. Zobrazí se informace o pozorovatelnosti těles na obloze. Poté, co se zrychlí běh času, má pozorovatel možnost sledovat pohyb hvězd a těles postupně na jižní, západní, severní a východní straně pohledu. Při pohledu kolmo nad rovinu obzoru při jarní rovnodennosti Slunce prochází pozorovateli přímo nad hlavou.

Skript potom přesune pozorovatele na další místo, kterým je jižní pól. Tělesa se zde pohybují rovnoběžně podél obzoru směrem vlevo. Protože je datum nastaveno na 1. ledna 2011, tak je zrovna polární den a Slunce nezapadá. Pozorovatel má možnost si při zrychleném běhu času prohlédnout oblohu a opět se otočit pohledem jednou dokola. Při pohledu kolmo nad rovinu obzoru se obloha otáčí ve směru hodinových ručiček.

Na poslední demonstrovanou pozici se pozorovatel přesune na severní pól, kde je ve stejném čase naopak polární noc. Při rozhledu po obloze může pozorovatel

sledovat pohyb těles, který je rovnoběžný s obzorem směrem vpravo. Pohyb je logicky opačný než na jižním pólu a zároveň lze pozorovat tělesa s deklinacemi od 0 do 90 stupňů. Tělesa se zápornou deklinací pozorovat nelze. Tento skript se snaží o větší názornost a je zaměřený na pozorování oblohy, než na nějaké teoretizující vysvětlování.

3.5 Pohyb vnějších planet

Následují dva skripty, které se zaměřují na pohyb planet. První z nich se zabývá samotným pohybem planet a dále pohybem vnějších planet. Na cd je uložen pod názvem `pohyb_vnejsich_planet.ssc`. V úvodu popisuje pohyb planet kolem Slunce a rozebírá to, proč pohyb dělíme na zdánlivý a skutečný. Vysvětluje pojmy jako direktní a retrográdní pohyb planety, jenž se pozorovateli na Zemi promítá do ekliptikálních souhvězdí.

Typickým příkladem takového pohybu je zdánlivý pohyb vnější planety Mars, který je zde pozorován v letech 2009 až 2010. Pohyb je rozložen do tří částí: normální pohyb, tzv. zastávka planety a její zpětný pohyb. Ke každému pohybu je vytvořen názorný obrázek, který se ve skriptu při popisu daného pohybu zobrazí. Následuje ukázka takového pohybu, který všechny zmíněné pohyby ukazuje. Tato část skriptu byla vytvořena podle skriptu, který lze volně stáhnout ze stránek programu²⁶. Cyklus, jenž se posunuje v čase po dnech, zobrazuje planetu pozorovatelnou ze Země a zanechává za ní její dráhu. Tímto způsobem vykreslí smyčku na pozadí ekliptikálních souhvězdí. Prezentace tímto končí a následuje nastavení do původního stavu.

3.6 Pohyb vnitřních planet

Ve skriptu `pohyb_vnitrnich_planet.ssc` je demonstrován pohyb vnitřní planety. Skript popisuje oba druhy pohybu, jak zdánlivý, tak i skutečný pohyb vnitřní planety a zaměřuje se na významné polohy planety při jejím pohybu. Vybraným příkladem je pohyb vnitřní planety Merkur.

²⁶ skript `MarsRetrograde_DN.ssc`, autor: Stephen R. Tuttle, URL:< http://www.stuttle1.com/DN_Astro/StellariumScripts_DN.html > [cit. 2011-04-25].

Nejprve skript rozebírá zdánlivý pohyb planety po obloze, neboli jak se nám pohyb planety jeví coby pozorovateli na Zemi. Popisuje postupně normální, též zvaný direktní, pohyb planety po obloze ve směru od západu na východ. Ani zde nechybí vytvořený ilustrační obrázek. Dále je to tzv. zastávka planety, kdy se planeta zdánlivě nepohybuje a nakonec ještě zpětný pohyb planety od východu na západ, kterému se také říká retrográdní. Na zobrazených obrázcích je vždy zakreslena poloha planety vůči Zemi na své oběžné dráze. Vybraným příkladem všech těchto pohybů je dráha planety v druhé polovině roku 2012, kdy Merkur po normálním pohybu udělá kratší zastávku a pohybuje se zpětným pohybem. Nakonec se vrátí do normálního pohybu. Naprogramovaný cyklus vykreslí celou dráhu planety v tomto období, která bude ve tvaru smyčky s hvězdným pozadím.

