

Univerzita Karlova v Praze

Fakulta humanitních studií



Bakalářská práce

Zrození teorie Velkého třesku

Praha, 2010

Vedoucí práce: Prof. Jan Sokol Ph.D., CSc.

Autorka práce: Lenka Štimová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a souhlasím s jejím eventuálním zveřejněním v tištěné nebo elektronické podobě.

V Praze dne 15. 2. 2010

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala a vyslovila uznání všem, kteří mi byli oporou při vzniku této práce. V první řadě děkuji prof. Janu Sokolovi za vedení mé práce. Velice si vážím především jeho připomínek v oblasti filosofické a společenskovední, bez kterých by tato práce nebyla úplná. Mnohokrát děkuji i dalším konzultantům, doktoru Jiřímu Grygarovi za jeho čas a pomoc v oblasti astronomické a Mgr. Pavlu Najserovi za jeho rady v oblasti dějin astronomie.

Zvláštní dík patří Lydii Boháčové za jazykovou korekturu. V neposlední řadě děkuji své rodině a příteli za jejich lásku a psychickou podporu.

Abstrakt

Cílem této práce je popsat úsek v dějinách astronomie, který souvisí s teorií Velkého třesku. Jsou zde rovněž stručně zmíněny klíčové události v dějinách astronomie od antiky až po dvacáté století, přičemž velký důraz je kladen na soudobé dějiny, kdy teorie Velkého třesku vznikla. Celá problematika je rozebírána převážně z pohledu historického a částečně i filosofického, méně už z pohledu astronomického či fyzikálního, zcela se bez něj ale neobejde. Práce si všímá i přesahu vývoje v astronomii do dalších vědních oborů i do celkového společenského utváření a naopak jejich ovlivňování astronomie. Podkladem pro tuto práci jsou především odborné knihy, které se obecně zabývají dějinami astronomie nebo přímo popisují teorii Velkého třesku a její vznik.

Obsah:

Čestné prohlášení	2
Poděkování.....	3
Abstrakt	4
I. Úvod	6
II. Důležité milníky v dějinách astronomie.....	8
A. Antika.....	8
B. Středověk.....	11
C. Renesance	13
D. Novověk	17
III. Měření vzdáleností ve vesmíru jako klíč k Velkému třesku	20
A. První představy o rozlehlosti vesmíru.....	20
B. Hvězdný vývoj podle Williama Herschela	23
C. Stáří vesmíru	25
D. Cefeidové měřítko	27
E. Velká debata	29
IV. Na dosah Velkého třesku.....	31
A. Ukončení Velké debaty.....	31
B. Albert Einstein (1879–1955) a jeho role ve Velkém třesku	32
C. Rozpínání vesmíru.....	36
V. Zrození teorie Velkého třesku.....	38
A. Tvůrci Velkého třesku	38
B. Odpůrci Velkého třesku a jejich argumenty.....	41
C. Otazníky Velkého třesku	44
D. Družice COBE a WMAP.....	47
E. Budoucnost teorie Velkého třesku	50
VI. Závěr	53
Seznam použité literatury	56

I. Úvod

Člověka od nepaměti fascinovala hvězdná obloha. Postupně, jak se jí snažil pochopit, stala se mu jakousi příručkou, jak rozumět samotné Zemi. Ten, kdo se v této příručce naučil číst, záhy poznal, kdy přijdou povodně, zima nebo kýžené jaro. Protože obloha byla také sídlem vševědoucích bohů, kteří skrze ni promlouvali k nám lidem, doptával se člověk osudu svého i celých národů. Jak se jeho poznání rozšiřovalo, objevily se snahy dozvědět se něco i o hvězdách samotných. Astronomie v různých podobách je vlastně stará jako lidstvo samo.

Věda – a tedy i astronomie – se někdy považuje za dceru filosofie. Ačkoliv se věda stále snaží vymanit z dosahu své přísné matky, právě astronomii se to příliš nedaří. Ve skutečnosti má s filosofií víc společného, a astronomové si tuto skutečnost uvědomují, ačkoliv ne všichni to připouštějí. V astronomii si totiž v poslední době kládeme takové otázky, na které náš rozum již nedokáže jednoznačně odpovědět a už vůbec neumí případné odpovědi empiricky dokázat. V astronomii se věda potkává s filosofií skrze poznání, které se zdá být nekonečné stejně jako vesmír. V hlubinách velkého vesmíru tak pomalu, ale jistě, nacházíme i to nejzákladnější, sami sebe. Protože to, co charakterizuje člověka, je právě jeho neutuchající touha po poznání.

