



Středoškolská technika 2019

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Zobrazování Messierových objektů v planetáriu

Martin Žihlo

Gymnázium, Pardubice, Mozartova 449

Poděkování

Za vypracování mého projektu stála řada lidí, díky kterým jsem překonal veškeré komplikace spojené s vytvářením animací a zvládl své první krůčky v daném softwaru. V první řadě patří můj velký dík Bc. Lence Trojanové, která mi pokaždé ráda pomohla a snažila se pro mě domluvit přívětivé podmínky na hvězdárně. Z hvězdárny bych ještě jmenoval Bc. Marka Tušlu, místního informatika. Jeho pomoc jsem ocenil zejména při správě clusteru na hvězdárně, bez jeho pomoci by můj vlastní model galaxie vznikl roky. Také mi rád pomohl s finálními úpravami animací. Ostatním pracovníkům a vedení hvězdárny bych chtěl poděkovat za vstřícnost a náklonnost během mých návštěv hvězdárny a planetária. V neposlední řadě bych chtěl touto cestou poděkovat Mgr. Alexandru Prokopovi a Uskupení Tesla (Open Science Hubu) za poskytnutí Adobe After Effects. Díky nim jsem se zase mohl naučit s tímto softwarem pracovat, jinak bych asi došel jen s obtížemi k finálnímu počtu animací. Na závěr jsem velmi vděčný za pomoc s organizací práce naší koordinátorce RNDr. Květě Sýkorové. Byla to právě ona, kdo pro nás domlouval uvolňování z testů, zkoušení a hodin obecně, abychom mohli své práce v klidu dokončit. Za konzultace, zprostředkování kontaktu a následnou spolupráci s hvězdárnou a planetáriem v Hradci Králové bych chtěl poděkovat Mgr. Karlu Šildovi a Mgr. Ritě Chalupníkové, Ph. D. Za hrazení nákladů spojených s mou prací děkuji vedení školy a za ochotu při potřebě zkontrolovat správnost práce ostatním učitelům.

Anotace

Tato práce se zabývá vytvářením fulldome animací pro planetárium v Hradci Králové. Přesněji řečeno se jedná o zobrazování objektů Messierova katalogu. Tyto animace byly vytvořeny za použití softwaru Blender a Adobe After Effects. Účelem této práce je rozšířit databázi planetária o další objekty, které mohou být přesně a zároveň atraktivně představovány široké veřejnosti.

Klíčová slova

Planetárium; astronomie; popularizace vědy; fulldome animace; Messierův katalog

Summary

This work deals with the creation of fulldome animations for the Planetarium in Hradec Králové. More precisely, the aim is to display the objects of the Messier Catalogue. The animations were created using software such as Blender or Adobe After Effects. The purpose of this work to enlarge the database of the Planetarium with other objects which can be presented to the public both accurately and attractively.

Keywords

Planetarium; astronomy; popularization of science; fulldome animation; Messier Catalog

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Planetárium	6
2.1	Optomechanická planetária.....	7
2.2	Digitální planetária.....	8
3	Softwarové řešení projekce na sféru.....	10
3.1	Imerzivní prostředí.....	10
3.2	Rozvržení kopule/sféry	10
4	Astronomie.....	11
4.1	Pozorování vesmírných objektů.....	11
4.1.1	Pozorování pomocí teleskopů.....	11
4.1.2	Pozorování lidským okem	14
4.2	Objekty Messierova katalogu.....	16
4.2.1	Historie.....	16
4.2.2	Současnost	17
5	Metodologie pozorování	17
6	Výběr objektů	19
6.1	Typy vesmírných objektů v Messierově katalogu	20
6.1.1	Difúzní mlhovina	20
6.1.2	Hvězdkupy	20
6.1.3	Galaxie	21
6.1.4	Výjimky	21
6.2	Vybrané objekty	22
6.2.1	Krabí mlhovina M 1.....	22
	Otevřená hvězdokupa Divoká kachna M 11	23
6.2.2	Velká galaxie v Andromedě M 31	24
6.2.3	Velká mlhovina v Orionu M 42.....	25
6.2.4	Prstencová mlhovina M 57	26
6.2.5	Spirální galaxie M 66.....	27
7	Výběr zobrazení.....	27
7.1	Zobrazení galaxie vytvořené ze vzoru	27
7.2	Zobrazení většiny ostatních objektů.....	28
8	Výběr softwaru	28

8.1	Blender	28
8.2	Adobe After Effects	29
9	Vytvoření animace z původního obrázku – metodika práce, 1. část	30
9.1	Vlastní galaxie.....	30
9.2	Ostatní objekty	37
10	Implementace animací do softwaru digitálního planetária – metodika práce, 2. část	41
11	Závěr	41
12	Použitá literatura	42
13	Seznam obrázků.....	43
14	Příloha 1: Pozorovatelský deník	45

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá tvorbou vlastních tzv. „fulldome“ animací pro planetárium v Hradci Králové. V rámci této práce je také popsán použitý postup, popis zobrazovaných objektů, původ katalogu těchto objektů a základní astronomické znalosti a postupy při pozorování objektů na obloze pro praktické poznání některých objektů.

Není dosud snadné pro planetárium pořídit podobné animace. Bývají mnohdy příliš drahé a/nebo zcela nepoužitelné k odbornému výkladu pro veřejnost. Mezi současné společnosti nabízející materiál pro planetária patří např. Digistar nebo Aayushi Fulldome Films. V České republice se každoročně koná Fulldome Festival Brno, kde najdeme centrum tuzemské produkce těchto animací.

V této práci shrnuji stručně dělení a typy planetárií, principy jejich fungování. V návaznosti na to jsem popsal typy, výhody a nevýhody a způsob fungování teleskopů, kterými jednak můžeme objekty pozorovat, jednak můžeme pomocí nich pořizovat snímky.

Na závěr jsou zde popsány programy, ve kterých jsem své animace vytvářel. Výběr softwaru záležel na jejich dostupnosti. Nakonec jsem zvolil Blender a Adobe After Effects. Až v průběhu vytváření této práce jsem došel k zajímavé alternativě vytváření 3D grafiky – WebGL, kvůli nedostatku času jsem tento program nestihl využít.

2 PLANETÁRIUM

Tento pojem původně označoval projektor, který promítá různé vesmírné objekty (hvězdy, Slunce, Měsíc, apod.). Dnes dokáže projekční systém planetária zobrazit v podstatě cokoliv. Přeneseně se tento pojem používá jako název budovy, nebo jen sálu či místnosti, kde probíhá promítání pomocí planetária. (1)

V astronomii a fyzice obecně se planetária využívají k popularizaci. Jsou velmi oblíbená díky své interaktivitě. V České republice se moderní planetária vyskytují zejména v okolí větších měst - v Praze, Hradci Králové, Liberci, Ostravě a Brně. Bývají zařizována podobně jako kina nebo divadla. Návštěvníci jsou obvykle usazeni do pohodlných sedaček, mírně skloněných, aby se jim dobře sledovalo dění na promítací ploše. Popcorn se však nepodává a dresscode se nevyžaduje. (1)

Planetárium promítá obraz na sférický strop, jinak zvaný „kopule“, cizím slovem „dome“ [dom]. Pražské planetárium má kopuli o průměru 23,5 m, patří tak k největším kopulím světa. Vůbec největší kopuli bychom našli v Petrohradě, v Rusku, zde kopule dosahuje průměru 37 m.

Podle techniky promítání rozlišujeme dva typy planetárií: optomechanická a digitální.



Obr. 1: Vlevo Budova královéhradeckého planetária.

Převzato z webu: Digitální planetárium v Hradci Králové. In: *Digitální planetárium Hradec Králové - Muzea a galerie - Hradecko - Hradec Králové* [online]. Hradec Králové: as4u.cz, ©2018 [cit. 2018-09-23]. Dostupné z: <http://m.hkregion.cz/dr-cs/104589-digitalni-planetarium-hradec-kralove.html>

Obr. 2: Vpravo budova planetária v Petrohradu.

Převzato z webu: FEDOROV, Alex Florstein. Gasholder at Obvodny Canal in SPB.jpg. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 30 July 2014 [cit. 2018-09-23]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gasholder_at_Obvodny_Canal_in_SPB.jpg

2.1 Optomechanická planetária

Tato planetária mívají tvar „činky“ nebo „koule“. Vyznačují se kvalitním rozlišením a realistickým zobrazením hvězd, Slunce, Měsíce a dalších vesmírných objektů, které můžeme spatřit na noční obloze. Toho je dosaženo díky klasické optice – zdroje světla a soustavy optických členů, mřížek, lamel. V moderních optomechanických planetáriích jsou žárovky nahrazovány LED světly. (2)

Historie optomechanických planetárií začíná ve 20. letech 20. století. V roce 1923 bylo instalováno první optomechanické planetárium do Německého muzea v Mnichově. O jeho vznik se zasloužila firma Carl Zeiss AG (3), která vytváří optické systémy dodnes. Patří tedy mezi vůbec nejstarší firmu optiky na světě. (4)

Mezi další současníky v tomto oboru můžeme zahrnout také např. Goto INC v Japonskou.

Optomechanická planetária však mohou být kombinována s digitálními projektory. Těch se pak využívá především pro vytvoření pozadí – siluety měst, Mléčnou dráhu apod. (1)



Obr. 3: Vlevo původní optomechanické planetárium z r. 1923.

Převzato z webu: Zeissmodelone.jpg. In: *A birthday amongst the stars / The Renaissance Mathematicus* [online]. Nürnberg: Christie, 2001- [cit. 2018-09-23]. Dostupné z: <https://thonyc.wordpress.com/2017/04/10/a-birthday-amongst-the-stars/#jp-carousel-3645>

Obr. 4: Vpravo nejnovější model od firmy Megastar pro středně velké kopule (podobně jako v Hradci Králové).

Převzato z webu: MEGASTAR-IIB_delhi-1024x597.jpg. In: *MEGASTAR-IIB | MEGASTAR Official Site* [online]. Yokohama City: Ohira Tech [cit. 2018-09-23]. Dostupné z: https://www.megastar.jp/en/wp-content/uploads/2017/08/MEGASTAR-IIB_delhi-1024x597.jpg

2.2 Digitální planetária

Dnes se můžeme setkat i s označením „digitária“. U tohoto typu projekce se využívá zejména výkonných počítačů a soustavy datových projektorů. Kvalita projekce hvězd však zatím není tak dokonalá jako u optomechanických planetárií. Tato planetária naopak umožňují pohled na vesmírná tělesa nejen ze Země a ne pouze z dálky. Na sférickou plochu mohou být promítány i různé animace, dokumenty nebo tzv. fulldome filmy. Tyto materiály se nemusí týkat pouze astronomie, ale také fyziky a jiných přírodních věd, popř. umělecky zaměřených vizualizací.

(5)



Obr. 5: Pod optomechanickým planetáriem môžeme vidieť digitálny projektor Velvet od spoločnosti Zeiss, ktorými je vybaveno mj. Planetárium v Hradci Králové.

Převzato z webu: SKYMASTER-VELVET_overview_224.jpg. In: *SKYMASTER VELVET Hybrid Planetarium* [online]. Jena (Německo): ZEISS [cit. 2018-09-23]. Dostupné z: <https://www.zeiss.com/planetariums/int/products/products/skymaster-velvet-hybrid-planetarium.html#introduction>

Způsoby projekce můžeme rozdělit na dva typy podle počtu projektorů.

Způsob, při kterém využíváme pouze jeden projektor, vyžaduje pomocné sférické zrcadlo nebo objektiv fungující na principu rybího oka. Výsledný obdélníkový odraz projektoru pak pokryje celou plochu kopule. Tento způsob má jen jednu výraznější nevýhodu. Jde o limit, jímž je vlastní rozlišení projektoru a rozlišení pomocných optických členů (objektiv, zrcadlo vystupující z něj). V nejmenších rozlišeních nemusí vždy pokrýt celou plochu kvalitně. Další podstatnou nevýhodou je ztráta míst pro diváky v centrálním prostoru, který nabízí ten nejlepší zážitek. S rostoucí kapacitou planetária je projekce jedním projektořem nevhodná. (6)

S více projektory už není potřeba zrcadel nebo fisheye objektivů. Jednotlivé projektory dohromady skládají obraz na sférickou plochu. Nabízí tak možnost ještě vyššího rozlišení. Navíc tato konfigurace nijak neomezuje kapacitu. Nevýhodou je samotný skládaný obraz. Při špatném sestavení mohou být zjevné přechody na hranicích jednotlivých projektorů, či dokonce barevné hranice – při odlišné barevnosti lamp („žárovek“) jednotlivých projektorů. (6)

3 SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ PROJEKCE NA SFÉRU

3.1 Imerzivní prostředí

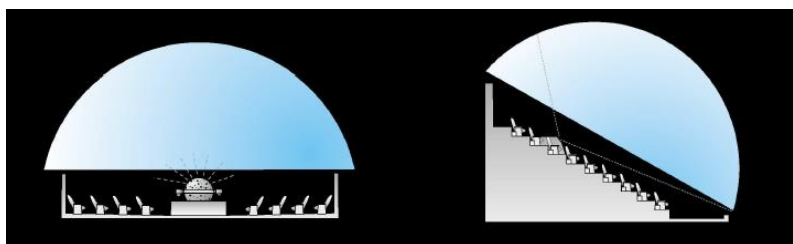
Tímto pojmem označujeme prostředí, ve kterém se nachází divák v planetáriích (ať už optomechanických nebo digitálních). Divák se nachází uvnitř obrazu, resp. je jím obklopen. Hranicí je obzor. S touto skutečností se však pojí i jistá komplikace – divák neví, kam má směřovat svou pozornost. Je tedy poměrně důležité, aby projekci předcházelo důmyslné plánování, kdy směřovat divákovu pozornost na danou část projektovaného obrazu a kdy zase pro změnu ponechat prostor k volnému rozhledu. (6)

Aby nemusel přednášející neustále nabádat diváky na místa, kam by měli směřovat svou pozornost, využívá velikosti jednotlivých objektů promítaných na sféře. Při sledování filmu v planetáriích působí velikost objektů na diváka subjektivně mnohem intenzivněji než u sledování běžného filmu. Divák zde totiž neporovnává velikost objektů vůči rámu, nýbrž vůči sobě samému. To mu dodává ve výsledku pocit, že se zvětšuje/zmenšuje vůči projekci, popřípadě se s ní pohybuje – je hlavním aktérem děje. (6)

Dalším poměrně důležitým prvkem projekce je hudba. Pomáhá nám ještě více zintenzivnit výsledný dojem na diváka. V neposlední řadě je velmi důležité správně rozvrhnout čas. Divák by měl mít dostatek času na vnímání projekce, stejně tak na vstřebávání informací od přednášejícího.