Při prezentaci skutečného pohybu planety se skript zaměří na orbit planety, který se i vykreslí kolem Slunce. Ve smyčce, jež přesunuje pozorovatele v čase vždy po dnech, se zobrazí všechny významné polohy Merkuru na jeho oběžné dráze. Tyto polohy jsou čtyři: dolní konjunkce, maximální západní elongace, horní konjunkce a maximální východní elongace. Ke každé popisované poloze se zobrazí vytvořený ilustrační obrázek. Z hlediska pozorování jsou nejvýznamnější pozice, kdy je planeta v maximální elongaci. Skript zobrazí Merkur při maximální západní elongaci, kdy je možné pozorovat tuto planetu na hvězdné obloze ráno těsně před východem Slunce. Nakonec je ještě zobrazen Merkur při maximální východní elongaci. Tehdy je možné pozorovat planetu na hvězdné obloze těsně po západu Slunce. Skript poté vrátí všechna nastavení do původního stavu.

3.7 Sluneční analema

Dráhu Slunce v průběhu roku po obloze pro danou zeměpisnou šířku a souvislost mezi pravým a středním slunečním časem demonstruje skript s názvem `slunecni_analema.ssc`. Jak již název skriptu napovídá, jedná se o jev zvaný sluneční analema. Kdybychom totiž v průběhu celého roku každý den sledovali ve stejnou dobu polohu Slunce na obloze, zjistili bychom, že Slunce opisuje zdánlivou osmičku. Prakticky to lze realizovat třeba fotografickou montáží.

Nejdříve se skript zabývá popisem tohoto jevu, který je způsoben především sklonem rotační osy Země k rovině ekliptiky a ještě excentricitou dráhy Země. Pro názornější popis se zobrazí další dva vytvořené obrázky.

Potom skript tento jev prezentuje tak, že naprogramovaný cyklus vždy zobrazí Slunce na obloze v pravé poledne a přeskakuje v čase po týdnech²⁷. Tímto způsobem cyklus proběhne celý rok a Slunce svým zdánlivým pohybem opisuje osmičku. Sledovat tento jev v praxi by bylo celkem náročné, zde ve Stellariu je to naopak možné jednoduchým způsobem.

3.8 Zatmění Měsíce

Zajímavými jevy jsou jistě zatmění. Skript nazvaný `zatmeni_mesic.ssc` demonstruje zatmění Měsíce, které nastane 15. června 2011 a popisuje fáze jeho průběhu.

Skript nejdříve nastaví podmínky pro pozorování a zaměří pohled na Měsíc, který je v úplňku. Pozorovatel může vidět, jak Měsíc postupně vstupuje do stínu. Navíc se mu nabízí možnost prohlédnout si tento jev z druhé strany a to tím způsobem, že skript nastaví polohu pozorování na povrchu Měsíce a zobrazí pohled směrem k Zemi a ke Slunci. na začátek úplného zatmění Měsíce se poloha pozorovatele nastaví na počáteční místo. Díky realistickému zobrazení lze vidět i změnu jasu oblohy a taky hvězdy, které kvůli velkému množství odraženého světla z Měsíce předtím nebyly vidět. i v tomto okamžiku zatmění se pozorovatel vydá „na výlet“, aby z povrchu Měsíce sledoval pohled opět směrem ke Slunci a Zemi a tím pozoroval efektivní zatmění v opačném směru. Po návratu zpět na původní místo pozorování skript nastaví takové podmínky, jaké by zhruba pozorovatel měl při reálném pozorování. Pohled samozřejmě ovlivňuje světelné znečištění a atmosféra Země. Na závěr si pozorovatel prohlédne konec úplného zatmění a může sledovat i následující částečné zatmění. Nastavením programu do původního stavu toto pozorování končí.

²⁷ vytvořeno podle skriptu `Analemma_DN.ssc`, autor: Stephen R. Tuttle,
URL:< http://www.stuttle1.com/DN_Astro/StellariumScripts_DN.html > [cit. 2011-04-25].