O astronomii se zajímám od velmi útlého věku, a přesto mne na ní stále udivuje jedna věc. Jak na to všechno lidé vůbec mohli přijít? Všechno, co dnes z oblasti astronomie známe, je důsledek obrovského úsilí celé plejády lidí, od vědců, filosofů, teologů, mechaniků až po obyčejné muže a ženy, kteří se nespokojili s povrchním vysvětlením toho, co jim jejich smysly prezentovaly. Tito lidé bývali vystaveni posměchu, někdy se dopouštěli omylů, tu byli za své názory oslavováni, jindy ale také pronásledováni a zabíjeni. Navzdory všemu nakonec uspěli. Někteří již za svého života, jiní až po své smrti. Dějiny vyprávějí jejich osudy, ať už ve větší, či menší míře.

Pokud se pozorněji podíváme do historie, zjistíme, že z pohledu astronomie je poměrně dobře zmapováno období antiky, během středověku dochází k výraznému útlumu a nad vším ostatním vyčnívá období renesance, která přála rozvoji lidského myšlení. Renesance spustila lavinu jménem věda, která do té doby živořila někde na okraji. Byla to právě astronomie, která hrála klíčovou roli v této revoluci. Spolu s astronomií se začaly rozvíjet i další vědní disciplíny jako historie, archeologie, jazy-

kověda, mechanika a další. V 19. století se společně s průmyslovou revolucí objevily nové vědní disciplíny: sociologie a psychologie¹, které se obracely zpět k člověku.

Já jsem se rozhodla nahlédnout do dějin teprve nedávných, na rozhraní 19. a 20. století, kdy se v astronomii poprvé objevuje myšlenka tzv. Velkého třesku. Zajímá mne především otázka, jak je možné, že během jednoho století astronomie a především kosmologie přijala historický pohled na vesmír, který najednou není neměnný a stále stejný, ale v určité chvíli začal a pravděpodobně také někdy skončí. Klíčová pro mne bude především historie tohoto radikálního obratu a postup přijetí Velkého třesku jak v historickém, tak ve filosofickém kontextu. Co způsobilo a ovlivnilo tento obrat? Jaké byly argumenty zastánců a odpůrců této teorie? Kdo byli ti zastánci a odpůrci? A proč se odpůrci nakonec stáhli do pozadí? Jakou měrou přispěly události tohoto bouřlivého století ke konečnému přijetí myšlenky Velkého třesku? Toto jsou všechno otázky, na které se budu snažit najít odpověď. Při svém výzkumu se primárně zaměřím na odborné knihy, které pojednávají o Velkém třesku a o historii této teorie či obecně o dějinách astronomie. Dále se zaměřím na konkrétní vědce, kteří se touto teorií zabývali, ať už na straně jejího přijetí, nebo odmítnutí.

¹ Původně byly součástí filosofie.

II. Důležité milníky v dějinách astronomie

Většina astronomů, která přicházela s netradičními teoriemi, se dočkala uznání dlouho po své smrti. Jejich doba pro ně většinou neměla příliš velké pochopení. Naštěstí se ale vždy našel někdo další, kdo ve správný čas skomírající myšlenku uchopil a ve světle nového poznání ji potvrdil. Někdy však doba čekání byla až neskutečně dlouhá.