3.2 Rozvržení kopule/sféry

Projekce probíhá uvnitř polokoule. Pro vnitřní prostor se často používá příhodné označení „sféra“. Sféra totiž nabízí divákovi 360° zorné pole. Existuje několik způsobů, jak situovat hlediště vůči sféře (viz obr.). (6)



Obr. 6: Rozvržení kopule.

Převzato z webu: Domes.png. In: *FullDome Projection { bachelor's thesis }* [online]. Šárka Sochorová, 2014 [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: <http://pekelné-efekty.blogspot.com/2014/02/siggraph-04-generovani-projekce.html>

Planetárium v Hradci Králové je projektováno podobně jako na obrázku vpravo.

Projekční plochou v kopulích planetárií je, na rozdíl od běžného rovinného plátna v kině, zakřivená polokulová plocha. Středová projekce, kterou běžný projektor vytváří, by na

sférické ploše kopule vytvářela deformovaný obraz. Zdrojový obraz, tedy ten, který LCD čip projektoru promítá je proto nutné transformovat na takový, který po promítnutí na kopuli bude úhlově, plošně i délkově nezkreslen. V našem případě, obvyčejné rektilineární obrázky, převádíme na fisheye.

4 ASTRONOMIE

Astronomie, česky též zastarale hvězdářství, je vědní obor zabývající se zejména jevy za hranicemi zemské atmosféry. Předmětem jejího výzkumu jsou vesmírná tělesa, jejich soustavy, děje ve vesmíru nebo vesmír samotný jako celek.

Vědec, který se touto vědou zabývá, se nazývá astronom, česky hvězdář. Vedle profesionálních astronomů, těch, kteří za tuto činnost pobírají plat, nalezneme též astronomy amatérské. Tito lidé praktikují astronomii jako svůj koníček. Tuto činnost podporuje stát formou Astronomického ústavu Akademie Věd, dále jednotlivé hvězdárny nebo celostátní sdružení např. Amatérská prohlídka oblohy, Česká astronomická společnost. Díky nim se může zájemce o obor dostat i na různé přednášky, setkání, popř. expedice spolu s ostatními.
(7)

Pro astronomii a pozorování vesmíru je nejrozsáhlejším zdrojem informací elektromagnetické záření. Podle daných vlnových délek, které jsou pozorovány, můžeme rozlišit astronomii do jednotlivých oborů – např. gama astronomie, rentgenová astronomie atd.

Nejstarší je samozřejmě optická astronomie. Ta zkoumá viditelnou část spektra – světlo. Rozvoj ostatních oborů souvisel s pozdějším rozvojem techniky.

Dále s astronomií souvisí zejména matematika, informatika, fyzika, astrofyzika, kosmologie.

Astrofyzika popisuje fyzikální děje a vlastnosti vesmíru, například hvězd, mezihvězdné hmoty, galaxií.

Kosmologie se zabývá vesmírem jako celkem, obzvláště pak jeho vznikem a současným vývojem i predikcí vývoje budoucího.

4.1 Pozorování vesmírných objektů

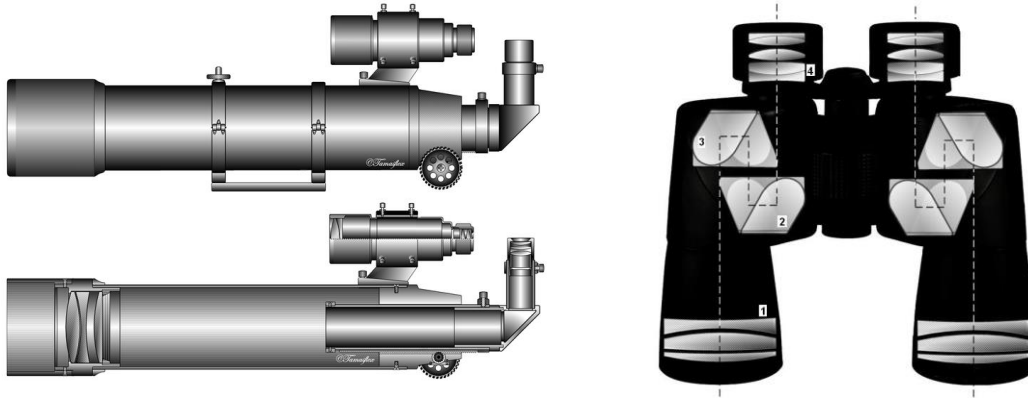
4.1.1 Pozorování pomocí teleskopů

K pozorování noční oblohy můžeme využít hned několik typů teleskopů a jejich montáží.

Teleskopy můžeme dělit na základě jejich konstrukce objektivu na refraktory a reflektory.

Objektivem refraktorů je, podobně jako u lidského oka, čočka nebo soustava čoček. Ty umožňují korigovat barevné vady. Příkladem takové konstrukce je Keplerův dalekohled. Ten je tvořen dvěma soustavami spojených čoček, jež mají společnou optickou osu. Obraz velmi vzdáleného objektu vytvořený objektivem se nachází v ohnisku okuláru, přičemž se jedná

o obraz skutečný, zmenšený a převrácený. Tento obraz je pozorován okulárem jako lupou. Obraz i tak zůstává převrácený, tato vada však nemá na astronomii žádný negativní dopad. Pro jiná použití, kde by šlo o podstatnou závadu, je využito modifikace – triedru. Obraz je převrácen zpět pomocí soustavy hranolů. (8)



Obr. 7: Vlevo schéma Keplerova dalekohledu.

Převzato z webu: ApoRef.png. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dalekohled#/media/File:ApoRef.png>

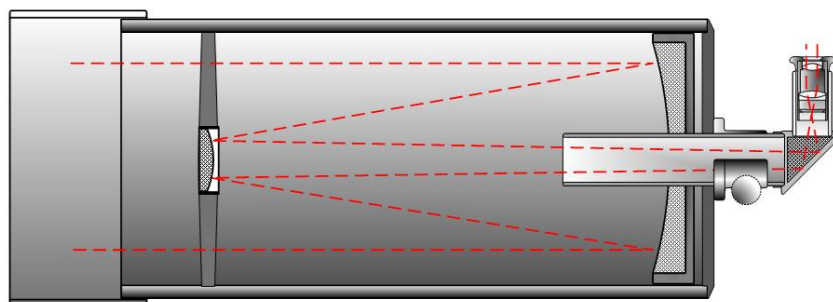
Obr. 8: Vpravo schéma triedru.

Převzato z webu: Porro binocular.jpg. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Triedr#/media/File:Porro_binocular.jpg

Objektivem reflektorů je primární duté zrcadlo kulové, parabolické, příp. i hyperbolické. Obraz se odráží ještě od tzv. sekundárního zrcadla do okuláru. Tyto teleskopy mají výhodnější uspořádání tubusu a snadněji se vyrábějí. Rozlišujeme dva základní typy dalekohledů.

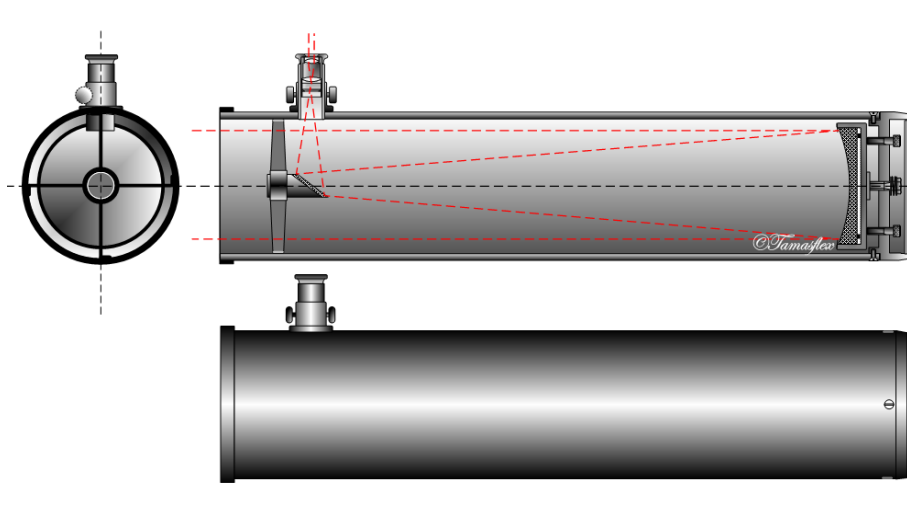
První z nich, Cassegrainův, odráží dutým sekundárním zrcadlem obraz do okuláru, umístěném v ose dalekohledu. Primární zrcadlo tedy musí mít uprostřed díru. (8)

V druhém, Newtonově dalekohledu, se využívá rovinné sekundární zrcadlo, které odráží obraz do okuláru na boku dalekohledu. Obraz je stranově i pólově převrácen. Během astronomických pozorování nebývá tato vlastnost podstatná. Navíc může být opravena doplněním hranolů k okulárům. (8)



Obr. 9: Schéma Cassegrainova dalekohledu.

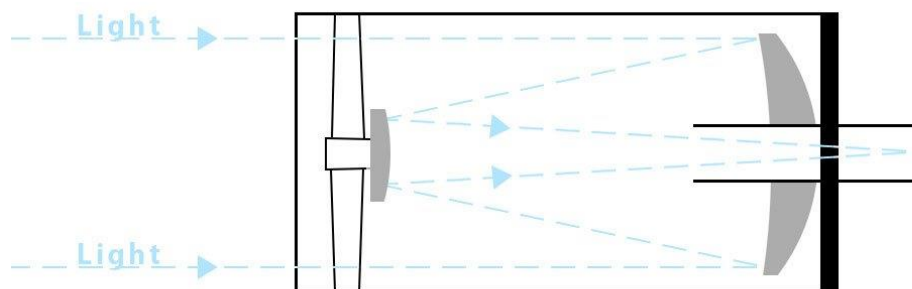
Převzato z webu: Casegraintelescope.png. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dalekohled#/media/File:Casegraintelescope.png>



Obr. 10: Schéma Newtonova dalekohledu.

Převzato z webu: Newtontelelescope.png. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-09-30]. Dostupné z:

Poté existuje několik smíšených typů, mezi nimi dominuje systém Richey-Chretien. Používá obě zrcadla hyperbolického tvaru. Tím koriguje většinu vad a odstraňuje tzv. „meniskus“, který se objevuje u jeho předchůdců. Systém je však náročný na výrobu. Nejznámější takto konfigurovaný dalekohled je Hubbleův vesmírný dalekohled, jehož snímky jsme použili následně v praktické části (viz kapitola 6). (8)



Ritchey Chretien Telescopes

Obr. 11: Schéma Ritchey-Chretienova systému.

Převzato z webu: Ritchey-Chretien-Telescopes.jpg. In: *Ritchey-Chretien Telescopes: RC Telescopes - Most Items Ship Free!* [online]. Carlsbad (California): OPT, c2018 [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <https://optcorp.com/collections/ritchey-chretien-telescopes>

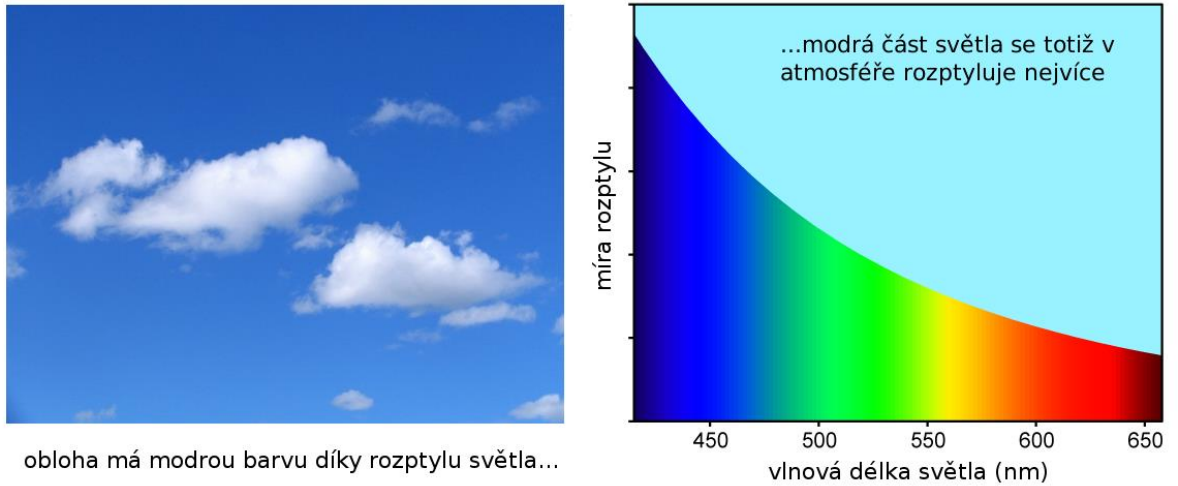
4.1.2 Pozorování lidským okem

Stejně jako nám lidské oko umožňuje vidět ve světlých prostorách, tak nám také umožňuje vidět v téměř naprosté tmě. K tomu však pokaždé potřebuje jistý čas, než si zvykne na množství světla, které má k dispozici. Aby bylo schopno oko vidět i velmi slabé zdroje světla (hvězdy, Mléčnou dráhu), je nutné, aby zůstalo ve tmě alespoň 30 minut. Poněvadž si oko velmi lehce zvyká na bílé světlo, je potřeba, aby se nedostalo k žádnému takovému zdroji světla, jinak schopnost vidět slabé zdroje ztrácí a musí si znovu zvykat na tmu. Z toho důvodu hvězdaři používají červené svítlny (samozřejmě ne příliš silné).