3.9 Zatmění Slunce

Průběh zatmění Slunce demonstruje skript s názvem `zatmeni_slunce.ssc`. Je to jedinečný jev, který nastává za specifických podmínek a ne každý má v životě možnost jeho úplnou formu shlédnout. Proto i tento vytvořený skript popisuje podmínky vzniku zatmění a demonstruje jeho průběh v programu Stellarium.

Nejdříve jsou ve skriptu rozebírány druhy zatmění, kam patří zatmění úplné, částečné a prstencové. Dále jsou vysvětleny podmínky vzniku zatmění. Ke všem pojmům jsou pro ilustraci opět vytvořeny obrázky těchto jevů.

K demonstraci zatmění Slunce se nastaví poloha pozorování do německého Stuttgartu, kde proběhlo 11. srpna 1999 úplné zatmění. Na území České republiky tehdy bylo pouze částečné zatmění. Skript nastaví čas na 11:26, kdy už Měsíc začíná zakrývat Slunce a tím vrhá kužel stínu na Zemi. Pozorovatel může sledovat částečné zatmění, které při zrychleném běhu času postupně přechází v úplné zatmění. To trvá zhruba 2 minuty a při simulovaném reálném pohledu jsou viditelné i hvězdy.

Pak následuje malá vsuvka, která popisuje a demonstruje vliv polohy pozorovatele na viditelnost zatmění Slunce. Je to provedeno tak, že se zastaví čas a postupně se mění poloha. Nejdříve se pozorovatel pohybuje po poledníku směrem na sever a potom na jih. Tak je ukázáno, že úplné zatmění nastává pouze v úzkém pásu na povrchu Země. Když k tomu ještě připočteme podmínky rozestavení Slunce, Měsíce a Země, kvůli kterým zatmění nenastává často, tak snáz pochopíme, proč tento jev mnoho lidí vůbec nezažije.

Prezentace se potom vrátí zpět k pozorování závěrečné části zatmění. Směr pozorování, který je zaměřený na Slunce, ukazuje Měsíc postupně odkrývající sluneční kotouč. Ukončení skriptu nastaví program do původního stavu.

3.10 Precesní pohyb rotační osy Země

Poslední skript, který byl v rámci této diplomové práce vytvořen, se jmenuje `precese.ssc`. Zaměřuje se na popis a demonstraci precesního pohybu rotační osy Země a s tím spojené další jevy.

Osa rotace Země je vychylována rušivým působením gravitačních sil především Slunce a Měsíce. Proto osa vykonává kuželový pohyb s periodou přibližně

26 tisíc let. Skript ukazuje pravidelnou změnu polohy severního světového pólu, která je důsledkem rotačního pohybu. Naprogramovaný cyklus proběhne celých 26 tisíc let do budoucnosti s intervalem vždy po 50 letech. Zaměřený severní pól tak opustí polohu poblíž Polaris, kde se nachází dnes. Postupně se posunuje přes hvězdu Vega, až projde hvězdou Thuban, která byla severkou starých Egyptanů. Nakonec se vrátí zpět ke hvězdě Polaris. Severní světový pól opíše pomyslnou kružnici kolem severního pólu ekliptiky.

S precesním pohybem rotační osy Země je spojen i posun jarního bodu, který je významným bodem rovníkových souřadnic druhého druhu. Skript zaměří jeho současnou polohu a potom mnohonásobně zrychlí běh času. Postupně se začne tento bod posunovat vzhledem k původní pozici. Následně je prezentován pohyb jarního bodu skrz ekliptikální souhvězdí.

Na závěr skript ukazuje zajímavost, kterou je viditelnost souhvězdí Jižní kříž v našich zeměpisných šířkách. Jak k tomu může vůbec dojít? Díky naprogramovanému posunu v čase do minulosti toto souhvězdí vystoupne nad obzor. Jižní kříž byl na severní polokouli viditelný zhruba před 8000 lety. Tento jev je spojen s precesním pohybem zemské osy.

Závěr

Při tvorbě této diplomové práce jsem se zabýval astronomií, která mě při studiu fyziky zaujala. Měl jsem tak možnost hlouběji proniknout do této problematiky, vyzkoušet si práci s programem Stellarium a také přemýšlet nad uplatněním tohoto programu v pedagogické praxi.