Astronomie vyplynula z nutnosti rozumět dějům v přírodě, možnosti se jim zavčas přizpůsobit nebo je využít a umět je předvídat. Byla také od nepaměti spojená s jistým posvátnem a souvisela úzce s náboženstvím. První astronomická pozorování tak zpravidla vykonávali kněží při nejrůznějších obřadech. Čistě vědecké pojetí astronomie se objevuje až v antickém Řecku. Ve společnosti, ve které nebyla příliš běžná otrocká práce, znamenala výroba nutnou podmínku obchodu, a zpravidla ji zastávali svobodní řemeslníci, pro které mohla být i zdrojem značného bohatství. Ten, kdo se chtěl v tomto oboru prosadit, musel být dobrým znalcem materiálů a proměn hmoty. Tento trend výrazně urychlil rozvoj vědy a promítl se i do kosmologických úvah antických filosofů, jejichž snahou bylo vysvětlit nebeské mechanismy. Zabývat se náboženstvím nebylo v tomto případě nutné. Jednotlivé filosofické školy byly od sebe poměrně izolované, což přinášelo jistou výhodu, ale i nevýhodu. Nevýhodou bylo, že školy zpravidla nevyužívaly výsledky školy jiné. Výhodou bylo, že se jednotlivé teorie, ať sebeodlišnější, mohly nerušeně vyvinout, a to téměř paralelně s těmi ostatními.

A. Antika

V jistém ohledu s netypickou teorií přišel Aristarchos ze Samu (310–230 př. n. l.). Ten je znám především jako důvtipný geometr a právě preciznost jeho měření jej přivedla k myšlence heliocentrického² systému. Předmětem jeho zájmu totiž bylo měření vzdáleností a vzájemných poměrů velikostí Slunce, Měsíce a Země. Z Aristarchových výpočtů jednoznačně vyplývalo, že Slunce je mnohem větší než Země a logickým

² Heliocentrický systém = od řeckého helios = Slunce. Ve středu naší soustavy leží Slunce, Země kolem něho obíhá. Geocentrický systém = od řeckého geos = Země, zemský. Slunce a ostatní planety obíhají okolo Země.

závěrem tedy bylo, že Země obíhá okolo Slunce, a ne naopak. Bohužel se Aristarchova heliocentrická teorie nedochovala, takže se můžeme jen dohadovat, jaké pohyby přisuzoval dalším planetám, ale lze předpokládat, že i ony obíhaly okolo Slunce. Podstatné je, že Aristarchos ponechal stranou výpověď smyslů a opíral se jen o výsledky svých měření. Přesto jeho systém nezapustil v řecké vzdělanosti kořeny a byl velice rychle vytlačen jinými teoriemi. Aristarchos sám byl dokonce nařčen z bezbožnosti. Nebývale přesně určit rozměry Země se podařilo Eratosthenovi, který byl asi o generaci mladší než Aristarchos. Využil metody měření na dvou místech, ačkoliv podmínku dvou míst důvtipně obešel. Eratosthenes (275–194 př. n. l.) věděl, že ve městě Syeně, které je od Alexandrie vzdálené zhruba 5000 stádií³, svítí Slunce v době letního slunovratu „přímo do studní“, jinak řečeno je přímo v nadhlavníku. Stačilo mu tedy jen změřit výšku Slunce v Alexandrii, aby zjistil, že v poledne bylo vzdáleno od nadhlavníku o 1/50 celého kruhu. 5000 stádií je tedy délkou jedné padesátiny poledníku a celý obvod Země je potom 50 x 5000 stádií, tj. 250 000 stádií, což je po převodu asi 39 690 km.⁴ Geocentrický systém zastával také Herakleides z Pontu (388–310 př. n. l.), Aristotelův současník. Domníval se, že se Země otáčí kolem své osy, a co bylo podstatnější, že Merkur a Venuše obíhají okolo Slunce. Svou domněnku opíral o zřetelně poznatelnou skutečnost, že se obě planety od Slunce nevzdálí o víc než určitý úhel. (Horský, Plavec. 1962)

V antice významně vyčnívá Hipparchos (190 - 120 př. n. l.), ale ani jeho dílo se bohužel nedochovalo do dnešních dnů. Hipparchos se zasloužil především o zdokonalení celé řady pozorovacích přístrojů, čímž významně zpřesnil samotné měření. Výsledky svých pozorování pečlivě zaznamenával, ale vycházel také ze záznamů a poznatků starých Babyloňanů. Ty jej přivedly na samotný práh heliocentrismu, ale pomyslnou řeku Hipparchos nepřekročil, snad proto, že se až příliš přičila běžné lidské zkušenosti „pevné země pod nohama“. Je pozoruhodné, že Hipparchos z výsledků pozorování Slunce usoudil, že Země leží nepatrně mimo střed sluneční dráhy a proto se pohyb Slunce po ekliptice⁵ jeví jako nepravidelný. Hipparchos navíc zjistil, že Slunce potřebuje k tomu, aby se vrátilo do stejného místa ekliptiky o něco více času, než aby

³ Egyptské stádium = 157,7 m.