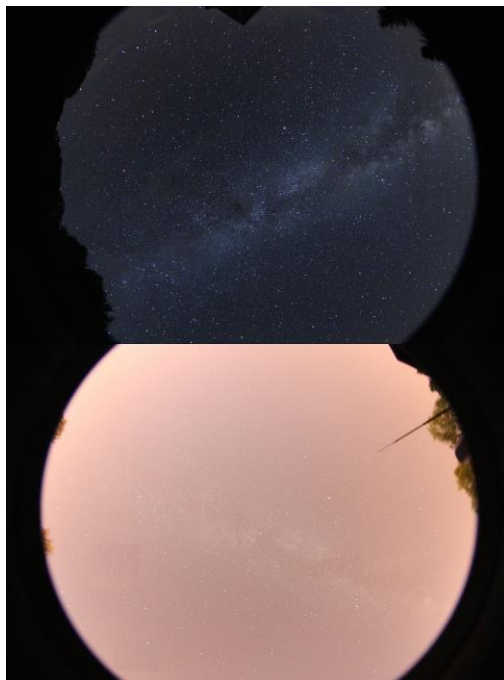
Tato barva světla souvisí se stavbou lidského oka. Sítnice je totiž složena ze dvou základních typů buněk – tyčinek a čípků. Tyčinky nám de facto umožňují „černobílé vidění“ ve špatně osvětlené prostora. Díky nim můžeme vidět v šeru, ale tyto buňky už nedokáží spolehlivě rozlišit jednotlivé barvy. Na rozdíl od nich čípky nám umožňují rozeznávat barvy, avšak za dostatečného osvětlení. Jsou to ty buňky, které používáme po celý den, když je kolem nás dostatek světla. Po západu slunce a postupném setmění se nám naopak aktivují (pokud si uměle světlo neopatríme) již zmíněné tyčinky. Přejchod mezi jednotlivými typy buněk nazýváme „adaptace zraku“. (9)

Právě kvůli adaptaci používáme červené světlo. Je to světlo, které má větší vlnovou délku než bílé (běžně používané) a zároveň je nejméně energetické – tudíž neaktivuje čípky. Svým způsobem můžeme s nadsázkou říct, že červené světlo čípky „nevidí“. Tudíž i po zhasnutí červené svítlny nám dominují na sítnici tyčinky a adaptací si nemusíme procházet znovu. Červené světlo se navíc díky své nízké energii ani moc nerozšiřuje po kraji jako bílé – to se může dostat až do několika desítek kilometrů od zdroje. (10)

Lepší šíření právě bílého světla souvisí se složením atmosféry. Ta umožňuje lepší rozptyl spíše modré složky (nejvíce zastoupená v bílém světle) a horší rozptyl, pokud se posouváme k červené barvě na barevném spektru světla. (11)



Obr. 12: Rozptyl světla v atmosféře.
 Převzato z webu: 19.png. In: *Světelné znečištění a noční obloha – Světelné znečištění* [online]. Ondřejov: Odborná skupina pro tmavé nebe [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <http://www.svetelneznecisteneni.cz/img-content/19.png>



Obr. 13: Rozdíl mezi naprosto tmavou a světelně znečištěnou oblohou.
 Převzato z webu: 16.jpg. In: *Světelné znečištění a noční obloha – Světelné znečištění* [online]. Ondřejov: Odborná skupina pro tmavé nebe [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <http://www.svetelneznecisteneni.cz/img-content/16.jpg>

4.2 Objekty Messierova katalogu

4.2.1 Historie

Tento katalog nese jméno po svém zakladateli Charlesi Messierovi, francouzském astronomovi.



Obr. 14: Charles Messier.

Převzato z webu: Charles Messier.jpg. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Charles_Messier#/media/File:Charles_Messier.jpg

Poté, co na začátku 18. století předpověděl Edmond Halley na rok 1758 návrat komety, se také Messier jako řada dalších pozorovatelů v průběhu roku 1757 pokoušel prohledávat oblohu. Kometa se neobjevila, avšak Alexis Clairaut zpřesnil výpočet dráhy komety o vliv velkých planet na rok 1758. Přesnou polohu dráhy komety se pokoušel spočítat i Messierův zaměstnavatel Delisle. Jeho výpočty však nebyly správné, a tak Messier nemohl kometu najít. Jeho snaha však nepřišla vniveč. Messier pozoroval jinou kometu a jakýsi mlhavý objekt v souhvězdí Býka, jenž se stal později inspirací pro vznik katalogu. Tento objekt byl po čase v jeho katalogu označen jako M1. Jedná se o tzv. „Krabí mlhovinu“. (12)

Hlavním důvodem pro vznik bylo, aby mlhavé objekty na obloze nemátly lovce komet. K sestavení katalogu použil již publikované údaje Edmonda Halleye, *Prodromus Astronomiae* od Johannese Hevelia a další. V roce 1764 z katalogizoval Messier celkem 40 objektů. V roce 1774 byl Messierovi představen Pierre Méchain. Společně se jim povedlo rozšířit katalog na celkový počet 103 objektů. (12)



Obr. 15: Pierre Méchain.

Převzato z webu: Pierre Mechain.jpg. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pierre_M%C3%A9chain#/media/File:Pierre_mechain.jpg

Objekty Messierova katalogu jsou dosažitelné pouhým okem nebo malým dalekohledem. Patří proto mezi nejznámější a často vyhledávané. Proto jsem pro zobrazení na kopuli planetária vybíral právě z nich. Po skončení pořadu v planetáriu se návštěvníci budou moct na dané objekty podívat na vlastní oči dalekohledem.

4.2.2 Současnost

V dnešní době se vedle Messierova katalogu používá mnohem rozšířenější „New General Catalogue“ spolu s jeho dvěma dodatky – společně čítají přes 10 000 objektů „Hlubokého vesmíru“.

Celkový počet tzv. „Messierových objektů“ je v dnešní době 110. Do toho katalogu už se žádné další objekty nepřidávají. Pro amatérské astronomy jsou však velmi lákavé, poněvadž jsou poměrně jasné a všechny jsou pozorovatelné z České republiky. Dokonce se pořádají tzv. „Messierovské maratony“, kde je úkolem pozorovatele napozorovat za celou noc co nejvíce objektů, popř. co nejrychleji je napozorovat všechny.

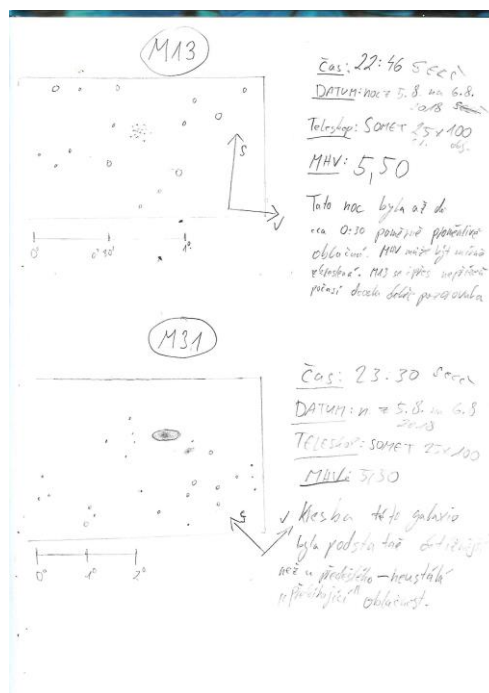
5 METODOLOGIE POZOROVÁNÍ

Každému pozorování předchází pochopitelně řádná příprava. Zprvu je dobré si zjistit, jaké bude počasí, oblačnost (pro pozorování objektů Messierova katalogu a jim podobným stačí sledovat střední a nízkou) v dané lokalitě, kde chceme pozorovat. Následně si s sebou zabalíme několik důležitých věcí.

Pro každé pozorování je potřeba si s sebou vzít teplé oblečení. Při minimálním pohybu začne být člověku zima už při 15 °C. Není od věci i termoska s teplým čajem, nebo kávou a nějaká svačina. Venku totiž člověk stráví většinou několik hodin.

To je, co se týče praktického vybavení, vše. Nyní se přesuňme k věcem přímo spjatým s pozorováním. Vedle teleskopu a stativu je zapotřebí mít s sebou nějakou mapu hvězdné oblohy. Ta je velmi nezbytná pro pozorování jakéhokoli objektu. Existují mapy zaměřené jen na konkrétní tělesa (zejména na ta méně jasná, která potřebují velmi podrobný popis okolních hvězd). Abychom mohli ve tmě pohodlně listovat mapou a zároveň se neoslňovali „bílým“ světlem z klasické svítilny nebo mobilu, neměla by v batohu chybět ani červená svítilna. Můžeme klidně využít červenou svítilnu na kolo. Pokud by tato svítilna zářila příliš intenzivně, lze ji přelepit červenou izolepou.

Pro případné dodatečné vyhodnocení pozorování si zpravidla každý pozorovatel zavádí vlastní pozorovací deník. Ten by měl obsahovat hlavně název pozorovaného objektu, čas (s uvedeným pásmem – SEČ, SELČ, GMT +1 atd.) a datum pozorování, základní údaje o teleskopu, jímž bylo pozorování uskutečněno (název výrobce, velikost objektivu, ohnisková vzdálenost...), a hlavně ilustrační náčrt toho, co jsme viděli v teleskopu. Jak bude ilustrace přesná a přínosná, záleží pak už jen na naší pečlivosti a zručnosti. Můžeme zde ještě uvést doplňující informace o teleskopu, odhad míry oblačnosti (v %) nebo tzv. MHV. Další ukázky vedle obr. 16 z pozorovatelského deníku naleznete v přílohách na konci práce.



Obr. 16: Příklad záznamu v pozorovatelském deníku.
Snímek autor.

MHV je zkratka označující mezní hvězdnou velikost. Jde o vyjádření toho, co jsme byli schopni v době pozorování sledovat, zejména to, co pro nás bylo tím nejméně jasným objektem, který jsme pozorovali. Jde jen o odhad, aby se dala ilustrace lépe interpretovat, či

srovnávat. Jedna možnost odhadování je pomocí vymezených částí v souhvězdích (trojúhelníky, čtyřúhelníky apod.), v nichž podle počtu hvězd nalezneme příslušnou hodnotu v přiložené tabulce. Tyto hodnoty jsou vyjádřeny v jednotkách hvězdné velikosti, v magnitudách (mag).

Pokud nemáme mapu hvězdné oblohy, můžeme využít počítačových programů. Jedním z nejznámějších freeware virtuálních planetárií je Stellarium. Jde o velmi přesný a rozsáhlý software. Můžeme v něm například vidět predikci polohy daného objektu jednoduchým posunem na časové ose. Ke každému objektu jsou přiloženy i informace o tomto objektu – hvězdné velikosti, názvy v různých katalozích atd. Tento program je navíc uzpůsoben pro pozorování tím, že ho lze přepnout do černo-červeného režimu, aby v noci neoslňoval. Pomocí uvedených souřadnic daného objektu se hojně využívá při navigaci velkých teleskopů v kopulích hvězdáren. Pro navádění menších teleskopů se prodávají různá mířidla. Častokrát však zručný pozorovatel i bez mířidel na jasnějších objektech zjistí, jak zamířit objekt „od oka“. Může to však představovat problém u méně jasných objektů.

Z teleskopů použitých při mých pozorováních mohu jmenovat Somet Binar 100mm, Celestron 11“, Newton 300mm nebo SkyWatcher 102mm + okulár 9,8mm.

Nejprve je potřeba si před pozorováním zjistit, v jakém souhvězdí se hledaný objekt nachází. Poté se musí najít nejbližší jasný objekt zaznamenaný v mapě a také viditelný na obloze. Zbytek je už o trpělivosti a odhadu směru a vzdálenosti, kam natočit teleskop. Naštěstí objekty Messierova katalogu jsou poměrně jasné, tedy snadno naležitelné.

6 VÝBĚR OBJEKTŮ

Výběr objektů je podmíněn především dostupnými fotografiemi vytipovaných objektů. Původně jsem zamýšlel chybějící materiály doplnit vlastními, pořízenými na hvězdárně v Hradci Králové. To ovšem z nedostatku času nakonec nebylo realizovatelné, a tak jsem vybral několik takových, jejichž fotografie jsou volně dostupné na stránkách NASA¹³.

Dále jsem se snažil výběrem pokrýt vždy alespoň příklad daného typu objektů, jež se v katalogu nachází. Mezi nimi nalezneme alespoň jeden příklad otevřené hvězdokupy; difuzní, reflexní a planetární mlhoviny a v neposlední řadě i příklad galaxie. Tím může přednášející v planetáriu názorně nastínit, jaké objekty lze spatřit ve vesmíru, samozřejmě ty, které nalezneme v Messierově katalogu. Je zřejmé, že by se daly rozvést ještě veškeré druhy galaxií a také kuriozity mezi jednotlivými objekty v tomto katalogu – dvojhvězda M 40 a uskupení čtyř hvězd M 73.