Hlavním cílem diplomové práce byla názorná demonstrace základních astronomických pojmů formou automaticky běžících foto-realistických prezentací. Tyto prezentace jsem vytvořil ve skriptovacím jazyku počítačového planetária Stellarium. Vytvořené skripty jsou i s ilustračními obrázky uloženy v příloze na CD. Celkem bylo vytvořeno devět skriptů spustitelných ve Stellariu. Skripty se zabývají astronomickými souřadnicemi, pohybem nebeských těles a vybranými jevy. Největší výhodou programu a vytvořených prezentací je to, že vysvětlovaný jev je prezentován názorně i s praktickou ukázkou. Tím mohou být tyto jevy snadněji pochopeny a zapamatovány.

Práce na této diplomové práci vyžadovala jisté programátorské dovednosti. Protože se programováním nezabývám, tak byla práce pro mě o něco náročnější. Přesto se mi podařilo vytvořit skripty, které jsou volně k dispozici pro všechny zájemce. Také počítačové planetárium Stellarium je volně dostupné, proto lze skripty jednoduše prezentovat. Věřím, že skripty budou využity k názornější výuce astronomie a to nejen na vysoké škole.

Seznam použitých pramenů

Použitá literatura

Vanýsek V. *Základy astronomie a astrofyziky*. Praha: Academia, 1980. 544 s. Bez ISBN.

Internetové zdroje

URL:<www.stellarium.org> [cit. 2011-03-12].

URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Astronomie>> [cit. 2011-03-05].

URL: < <http://www.vuppraha.cz/ramcove-vzdelavaci-programy>> [cit. 2011-03-05].

URL: < <http://portal.upol.cz/>> [cit. 2011-03-05].

URL: < <http://www.stellarium.org/cs/>> [cit. 2011-03-12].

URL: < <http://www.astro.cz/rady/ukazy/zatmeni/mesic/20130425>> [cit. 2011-04-26].

URL:<http://ignum.dl.sourceforge.net/project/stellarium/Stellarium-user-guide/0.10.2-1/stellarium_user_guide-0.10.2-1.pdf> [cit. 2011-03-12].

URL:<<http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=158>> [cit. 2011-04-26].

URL:< mat.fsv.cvut.cz/lakoma/KOGG/Stereograficka_projekce2008.pdf > [cit. 2011-04-26].

URL:< <http://www.stellarium.org/wiki/index.php/Scripts>> [cit. 2011-03-12].

URL:< <http://www.stellarium.org/doc/head/>> [cit. 2011-02-02].

URL:< <http://doc.trolltech.com/4.7/qtscript.html>> [cit. 2011-04-01].

URL:< <http://www.stellarium.org/doc/head/scripting.html>> [cit. 2011-03-29].

URL:< <http://inkscape.org/>> [cit. 2011-04-25].

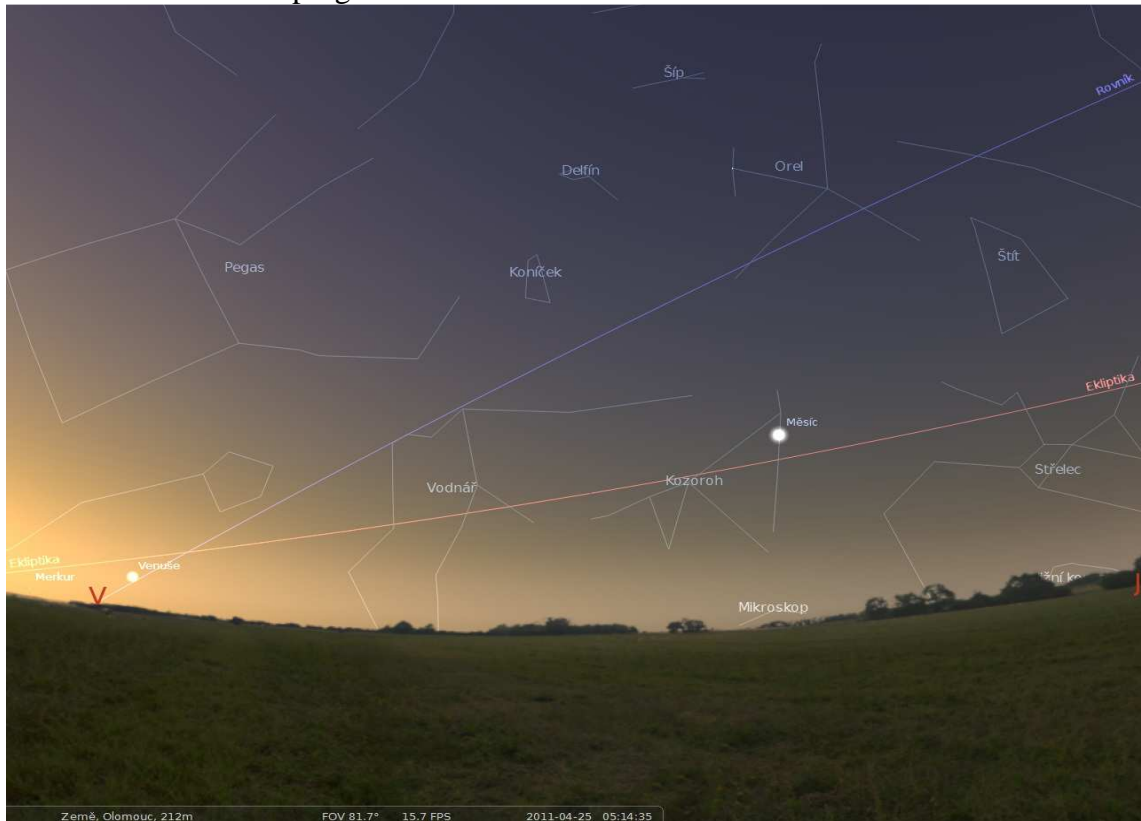
URL:< http://www.stuttle1.com/DN_Astro/StellariumScripts_DN.html > [cit. 2011-04-25].