⁴ Dnes se uvádí asi 40 075 km.

⁵ Ekliptika – průsečnice, v jejíž rovině leží oběžná dráha Země kolem Slunce. Má sklon zhruba 23.⁰.

se navrátilo do jarního bodu.⁶ Z toho odvodil, že se jarní bod na ekliptice posouvá, což potvrzovala i pozorování starých Babyloňanů. V té době byl jarní bod v souhvězdí Býka, zatímco v Hipparchově době v souhvězdí Berana. Pohyb, který Hipparchos objevil, se nazývá precesní pohyb.

Jakýmsi shrnutím dosavadních astronomických pozorování se v polovině 2. století měl stát *Almagest* Klaudia Ptolemaia (85–165 n. l.). Obsahoval nejen katalog hvězd a propracovanou planetární soustavu, ale i nauku o stavbě pozorovacích přístrojů či matematické tabulky. Ptolemaiova soustava předpokládá jediný střed a tím je Země, která je nehybná. Zemi obklopují sféry planet: Slunce, Měsíc, Merkur, Venuše, Mars, Jupiter a Saturn⁷. Celá soustava je ohraničena sférou stálic. Z filosofického pohledu odpovídala Ptolemaiova soustava pojetí světa, které zastával filosof Aristoteles (384–322 př. n. l.). Aristoteles sice nebyl astronomem, ale měl o astronomii velmi dobrý přehled a znal také všechny teorie, které se k uspořádání vesmíru vyjadřovaly. On se však jal odvozovat skladbu vesmíru od pozemských pohybů. Vycházel z toho, že přirozenou vlastností všech těles je klid a všechna tedy směřují do svých nejpřirozenějších poloh. Kámen padá k zemi, zatímco kouř stoupá vzhůru. K tomu, aby se těleso pohybovalo, je zapotřebí síly, která pohyb udává, z čehož přirozeně vyplývalo, že Země je nejtěžší a je tedy ve středu. Kolem tohoto středu se postupně seskupily zemina, voda, vzduch a oheň. Nad tím vším je éter, kde se pohybují všechny planety. Kvalitativně tak jde o dvě rozdílné části. Vše až po sféru Měsíce je nehybné a skládá se ze čtyř již zmiňovaných prvků. Za drahou Měsíce je vesmír neměnný a věčný. Vnitřní část se nazývá sublunární, vnější a kvalitativně lepší část se nazývá nadlunární. Měsíc vytváří přirozenou hranici mezi oběma částmi. Vraťme se ale zpět k Ptolemaiovi. Ptolemaios byl na rozdíl od Aristotela astronom, a tak musel popsat a především vysvětlit nezvyklé dráhy planet, plné kliček a obrátek. Protože se předpokládalo, že sféry jsou kruhové, bylo nutné zařadit do celého systému další pomocné kružnice.⁸ Zdánlivě nepravidelné pohyby ve skutečnosti skrývaly pohyby pravidelné, tedy přísně kruho-

⁶ Jarní bod je místo na nebeské sféře, kde se Slunce nachází při úsvitu v době jarní rovnodennosti.

⁷ Slunce a Měsíc byly považovány rovněž za planety. Planety Uran a Neptun ještě nebyly objeveny.

⁸ Tyto kružnice se nazývají deferent, epicykl, excentr a v Ptolemaiově systému najdeme i tzv. ekvant. Nejjednodušeji lze popsat deferent a epicykl, když si představíme pouťovou atrakci rotujících šálků, které se točí kolem společného středu. Elipsu a její vlastnosti objevil až Kepler.

vé. Celý systém velice věrohodně popisoval pozorované jevy a na dlouhou dobu se společně s Aristotelovým pojetím světa stal doslova Biblií astronomie.