V neposlední řadě hrála při výběru důležitou roli také známost daných objektů. Záměrem této práce je nastínit návštěvníkům planetária, jak vypadají objekty na obloze běžně pozorované ve hvězdárnách (kulová hvězdokupa M 13 a další), nebo známé díky snímkům Hubbleova vesmírného dalekohledu (Galaxie v Andromedě M 31 apod.).

6.1 Typy vesmírných objektů v Messierově katalogu

V Messierově katalogu nalezneme nejzákladnější druhy vesmírných objektů. V této podkapitole se je pokusím pro lepší představu popsat. Co vlastně můžeme spatřit v teleskopu či pouhým okem na obloze?

6.1.1 Difúzní mlhovina

Tímto pojmem označujeme oblaka mezihvězdné hmoty, plynu a prachu. Podle dalších vlastností jim byla přisouzena různá přívlastka. Všechny jevy jsou však bohatým zdrojem materiálu pro vznik nových hvězd. Planetární i hvězdotočivé mlhoviny jsou divácky poutavé objekty. Při pohledu dalekohledem není lidské oko schopné rozeznat barevnost mlhovin. Planetárium dokáže tuto nedostatečnost našeho oka vyrovnat a ukázat objekt v jeho „pravé“ podobě. Na což jsem při tvorbě animací samozřejmě kladl důraz. (13)

Emisní mlhoviny jsou takové difúzní mlhoviny, které se skládají převážně z vodíku. Ten produkuje záření (emituje) v důsledku přítomnosti velmi horké hvězdy nacházející se v těsné blízkosti, či v nitru mlhoviny. Září převážně v červené části spektra. (13)

Reflexní mlhoviny se projevují též zářením. Na rozdíl od emisních samy neemitují záření, jen ho rozptylují od chladnějších hvězd uvnitř oblaků mezihvězdné hmoty. Září převážně v modré části spektra. (13)

Temné mlhoviny se jako samotné objekty nenachází v Messierově katalogu. Je však dobré je zde uvést, protože se jedná o ty temné oblaky, které můžeme vidět u tzv. galaxie Sombrero (M 104). Jsou to také ona tmavá místa, která můžeme vidět v „Mléčné dráze“. Nevyzařují žádné světlo, poněvadž jsou daleko od jasnějších hvězd a samy nedokáží světlo emitovat. (13)

Planetární mlhoviny vznikají kolem některých typů dožívajících hvězd. Ty odhazují vnější vrstvy hvězdné atmosféry. Mluvíme o hvězdách extrémně horkých – 30 000 až 150 000 K. To způsobuje, že plyn emituje záření. Většina těchto mlhovin připomíná kotouček, planetu – odtud pochází název. (13)

Pokud hvězda vybuchla nedávno, můžeme se setkat s označením **pozůstatek novy (supernovy)**.

6.1.2 Hvězdokupy

Rozlišujeme dva typy hvězdokup:

Otevřené hvězdokupy jsou uskupení mladých, horkých hvězd, které vznikly ze společné mlhoviny, společně se vyvíjely a jsou vzájemně gravitačně vázány. Čítají zpravidla desítky až stovky hvězd. Průměr takového objektu se pohybuje mezi 5–50 sv. l. V současnosti jich bylo objeveno více jak jeden tisíc. Vyskytují se poblíž roviny „Mléčné dráhy“. (13)

Kulové hvězdokupy jsou tvořeny desítkami, statisíci, někdy dokonce miliony hvězd. Jde zpravidla o hvězdy starší než u otevřených hvězdokup. Svůj název dostaly díky svému tvaru, blížícímu se pravidelné kouli. V centru hustota hvězd stoupá. Skutečný průměr těchto objektů se pohybuje řádově v rozmezí 50-300 sv. l. Známe jich přibližně 150. V naší Galaxii patří mezi nejstarší objekty. (13)

6.1.3 Galaxie

Mezi největší objekty Messierova katalogu patří galaxie. Galaxie však nejsou největším objektem ve vesmíru, v něm můžeme ještě spatřit kupy a nadkupy galaxií. Galaxie rozdělil podle tvaru později Edwin Hubble.

Jedná se o uskupení hvězd a mlhovin, jež se nachází v ramenech galaxií a v nichž dochází ke vzniku mladých, horkých hvězd. Tyto objekty čítají desetimiliony až stamiliony hvězd. Dále se od sebe mohou lišit stavbou nebo hmotností.

Nyní se pokusím nastínit alespoň základní dělení galaxií podle vzhledu. Můžeme rozlišit mezi sebou galaxie **eliptické (E)**, **spirální (S)**, **spirální s příčkou (SB)** a **nepravidelného tvaru (Irr)**. Zkratky uvedené v závorkách jsou odvozeny z anglických pojmů. Spirální můžeme dále dělit do podtříd a, b nebo c v závislosti na rozvinutí spirál a relativních rozměrů jádra. (13)

Různé pohledy na galaxie nám poskytují představu o vzhledu naší Galaxie. Na některé totiž teleskopy hledíme „svrchu“, na jiné „z boku“. Animace, která by představila jednu galaxii „v průletu“, by tuto skutečnost trefně osvětlila, a proto jsem se rozhodl pro její vytvoření.

6.1.4 Výjimky

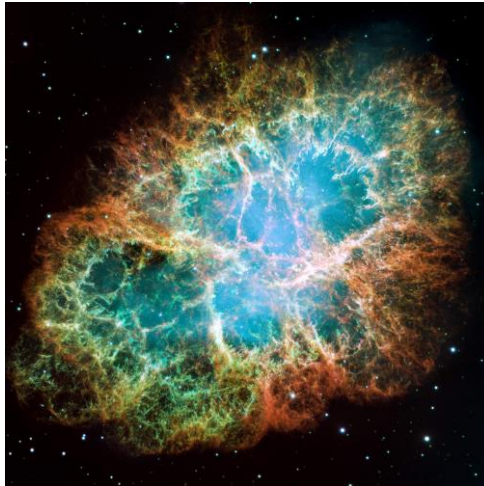
Mezi výjimky v Messierově katalogu bych zařadil objekty, které se liší vůči ostatním svým počtem. Jedná se o dvojhvězdu M 40 a uskupení čtyř hvězd M 73. Jedná se o objekty, které pozoroval Messier na místech, která označili jeho předchůdci jako mlhoviny – zpřesnil tyto poznatky. (14) Soustavy více hvězd jsou pro astronomy lákavé vzájemným gravitačním působením jednotlivých členů.

6.2 Vybrané objekty

Snímky níže uvedené, byly užity při vytváření jednotlivých animací.

6.2.1 Krabí mlhovina M 1

Též známa pod označením NGC 1952



Obr. 17: Krabí mlhovina M 1.

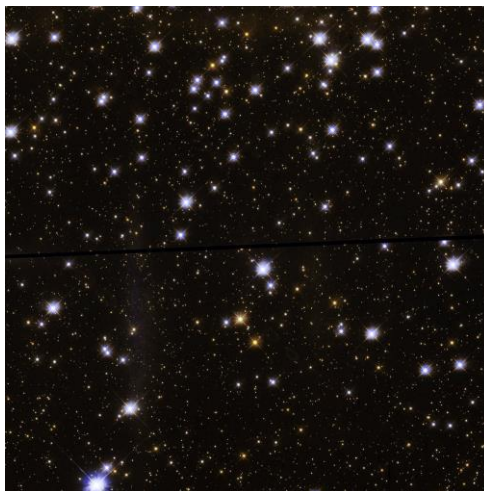
Převzato z webu: Hubble's Messier Catalog. NASA [online]. Washington, D. C.: National Aeronautics and Space Administration, 2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-s-messier-catalog#grid>

„Jedná se o pozůstatek supernovy, která vzplála v r. 1054 ve vzdálenosti 6500 sv. l. Mlhovina má rozměry 9 x 14 sv. l. a dále se rozpíná. Pozůstatkem původní hvězdy je tzv. pulzar, zhroucená neutronová hvězda o průměru asi 10 km, hmotnosti 1,4 slunce, rotující 30krát za sekundu kolem své osy.“ (13)

Tento objekt nalezneme v souhvězdí Býka. Je poměrně znám kvůli svému tvaru na snímku z Hubbleova vesmírného teleskopu, díky němuž dostal i svou přezdívku. Na obloze v ČR můžeme M 1 spatřit převážně v zimním období, kdy je souhvězdí Býka nejvýše nad obzorem.

Otevřená hvězdokupa Divoká kachna M 11

V NGC vystupuje pod číslem 6705.

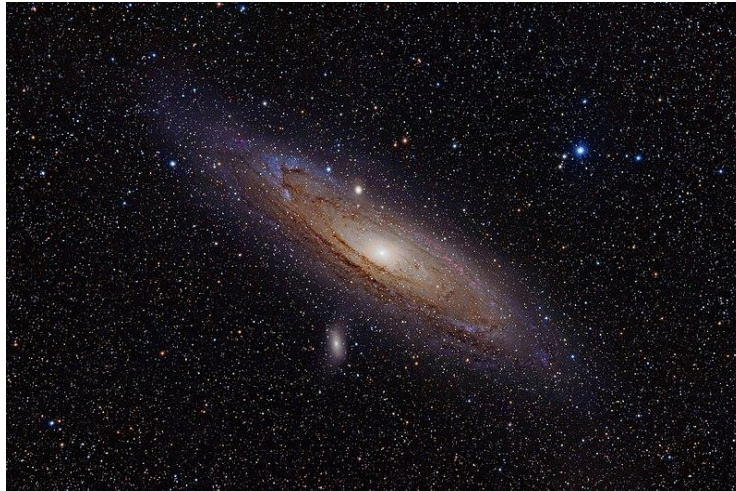


Obr. 18: Otevřená hvězdokupa Divoká kachna M 11

Převzato z webu: Hubble's Messier Catalog. NASA [online]. Washington, D. C.: National Aeronautics and Space Administration, 2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-messier-catalog#grid>

„Má celkovou jasnost 6,0 mag a úhlový průměr 13'. Skutečný průměr kupy se odhaduje na 15-20 sv. l. Soustava obsahuje asi 500 hvězd jasnějších než 14,0 mag a vzdálená je přibližně 5500 sv. l.“ (13)

6.2.2 Velká galaxie v Andromedě M 31



Obr. 19: Velká galaxie v Andromedě M 31

Převzato z webu: [Andromeda_Galaxy_\(with_h-alpha\).jpg](#). In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Galaxie_v_Andromed%C4%9B#/media/File:Andromeda_Galaxy_\(with_h-alpha\).jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Galaxie_v_Andromed%C4%9B#/media/File:Andromeda_Galaxy_(with_h-alpha).jpg)

„Galaxie M 31 – NGC 224 (...) je nejbližší spirální galaxie, člen Místní skupin galaxií. Je vzdálená 2,9 milionu sv. l. a má průměr asi 170 000 sv. l. Blízko ní se nacházejí 4 satelitní galaxie, M 32 – NGC 221 o 0,4° jižněji, M 110 – NGC 205 je 0,6° SZ a další dvě jsou v Cassiopeii: NGC 185 a NGC 147.“ (13)

6.2.3 Velká mlhovina v Orionu M 42

Také známa pod označením NGC 1976.



Obr. 20: Velká mlhovina v Orionu M 42

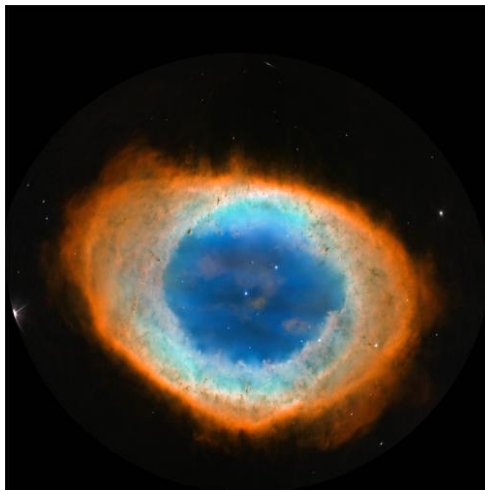
Převzato z webu: Hubble's Messier Catalog. NASA [online]. Washington, D. C.: National Aeronautics and Space Administration, 2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-s-messier-catalog#grid>

„Viditelná prostým okem, triedrem, dalekohledem nebo na fotografiích (...) Je to obrovský komplex mezihvězdného plynu, prachu a molekul o průměru asi 30 sv. l., vzdálený 1600 sv. let. V nejjasnějším jádru mlhoviny M 42 je i malým triedrem pozorovatelná čtveřice hvězd o 5,4 až 8,0 mag, zvaná Trapez. Tyto mladé a velmi žhavé hvězdy jsou zdrojem záření mlhoviny.“ (13)

Tuto difuzní mlhovinu nalezneme v souhvězdí Orion. Toto souhvězdí je na naší obloze možno vidět už v pozdně letním období nad ránem.

6.2.4 Prstencová mlhovina M 57

Také dohledatelná pod označením NGC 6720.



Obr. 21: Prstencová mlhovina M 57

Převzato z webu: Hubble's Messier Catalog. NASA [online]. Washington, D. C.: National Aeronautics and Space Administration, 2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-s-messier-catalog#grid>

„Prstencová mlhovina v Lyře, snad nejznámější planetární mlhovina. Celkovou jasnost má 9,0 mag, úhlový průměr 70", vzdálená je asi 1500 až 2000 sv. l. Není to jednoduchý prstenec, ale složitý prostorový útvar. Centrální hvězda je slabá (méně než 15,0 mag), malými dalekohledy není viditelná.“ (13)

6.2.5 Spirální galaxie M 66

Můžeme ji pozorovat v souhvězdí Lva.