Seznam příloh

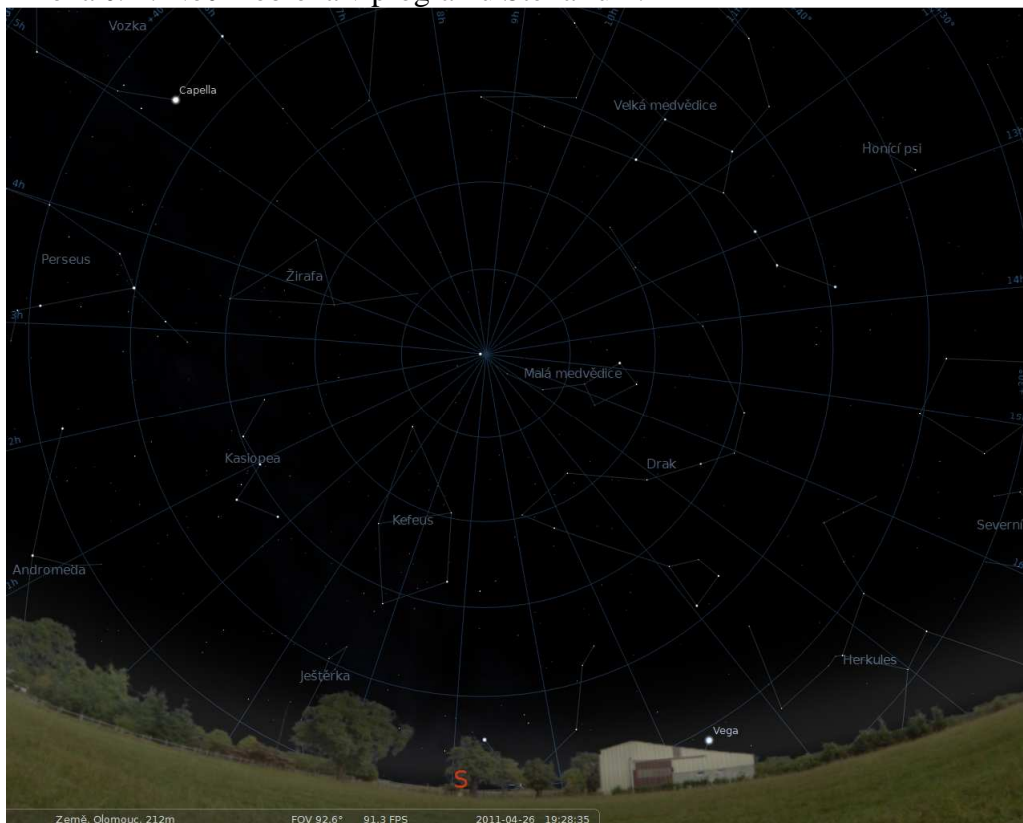
- Příloha č. 1: Obloha v programu Stellarium.
- Příloha č. 2: Noční obloha v programu Stellarium.
- Příloha č. 3: Běh Slunce.
- Příloha č. 4: Druhy zatmění Slunce.
- Příloha č. 5: Ekliptika.
- Příloha č. 6: Excentricita dráhy Země.
- Příloha č. 7: Uzly měsíční dráhy.
- Příloha č. 8: Maximální západní elongace.
- Příloha č. 9: Pohyb vnější planety.
- Příloha č. 10: Pohyb vnitřní planety.
- Příloha č. 11: Zatmění Slunce.