Obr. 22: Spirální galaxie M 66

Převzato z webu: Hubble's Messier Catalog. NASA [online]. Washington, D. C.: National Aeronautics and Space Administration, 2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-s-messier-catalog#grid>

„Ve Lvu jsou četné jasné galaxie, pro menší dalekohledy jsou zajímavé zejména dvě dvojice. M 65 a M 66 – NGC 3623 a NGC 3627 mají jasnost kolem 10,0 mag a jsou vzdáleny asi 30-40 milionů sv. l. Do stejné skupiny patří i druhá dvojice. M 95 a M 96 – NGC 3351 a NGC 3368.“ (13)

7 VÝBĚR ZOBRAZENÍ

Výběr zobrazení jednotlivých objektů bylo rozhodnutí o klíčové vlastnosti praktické části mé SOČ. Musel jsem však počítat alespoň s odhadovanou náročností (nejen tvorby z mého pohledu, ale také s náročností technickou – software, hardware). Šlo tedy o to udělat výstupní materiály co nejzajímavější a nejpoutavější pro koncového diváka, ale také realizovatelné v časovém období vypracovávání této části.

7.1 Zobrazení galaxie vytvořené ze vzoru

Jako první jsem se pustil do modelování fiktivní galaxie, kterou jsem chtěl přiblížit k vzorovému snímku. Pokusil jsem se ji zachytit co nejpřesněji po astronomické stránce, s přihlédnutím k času a znalostem softwaru. Software, který jsem si vybral, se nazývá Blender (15). Využil jsem zde převážně funkce silových polí a emitterů částic. Tyto dvě funkce jsem nechal po nějakou dobu (cca 240 sekund) spolu interagovat a tím jsem dostal tvar podobný spirální galaxii. Abych dodal nějaká prašná oblaka – musel jsem vytvořit 3 druhy částic s velmi náročnou texturou. Jejich počet, jenž byl emitován, se blížil k tisíci, na rozdíl od hvězd, jejichž počet přesahoval desetitisíce.

Náročnost tohoto plánu však předběhla veškerá očekávání. Co se týče modelování – šlo spíše o poměrně časově náročný objekt. Nejen kvůli již zmíněným oblakům – jejich náročné textuře k renderování (generování obrazu na základě počítačového modelu) se model na vysoce výkonném počítači v planetáriu renderoval několik dnů.

Výsledek však poskytuje průlet galaxií, co nejvíce autentický zážitek pro diváka. Bohužel naproti vysoké poutavosti zobrazení objektu se zas přesnost faktická, potažmo fyzikální, musela omezit. Na animaci se snažím vyobrazit alespoň to, jak zhruba vypadají hvězdy pro pozorovatele v reálu – bez žádných rozostření světla přicházejících od hvězd (za předpokladu zdravého zraku pozorovatele).

7.2 Zobrazení většiny ostatních objektů

Pro většinu ostatních objektů jsem zvolil animaci jednotlivých snímků z Hubbleova vesmírného teleskopu. Zvolil jsem tento způsob, poněvadž by zejména modelování mlhovin bylo poměrně náročné, časově i technicky. Tímto jsem dosáhl věcné přesnosti. Snímky zkrátka obsahují vše, co můžeme, častokrát v nepravých barvách, vidět při velkém přiblížení. Nakonec jsem tento postup použil u většiny objektů, už jen kvůli nízké časové i renderovací náročnosti. K tomuto způsobu jsem použil Adobe After Effects (16).

U jednotlivých objektů jsem mohl vhodně obměňovat použité animace – pohyb kamery a přibližování (zoom), pohyb uměle přidaných hvězd. Tím vším se snažím diváka uvést do pozice letu nesmírnou rychlostí vstříc objektu a poskytnout mu co nejširší pohled na objekt.

8 VÝBĚR SOFTWARE

8.1 Blender



Obr. 23: Blender logo

Převzato z webu: Blenderlogocolor.png. Blender [online]. Amsterdam: Blender Foundation [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://download.blender.org/institute/logos/blenderlogocolor.png>

Jak jsem již zmínil výše, mým původním záměrem bylo vymodelovat jednotlivé objekty. K tomu jsem použil Blender. Jde o freeware, který nabízí uživateli, jednotlivci nebo také malým studiím, 3D prostředí, jež se může uplatnit při vývoji 3D modelů, simulací, animací, editaci videa, a dokonce i při tvorbě her. Pokročilejší uživatelé mohou využít možnosti skriptování v programovacím jazyce Python – pro tvorbu vlastních specifických nástrojů. (15)

Tento software pracuje s vektorovými objekty, kterým lze přiřadit předem připravené, nebo vlastní textury. Může se upravovat buď pomocí myši (odhadem), nebo pomocí zadání koeficientu velikost či míra otočení objektu v 3D prostoru. Ve zkratce – Blender nabízí mnoho možností, jak pracovat s objekty (Platónská tělesa, nepravidelné polyedry, zdroje světla, různé typy kamer atd.)

Blender je kompatibilní napříč platformami – Windows, Macintosh, Linux. Používá převážně rozhraní OpenGL. I přes jeho poměrně rozsáhlou kompatibilitu lze říct, že pro většinu projektů, které se dají v tomto programu vytvářet, je velmi náročný na výkon procesoru (CPU) a grafické karty (GPU).

Blender byl vydán na základě licence GNU General Public Licence, jež umožňuje všem uživatelům svobodné používání softwaru za jakýmkoliv účelem (dokonce i komerčním) zcela zdarma. Umožňuje volnou distribuci mezi ostatní i svévolné upravování verzí a jejich následné šíření. Z toho vyplývá, že tato licence má za úkol udržet tyto podmínky pro každého stejné. Pro tvorbu v Blenderu není potřeba žádná registrace ani připojení k internetu.

Tento software jsem použil při tvorbě vlastní galaxie. Bližší postup naleznete níže u bodu 9.

8.2 Adobe After Effects



Obr. 24: Adobe After Effects logo

Převzato z webu: Adobe After Effects Creative Cloud icon. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adobe_After_Effects_CC_icon.svg

Adobe After Effects je software, který mi při mé práci SOČ umožnil upravit jinak nehybné, nijak atraktivní, a hlavně pro planetárium nepoužitelné snímky Hubbleova vesmírného teleskopu na animace vhodné k promítání na kopuli planetária. Tento program nabízí širokou škálu efektů, které lze aplikovat na obrázek, zvuk nebo vstupní video/animaci. Jde o prostředí velmi podobné video editoru. Zde může být efekt aplikován, mohou být změněny jeho atributy. Změna jejich hodnot může být případně rozložena na časové ose. Klíčová pro mě byla možnost vytvoření 3D prostředí i u původního 2D snímku. (16)

Tento software se dá běžně použít k tvorbě různých textů – zejména nápaditě animovaných – či k tvorbě jedinečné textury. Můžeme zde využít efektů k úpravě obrázků, animací nebo videí. Tím může uživatel zatraktivnit daný vstupní materiál. Nejen text, ale i jediný snímek, jako v mém případě, může být zajímavý – i bez potřeby dalších vstupních materiálů. Pochopitelné a velmi užitečné je, že se dá různě kombinovat s ostatními produkty rodiny

Adobe. Vedle efektů přiložených v tovární verzi Adobe After Effects existuje nepřehledné množství efektů vytvořených jak společností Adobe, tak samotnými uživateli. Nevýhodou zůstává, že za software i za efekty se musí platit – za efekty (balíčky efektů) většinou jednorázově, za software většinou měsíčním (ročním) paušálem. Každému je k dispozici 30denní zkušební verze vybraných produktů, včetně zmíněného Adobe After Effects. (16)

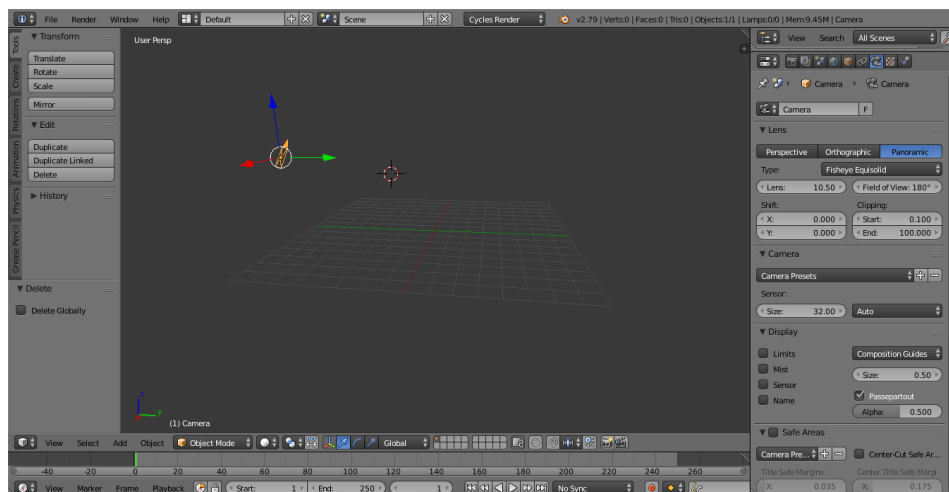
Díky možnosti vytvářet na zakoupeném softwaru na Hvězdárně a planetáriu v Hradci Králové a také v Open Science Hub v Pardubicích jsem se mohl s tímto softwarem seznámit a úspěšně dokončit tuto práci.

9 VYTVOŘENÍ ANIMACE Z PŮVODNÍHO OBRÁZKU – METODIKA PRÁCE, 1. ČÁST

9.1 Vlastní galaxie

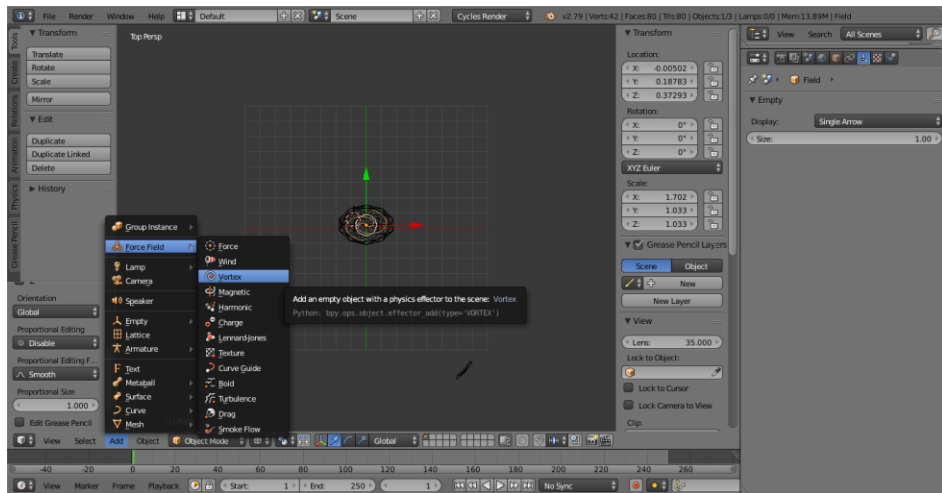
Při vytváření vlastního modelu – animace galaxie – jsem pracoval pouze v Blenderu. Při tvorbě jsem vycházel z video návodů (17, 18, 19). Nedalo se vycházet pouze z jediného, poněvadž neobsahoval vždy návod na vytvoření některých dílčích prvků, jež byly potřebné pro nejpřesnější zobrazení – např. oblaka mezihvězdného prachu, temné mlhoviny.

Když si otevřeme Blender, ocitneme se hned v prostředí pro modelování objektu. Nejprve však nastavíme vlastnosti kamery, abychom dostali do příštích kroků už vždy výsledek ve formátu fulldome. Návod na nastavení jsem našel na tomto odkazu (20). Pokud se nám povedlo kameru nastavit, posuneme ji teď na takové místo, aby nám neblokovala prostor pro tvorbu. Světelný zdroj, většinou přednastavený v běžné šabloně, odstraníme.



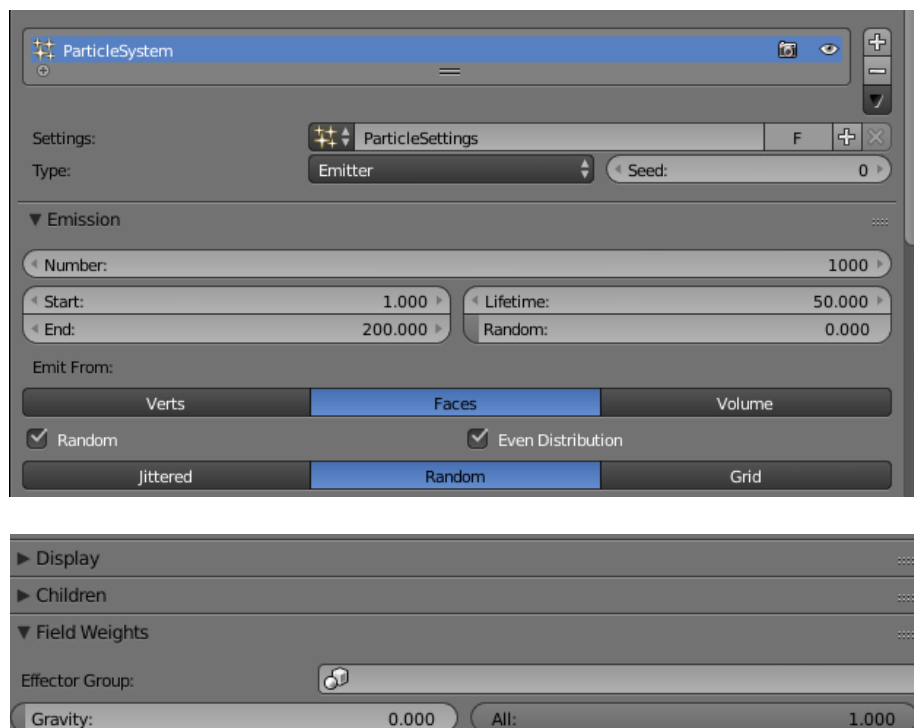
Obr. 25: Pracovní prostředí Blenderu s odstraněnými objekty obsaženými v šabloně
Snímek autor

Pro vytvoření hvězdného základu galaxie použijeme tzv. „emittery“ – objekty, jež emitují nějaké částice (objekty). Tím docílíme vložením polyedru. Malinko jej zploštíme (čím větší zploštění emitteru, tím větší zploštění samotné galaxie) a trochu roztáhneme „do strany“ (viz obr. 32). Aby se nám však hvězdy emitovaly do spirálového tvaru, musíme nejprve vložit silové pole.