Přílohy

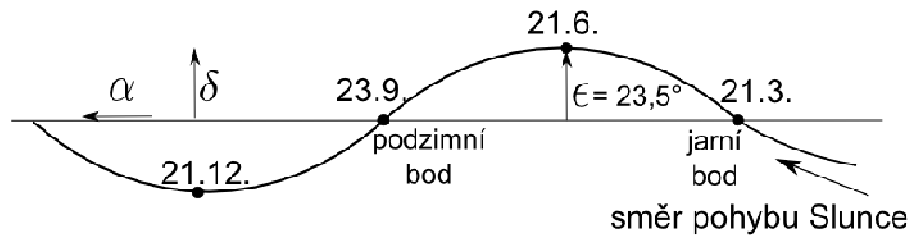
Příloha č. 1: Obloha v programu Stellarium.



Příloha č. 2: Noční obloha v programu Stellarium.

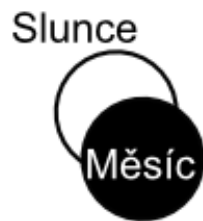


Příloha č. 3: Běh Slunce.



Příloha č. 4: Druhy zatmění Slunce.

částečné



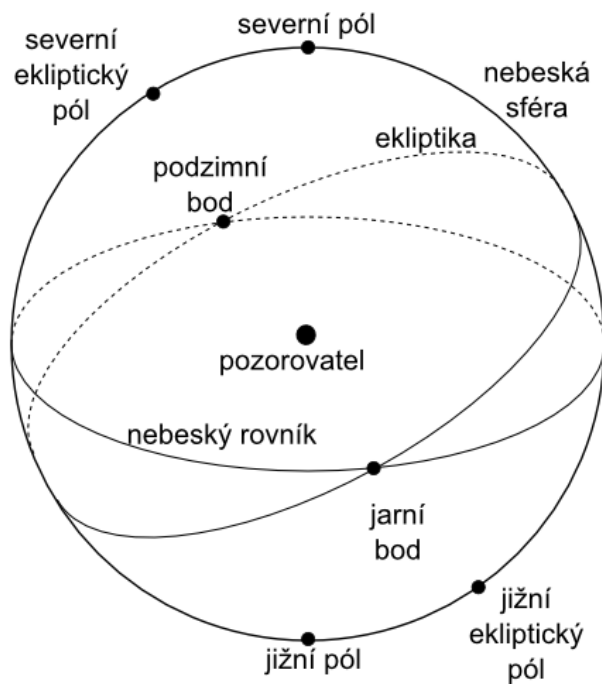
úplné



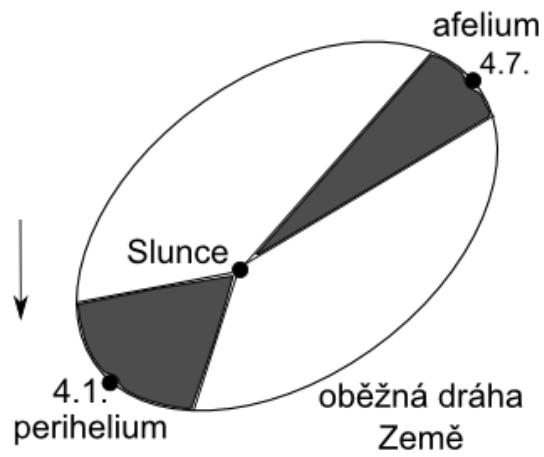
prstencové



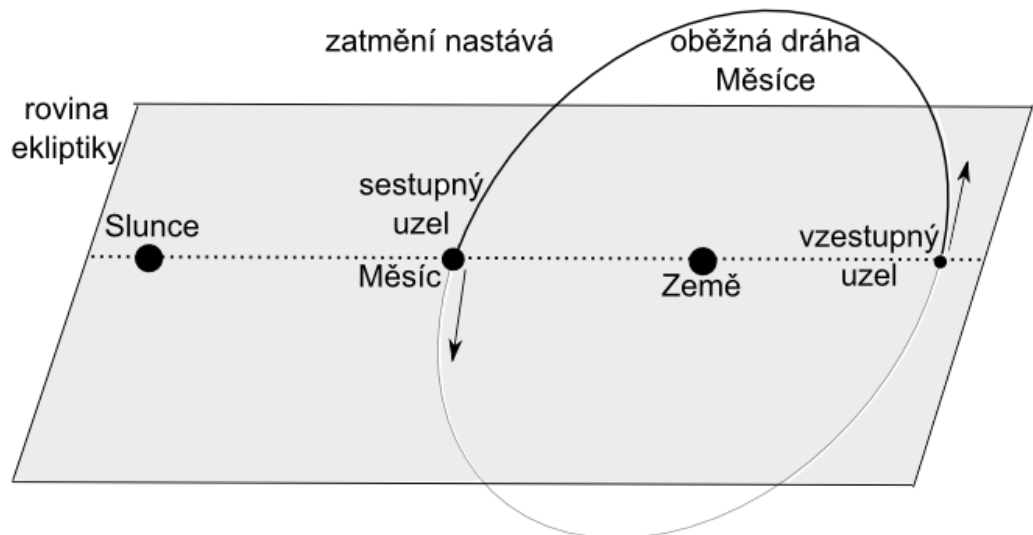