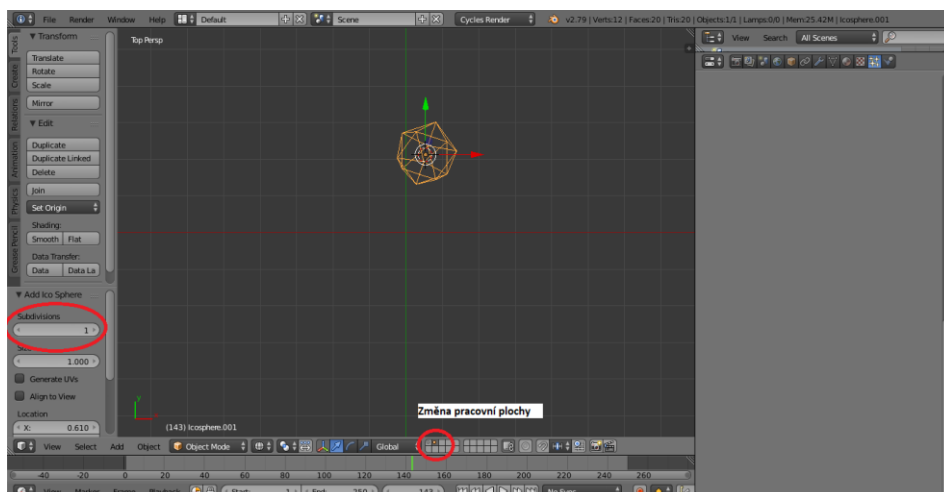
Obr. 26: Pohled svrchu na emitter a silové pole pod ním
Snímek autor

Silové pole vložíme zvolením záložky „Add“, následně „Force Field“ a „Vortex“. Potřebujeme, aby se nám v první části práce všechny částice „narodily“, a tím se dostali na své místo – rotací ve vírovém poli. Abychom mohli vytvořit z mnohostěnu emitter, zvolíme záložku vpravo s obrázkem čtyř hvězdiček. Zvolíme tlačítko se symbolem „+“, tím se nám otevře velká nabídka všelijakých vlastností emitteru. Nastavíme klíčové vlastnosti podle obrázku 33.

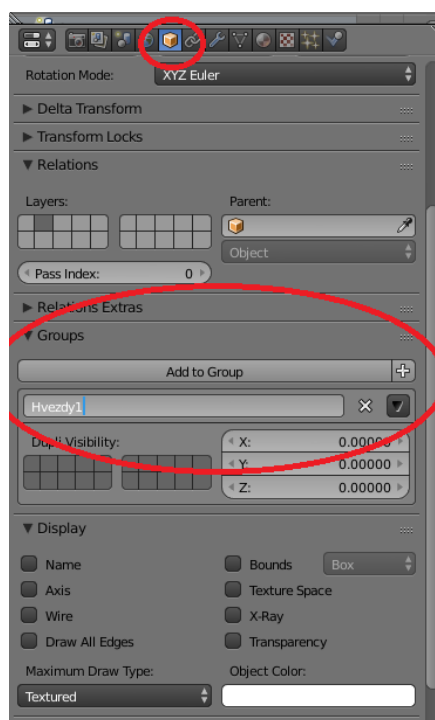


Obr. 27: Nastavení částic (hvězd)
Snímek autor

Tyto vlastnosti nám umožní emitovat částice – hvězdy – bez ovlivňování předem definované gravitace a zároveň se nám budou veškeré složky emitovaných částic rodit náhodně. Abychom však mohli opravdu emitovat hvězdy, musíme nejprve vytvořit skupinu. Na nové ploše si vytvoříme několik mnohostěnů („Ico Sphere“). Nepracujeme s koulemi, poněvadž by bylo mnohem náročnější pro procesor pracovat s takto složitými objekty. Počty takových hvězd se totiž pohybují v minimálně desítkách tisíc. Vzhledem k jejich maličkosti to nepředstavuje zas tak hrubou nepřesnost, nýbrž zanedbatelnou okolnost. Stačí udělat jednu a tu duplikovat příkazem Shift + D. Každé z našich hvězd nyní přidělíme texturu. Tu najdeme pod záložkou s obrázkem koule. Jako povrch (Surface) nastavíme „Emission“ a jemně modrou, červenou příp. žlutou barvu jednotlivým hvězdám – jde čistě jen o fantazii, či přiblížení se ke kýženému vzoru. Můžeme také libovolně měnit intenzitu jejich záření změnou hodnoty „Strength“. Až si vytvoříme dostatek hvězd, můžeme je libovolně sdružovat do různých skupin (viz obr. 35) – můžeme některé nechat emitovat v kratším časovém intervalu – dříve či později budou blíž sobě – to ovlivní jejich vzdálenost od středu galaxie. Pak jednotlivé skupiny přiřadíme v kolonce „Groups“ u mnohostěnů na předešlé ploše.



Obr. 28: Tvorba samotné částice (hvězdy)
Snímek autor



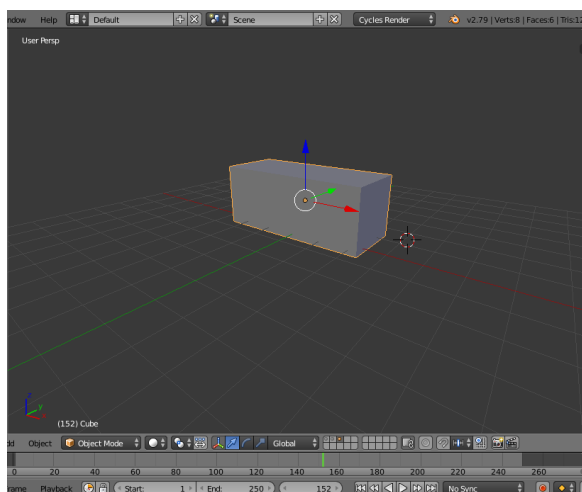
Obr. 29: Přidání částice do skupiny (Groups)
Snímek autor

Pak už je to jen hra s počty částic, změnou hodnoty „Brownian“, přidávající trochu nahodilosti. Podle chuti můžeme nastavovat také velikost hvězd i jejich hmotnost vůči síle námi vytvořeného silového pole. V tomto případě je vhodné nastavit hmotnost někde kolem 10 – jinak by se nám částice držely dost blízko emitteru a nedostaly by se více do prostoru, přesná hodnota už záleží na autorově fantazii. Jen si dejte pozor, abyste nastavili „Lifetime“ minimálně stejně dlouhý, jako je počet snímků, po kolik je chcete mít v animaci! Poté jinak zanikají.

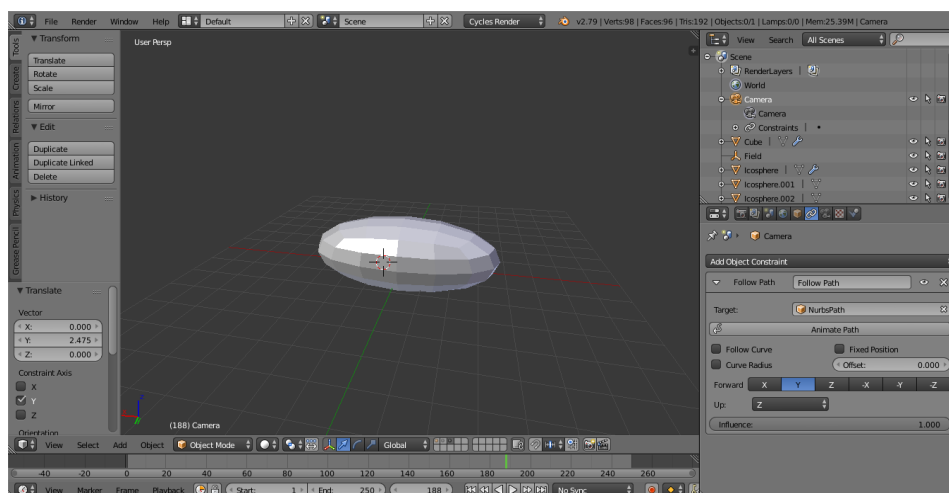
Tímto máme vytvořeny hvězdy a zajištěnou jejich distribuci do prostoru. Nyní nám zbývá už jen trocha tmavých mlhovin. Dalo by se říct, že nalézt kompromis mezi kvalitním zobrazením

mlhovin a náročností na procesor bylo poměrně obtížné. Nakonec jsem však zvolil princip oblaků. Nejprve si tedy vytvoříme novou skupinu částic – oblaka. Přepneme si na další pracovní plochu.

Přípravu tvaru a textury názorně ukážu na běžném kvádru. Při označení objektu pod kolonkou klíče nalezneme možnost přidávat tzv. „Modifier“. My zvolíme „Subdivision Surface“. Ten hrany více uhlazuje tím, že je rozloží na další plochy – maximem je dokonalý elipsoid. Nastavíme jej na hodnotu 2. Dále přidáme na tento objekt „Displace“. Pod kolonkou „Texture“ klikneme na tlačítko „New“, čímž vytvoříme novou texturu a tu dále pod záložkou šachovnice upravíme. Zde v první liště musíme mít vybranou texturu, kterou jsme právě vytvořili – „Displace“. Hned pod touto lištou vidíme naši novou texturu. Jako typ zvolíme „Voronoi“. Zde u záložky „Color“ zaškrtneme „Ramp“ a klikneme na symbol „↔“. „Pos“ nastavíme tak, aby se na objektu nevytvářely jehlice. Tímto máme připravený tvar. Ten sice jen vzdáleně připomíná oblak.

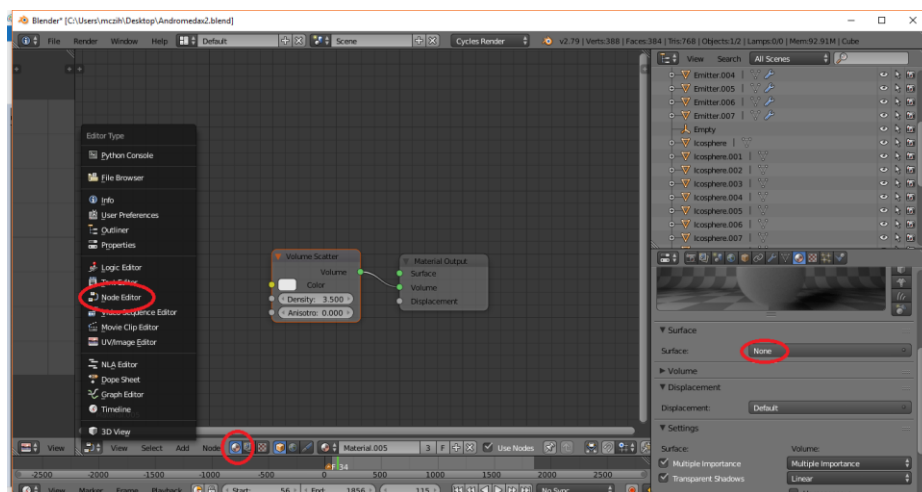


Obr. 30: Vzorový kvádr
Snímek autor



Obr. 31: Tvar oblaku vytvořeného z původního kvádru
Snímek autor

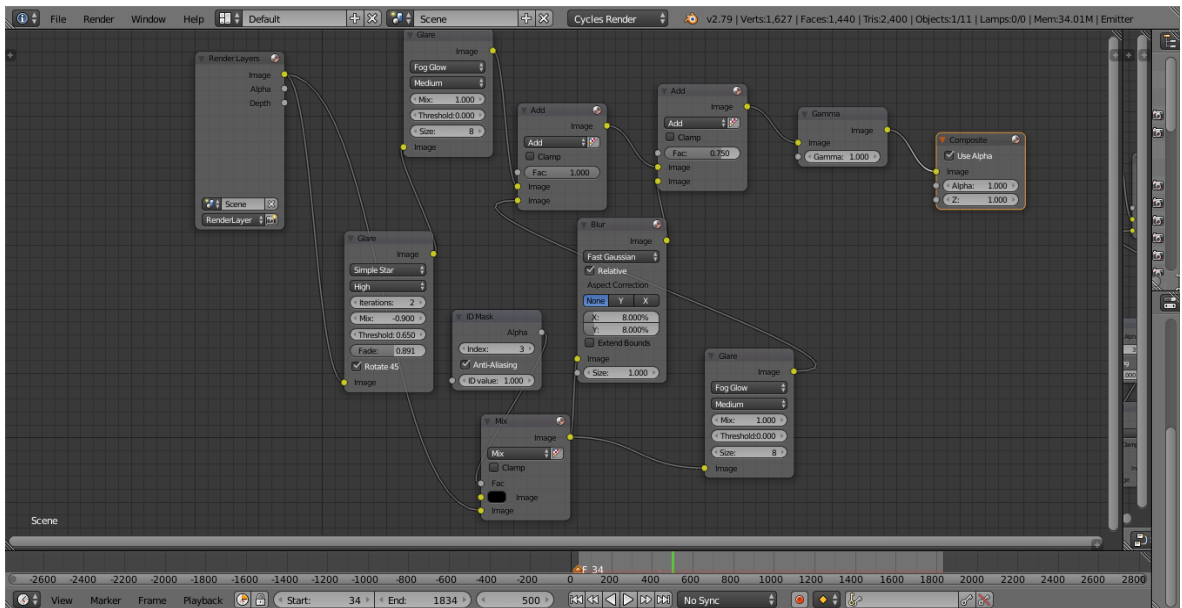
Ještě tedy zbývá vytvořit materiál oblaků. Pod záložkou „koule s šachovnicí“, hned vedle té, díky níž jsme upravovali texturu, nalezneme prostředí pro úpravu a vytváření materiálů. Klikneme na symbol „+“ a začneme tvořit. Pod kolonkou „Surface“ musíme mít „None“, tudíž při rozkliknutí menu stiskneme „Disconnect“. Nyní se přesuneme do zcela jiného prostředí Blenderu s dalšími funkcemi. Dole v levém rohu nalezneme ikonu krychle, rozklikneme jejím prostřednictvím další menu všech možných prostředí Blenderu a zvolíme „Node Editor“ a poté dole zvolíme stejný symbol koule jako před chvílí. Necháme se na této ploše pouze „Material Output“ a ještě přidáme „Volume Scatter“. Z řádku „Volume“ vyvedeme linii do „Material Output“ a také do „Volume“ (viz obr. 38). Hodnota „Density“ představuje hustotu našich oblaků, resp. mlhoviny. V mé práci se pohybuje kolem hodnoty 3,200. Nyní už jen zbývá vytvořit emitter, příp. emitters, které budou tentokrát emitovat oblaka. Postup už je obdobný jako u hvězd výše.



Obr. 32: Nastavení materiálu oblaku
Snímek autor

Abych vytvořil velmi jasný střed galaxie, vložil jsem do středu galaxie vhodně velkou hvězdu. Vytvořím ji obdobně jako předešlé. Jediným rozdílem je, že navolíme „Subdivision Surface“ na vyšší hodnotu – v tomto měřítku už by jinak bylo znatelné, že se jedná o mnohostěn. Můžeme ji také malinko zploštit, aby záře z ní vycházela v podobném tvaru jako celá galaxie, resp. její střed (zde jde o vytvoření vizuální nápodoby – je jasné, že ve středu pravé galaxie nalezneme ohromné množství hvězd, to by bylo pro procesor neúnosné). Pokud se hodnota „Strength“ u malých hvězd pohybuje kolem 30, u této centrální se bude pohybovat kolem 7,5. Je to z toho důvodu, aby neozařovala tak rozsáhlé okolí, až by překrývala záři emitovaných hvězd.

Nakonec zbývá malinko vylepšit záři hvězd. Potřebujeme ji trochu „rozmazat“, aby vytvářela dojem záření, musíme postupovat citlivě. Použil jsem následující efekty, které pomáhají rozmazat obecně světlo a zároveň ponechat ostatní objekty stejné. Pro zjednodušení této metodiky přikládám schéma (viz obr. 39). Hodnoty si můžete pochopitelně upravovat podle kýženého výsledku. Pro lepší pochopení jednotlivých funkcí ještě jednou přikládám jeden z inspirativních odkazů (18).



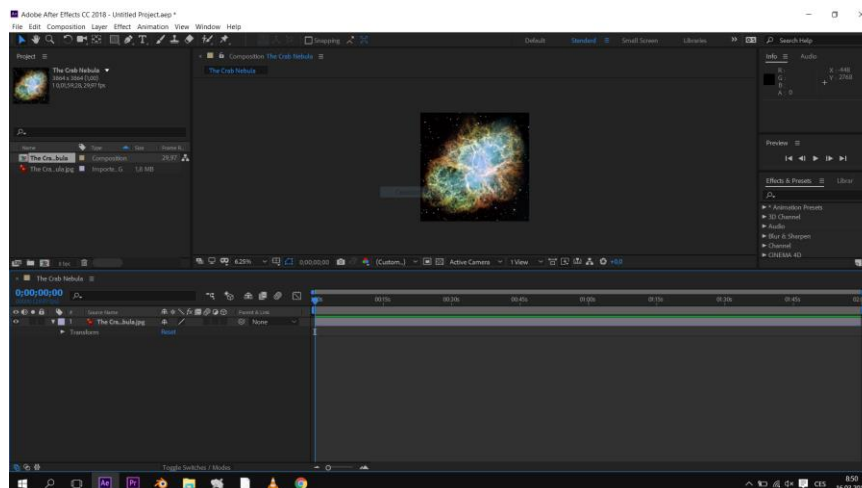
Obr. 33: Schéma efektů aplikovaných na výsledný obraz
Snímek autor

Abychom dosáhli animace a pohybu kamery, musíme ještě nastavit tzv. „Path“, jinými slovy cestu, po které se bude kamera pohybovat. Vložíme přidáním „Path“, tu upravíme v edit modu, jež navolíme na spodní liště. Tím se na naší lince, symbolizující cestu, zobrazí body. Ty můžeme různě posouvat v prostoru a tím deformovat a ohýbat naši cestu. Jak bude ve výsledku cesta vypadat, nám znázorňuje tmavá linie s šipkami ve směru pohybu. Ke kameře ji (po značení kamery) připojíme v sekci pod ikonou řetězu. Zvolíme z nabídky „Follow Path“. Kamera musí být co nejbližší této cestě, nebo ji bude kopírovat v dané vzdálenosti od přímky (znázorněno modrou čárkovanou přímkou). Můžeme ještě přidat „Track To“, tím necháme kameru sledovat jeden objekt po celou dobu. Zpravidla se jako takový objekt používá neviditelné „Plain Axes“.

Nakonec nezbyvá nic jiného než v sekci s přednastavením renderu (záložka s ikonou fotoaparátu) nastavit požadované vlastnosti výstupu (obrázku/animace).

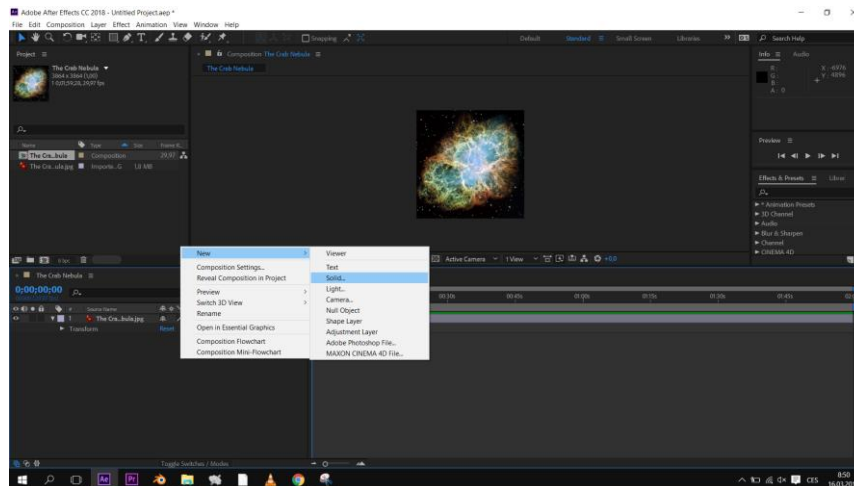
9.2 Ostatní objekty

Po spuštění Adobe After Effects se nám objeví rozhraní velmi podobné video editoru. V levé části nalezneme prostor pro vložení a práci s importovanými médii. Sem vložíme snímek, který chceme animovat. Když snímek posuneme do plochy pod tímto polem, vyskočí na nás okno s nastavením rozměrů kompozice. Snímek by měl mít rozměry čtverce, aby byl vidět celý, příp. se dá nastavit rozměr kompozice tak, aby měla tvar čtverce o straně rovné výšce snímku. S celým snímkem pak můžeme pohybovat do stran a tím ho v průběhu animace zobrazit celý.

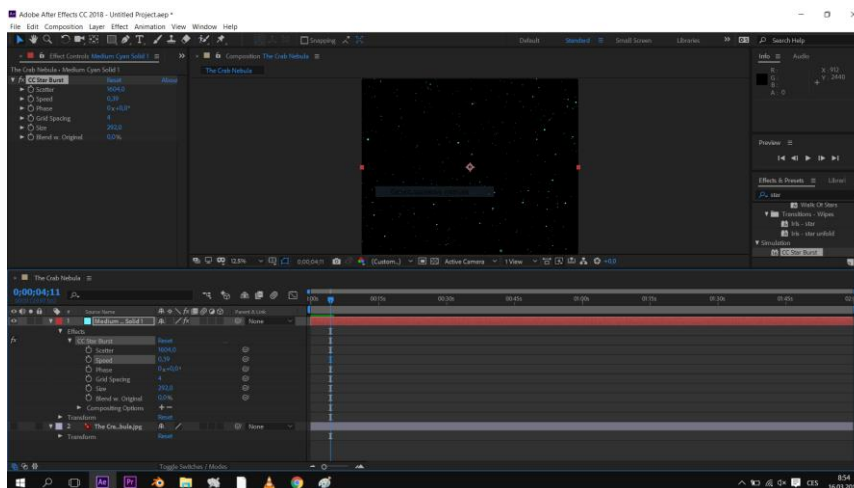


Obr. 34: Vložení snímku do kompozice.
Snímek autor

Nyní, když máme nastavené rozměry nové kompozice, můžeme začít aplikovat jednotlivé efekty na snímek. Pokud chceme na snímku zobrazit „falešné“ hvězdy, aby nám simulovaly pohyb mezihvězdným prostorem, aplikujeme efekt „CC Star Burst“ na vrstvu „Solid Layer“, která nám zbarví hvězdy podle její barvy. U tohoto efektu můžeme nastavit parametr „Scatter“, ten nám umožní nastavit rozptýlení hvězd do prostoru. Dále je pro nás důležitý „Size“ pro nastavení velikosti hvězd a „Speed“ pro nastavení rychlosti jejich průletu kolem pozorovatele. Vrstva s tímto efektem by měla být umístěna nad originálním snímkem, jinak by jím byla překryta.

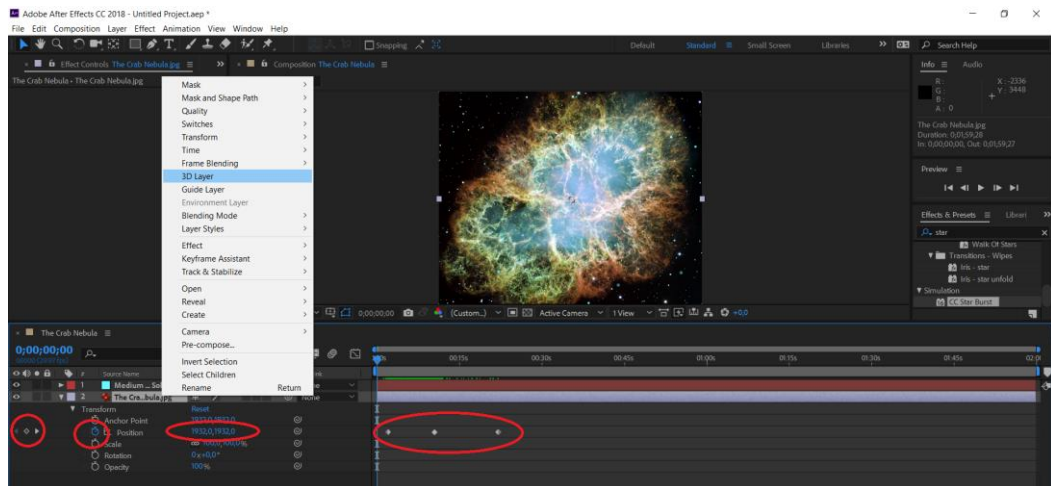


Obr. 35: Přidání vrstvy pro „CC Star Burst“.
Snímek autor



Obr. 36: Aplikace efektu „CC Star Burst“ s náhledem na jeho parametry.
Snímek autor

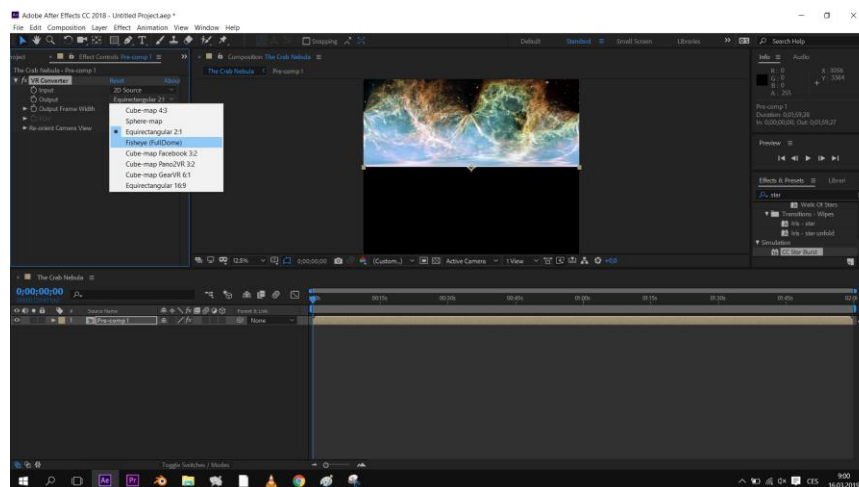
Pokud chceme, aby se nám originální snímek pohyboval po kompozici, klikneme na šipku u vrstvy se snímkem a podsekcí „Transform“. Zde si můžeme hrát s X, Y souřadnicemi, po zaškrtnutí „3D Layer“ po kliknutí pravým tlačítkem myši na vrstvu/snímek můžeme také přibližovat vrstvu pohybem po Z ose. Tyto pohyby mohou plynout v čase animaci, když klikneme na symbol budíku vedle názvu parametru v sekci „“ tím se nám na časové ose napravo vytvoří symbol kosočtverce, který bude mít počáteční hodnotu (hodnotu, která byla navolena v době stisknutí tlačítka stopky). Postupným přidáváním bodů s odlišnými souřadnicemi se vyrenderuje pohyb.