Příloha č. 5: Ekliptika.



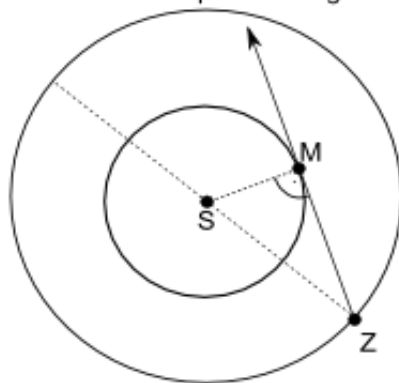
Příloha č. 6: Excentricita dráhy Země.



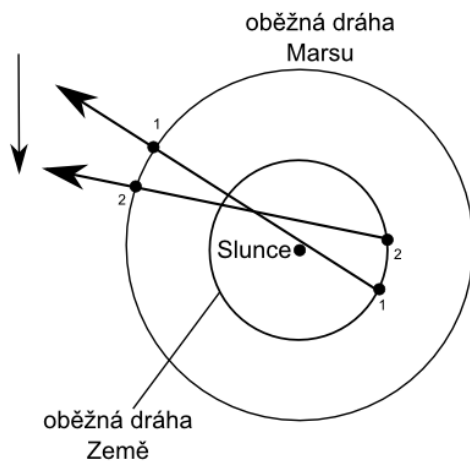
Příloha č. 7: Uzly měsíční dráhy.



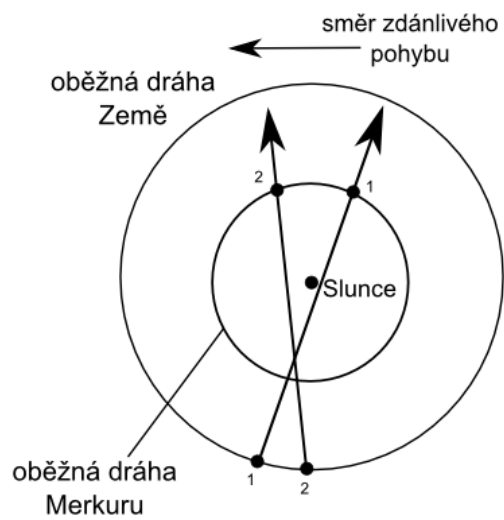
Příloha č. 8: Maximální západní elongace.
maximální západní elongace



Příloha č. 9: Pohyb vnější planety.



Příloha č. 10: Pohyb vnitřní planety.



Příloha č. 11: Zatmění Slunce.