Obr. 37: Znáornění potřebných parametrů a tlačítek k rozpořybování snímku.
Snímek autor

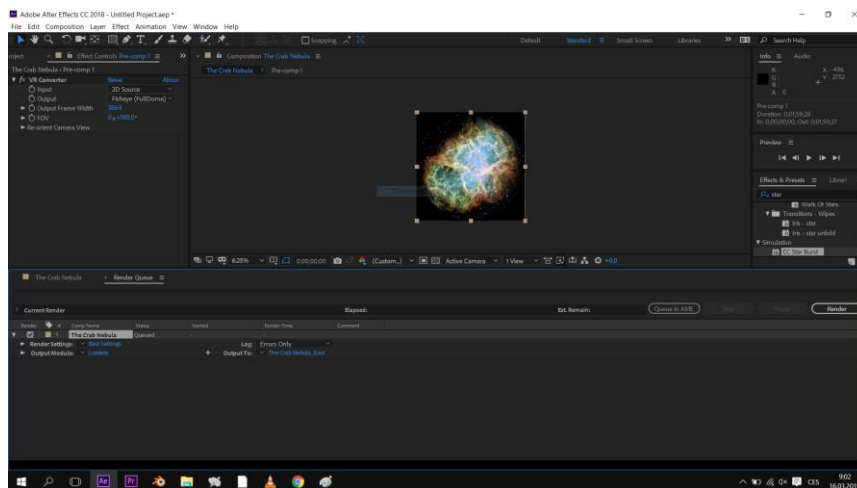
Tyto dvě vrstvy (snímek + hvězdy) pak sloučíme do „Pre-kompozice“, kterou založíme po označení obou vrstev a kliknutí pravým tlačítkem myši.

Na tuto „Pre-kompozici“ už jen aplikujeme efekt „VR Converter“, zde už jen navolíme „Input: 2D Source“ a „Output: Full dome (Fisheye)“. Jako rozměr zadáme délku strany čtvercové kompozice, zpravidla už bývá automaticky navolena, podle velikosti kompozice správně.



Obr. 38: Aplikace efektu „VR Converter“.
Snímek autor

Následně po stisknutí klávesové zkratky CTRL + M, se dostaneme do sekce renderování. Tady můžeme postavit do fronty hned několik kompozic, nastavit jejich výstup, kvalitu, popř. šablonu formátu, ve kterém má být animace renderována.



Obr. 39: Nastavení parametrů renderingu.
Snímek autor

10 IMPLEMENTACE ANIMACÍ DO SOFTWARE DIGITÁLNÍHO PLANETÁRIA – METODIKA PRÁCE, 2. ČÁST

Blender vyrenderuje soubor jpeg snímků. 30 snímků na sekundu animace. Snímky jsou v rozlišení 4k ve full dome formátu tzv. domemastry. Ty je třeba pomocí speciálního softwaru Encoder spojit do jednoho kontajneru, aby byly přehrávačem planetária spustitelné jako „movie“. Procesu se říká enkódování.

V případě hradeckého planetária se enkódované video nahraje do přehrávače Showmanager a ten zajistí spuštění videa na počítačích jednotlivých projektorů. Počítače jsou sladěné, každý přehrává jen jeden sektor videa. Výsledkem je, „bežešvá“ projekce videa na kopuli planetária.

11 ZÁVĚR

Výsledkem mojí práce je celkem 6 animací – jeden vlastní animovaný model galaxie a animované snímky z Hubbleova vesmírného teleskopu. Konečný počet těchto animací byl ovlivněn zejména časovou náročností tvorby vlastního modelu galaxie. V rámci svojí práce jsem některé ze zobrazovaných objektů pozoroval na noční obloze teleskopem.

V této práci jsem popsal druhy a specifikace planetárií. Na základě dostupných zdrojů jsem popsal způsob fungování jednotlivých základních druhů teleskopů, včetně toho, ke kterému řadíme Hubbleův vesmírný teleskop. Je zde popsán způsob adaptace lidského oka na světlo/tmu. Na tento odstavec navazují následným praktickým pozorováním, kde jsem tyto poznatky uplatnil. Dokládám to vlastními záznamy z pozorovatelského deníku.

V průběhu práce jsem se dozvěděl o relativně mladém rozhraní pro 3D grafiku provozovanou přímo ve webovém prohlížeči pomocí javascriptu – WebGL. Do budoucna si myslím, že by

se WebGL dalo teoreticky použít jako dostupná alternativa pro tvorbu mj. fulldome animací. Bohužel jsem se již nedostal k vytvoření alespoň prvního pokusu.

12 POUŽITÁ LITERATURA

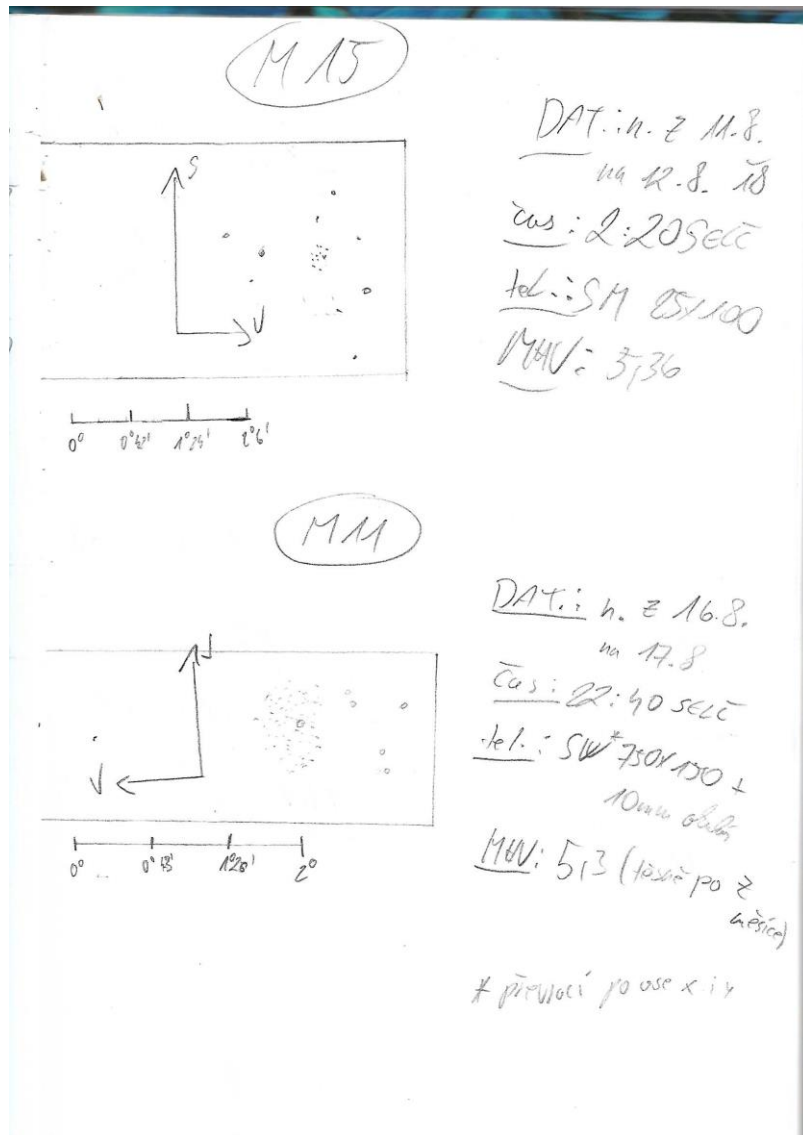
1. Planetárium. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Planet%C3%A1rium>
2. Planetárium Praha : » Co je planetárium?. In: Planetárium Praha [online]. Praha: Planetárium Praha, c2009 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://planetarium.cz/?cat=21>
3. Sky Theaters. Zeiss [online]. Jena: Carl Zeiss Jena [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.zeiss.com/planetariums/int/products/small.html>
4. Planetarium projector. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Planetarium_projector
5. Fulldome Institute. Fulldome Institute [online]. Brno: Fulldome Institute [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://fulldome.cz/digitalium/>
6. FullDome Projection { bachelor's thesis } [online]. Šárka Sochorová, 2014 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://pekelne-efekty.blogspot.com/2014/02/siggraph-04-generovani-projekce.html>
7. Astronomie. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Astronomie>
8. Dalekohled. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dalekohled>
9. Teleskopie - díl desátý (Astronom amatér a jeho zrak). Česká astronomická společnost [online]. Praha: Česká astronomická společnost, c2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/ostatni/teleskopie-dil-desaty-astronom-amater-a-jeho-zrak.html>
10. K čemu je červené světlo?. Bushcraft [online]. Presidio Group, c2011 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://bushcraft.cz/nutne-k-preziti/zajisteni-bezpeci/k-cemu-je-cervene-svetlo/>
11. Světelné znečištění a noční obloha – Světelné znečištění [online]. Ondřejov: Odborná skupina pro tmavé nebe [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.svetelnezneisteneni.cz>

12. Charles Messier. Techmania Science Center [online]. Plzeň: Techmania Science Center [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/vedec/1254/messier>
13. RÜKL, Antonín. Souhvězdí. 2. aktualiz. vyd. Praha: Aventinum, 1998. Krystal (Aventinum). ISBN 80-715-1051-3.
14. Seznam objektů v Messierově katalogu. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_objekt%C5%AF_v_Messierov%C4%9B_katalogu
15. About. Blender [online]. Amsterdam: Blender Foundation [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.blender.org/about/>
16. Koupit Adobe After Effects CC. Adobe [online]. Praha: Adobe Systems, c2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.adobe.com/cz/products/aftereffects.html?promoid=2K4PCH2Z&mv=other>
17. Blender 2.70 Tutorial - Create a Galaxy Fly-Through – YouTube [online]. San Bruno: Google, c2019 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=XIPQ6ANnr70>
18. How to Create a Galaxy in Blender 3D - YouTube [online]. San Bruno: Google, c2019 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=gRHPCMBBZ4s>
19. Clouds Tutorial for Blender Cycles - YouTube[online]. San Bruno: Google, c2019 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=TJ_OcBh7F5I
20. Blender-Tutorial-1-WillItBlend.pdf. DIY Planetarium [online]. Broomfield: adaMagination, c2016 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.diyplanetarium.com/documents/Blender-Tutorial-1-WillItBlend.pdf>

13 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Vlevo Budova královéhradeckého planetária	7
Obr. 2: Vpravo budova planetária v Petrohradu.	7
Obr. 3: Vlevo původní optomechanické planetárium z r. 1923.....	8
Obr. 4: Vpravo nejnovější model od firmy Megastar pro středně velké kopule (podobně jako v Hradci Králové).	8
Obr. 5: Pod optomechanickým planetáriem můžeme vidět digitální projektor Velvet od společnosti Zeiss, kterými je vybaveno mj. Planetárium v Hradci Králové.....	9
Obr. 6: Rozvržení kopule.	10
Obr. 7: Vlevo schéma Keplerova dalekohledu.	12
Obr. 8: Vpravo schéma triedru.	12
Obr. 9: Schéma Cassegrainova dalekohledu.....	13
Obr. 10: Schéma Newtonova dalekohledu.	13
Obr. 11: Schéma Ritchey-Chretienova systému.	14

Obr. 12: Rozptyl světla v atmosféře.	15
Obr. 13: Rozdíl mezi naprosto tmavou a světelně znečištěnou oblohou.	15
Obr. 14: Charles Messier.	16
Obr. 15: Pierre Méchain.	17
Obr. 16: Příklad záznamu v pozorovatelském deníku.	18
Obr. 17: Krabí mlhovina M 1.	22
Obr. 18: Otevřená hvězdokupa Divoká kachna M 11	23
Obr. 19: Velká galaxie v Andromedě M 31.....	24
Obr. 20: Velká mlhovina v Orionu M 42.....	25
Obr. 21: Prstencová mlhovina M 57.....	26
Obr. 22: Spirální galaxie M 66.....	27
Obr. 23: Blender logo.....	28
Obr. 24: Adobe After Effects logo.....	29
Obr. 25: Pracovní prostředí Blenderu s odstraněnými objekty obsaženými v šabloně.....	30
Obr. 26: Pohled svrchu na emitter a silové pole pod ním.....	31
Obr. 27: Nastavení částic (hvězd).....	32
Obr. 28: Tvorba samotné částice (hvězdy).....	33
Obr. 29: Přidání částice do skupiny (Groups).....	33
Obr. 30: Vzorový kvádr.....	35
Obr. 31: Tvar oblaku vytvořeného z původního kvádru.....	35
Obr. 32: Nastavení materiálu oblaku.....	36
Obr. 33: Schéma efektů aplikovaných na výsledný obraz.....	37
Obr. 34: Vložení snímku do kompozice.....	38
Obr. 35: Přidání vrstvy pro „CC Star Burst“.....	39
Obr. 36: Aplikace efektu „CC Star Burst“ s náhledem na jeho parametry.....	39
Obr. 37: Znárodnění potřebných parametrů a tlačítek k rozpořybování snímku.....	40
Obr. 38: Aplikace efektu „VR Converter“.....	40
Obr. 39: Nastavení parametrů renderingu.....	41
Obr. 40: Další příklad záznamu v pozorovatelském deníku č. 1.....	45
Obr. 41: Další příklad záznamu v pozorovatelském deníku č. 2.....	46



Obr. 41: Další příklad záznamu v pozorovatelském deníku č. 2.
Snímek autor