B. Středověk

Středověk byl ve znamení astronomického klidu. Evropa se vývojově vrátila o několik století zpět, antická kultura upadala, křesťanství navázalo na pragmatickou kulturu římskou a tu řeckou v podstatě opomíjelo. Méně vyspělé křesťanské národy uchvacovaly kulturu, kterou pokořily, částečně ji i přejímali, ale vše probíhalo jen velmi zvolna. O něco lépe se k antickým vědeckým výsledkům zachovala kultura arabská, soustředila se však především na překlady řeckých děl a v případě Ptolemaiovy soustavy na její zdokonalování. Arabská kultura má přesto jedinečné historické zásluhy. Uchovala totiž antická vědecká díla pro celý kulturní svět. Z arabského světa nakonec začala věda pomalu pronikat i do Evropy, kde se důležitým centrem stalo španělské Toledo. (Horský, Plavec. 1962)

Protože se již Ptolemaiovy výsledky výrazně lišily od skutečného pozorování, bylo třeba zajistit jejich úpravu. Tak vznikly v 11. století tzv. „Toledské tabulky“, jejichž autorem byl arabský astronom a matematik Al-Zarqali. Tyto tabulky byly ve své době nejpřesnější sbírkou efemerid v Evropě. Samotný Ptolemaiův Almagest se do Evropy dostal až mnohem později v období křížáckých válek a byl v arabštině. Překlad do latiny zajistil ve 12. století Gerhard z Cremony (1114–1187) a zpřístupnil tak Ptolemaiův Almagest křesťanské vědě. O něco později vycházejí na pokyn Alfonse X. tzv. Alfonsínské tabulky. Alfons X. (1221–1284) nechal sestavit tým arabských a židovských vědců, jejichž úkolem bylo nové přeměření efemerid a odstranění některých anomálií, které se vyskytovaly v tabulkách Toledských. I ty Alfonsínské byly hojněji využívány až po překladu, tentokrát z kastilské španělštiny do latiny. „Ačkoliv byl Alfons velkým mecenášem astronomie, Ptolemaiův spletitý systém deferentů, epicyklů, ekvantů a excentrů na něj neudělal vůbec žádný dojem: ‘Kdyby se na mne Všemohoucí obrátil o radu dříve, než se pustil do stvoření světa, byl bych mu poradil něco jednoduššího. ‘ “ (Singh, 2007, str. 35)

Ptolemaiův Almagest byl v křesťanské Evropě znám pouze zprostředkovaně z arabského překladu, a proto vznikly snahy vyjít z řeckého originálu. Ten se však do Itálie dostal až v 15. století, jeho studiem se zabývali němečtí astronomové Georg Puerbach (1423–1461) a Johannes Müller, více známý jako Regiomontanus (1436-

1476). Okamžitě narazili na značné odchylky, což je utvrdilo v jejich velkolepém plánu kriticky zhodnotit a na základě vlastního pozorování zpřesnit a opravit celý Ptolemaiov systém. Pokud by se jim to podařilo, je možné, že by se dějiny astronomie odvíjely úplně jiným směrem. Bohužel oba astronomové zemřeli dříve, než mohli svůj úkol dokončit. (Horský, Plavec. 1962) Naznačili však cestu, po které je třeba se vydat, a ač to asi nepředpokládali, připravili tím cestu k heliocentrismu.

Obraz světa byl v křesťanské Evropě přísně geocentrický a vesmír byl chápán jako konečný, což odpovídalo Aristotelově představě světa. Církev toto učení zcela převzala a po všech stránkách jí i vyhovovalo, protože bylo ve shodě s představou o stvoření světa a významu člověka. Ovšem otázka geocentrismu a především konečnosti nebyla tak jasně vymezena a existují četné záznamy, které nabízejí jiná řešení. Jedno z nich přináší Mikuláš Oresmus (1323–1382). Ten kritizoval především Aristotelovo učení o pohybu a poukázal na to, že nelze jednoznačně rozhodnout, zda se pohybují hvězdy nebo Země. Jak tvrdil, je to jen otázka víry. Dotýkal se tím vlastně relativity pohybu. (Horský, Plavec. 1962)

Snad nejvýznamnější postavou středověké astronomie je Mikuláš Kusánský (1401–1464). Kusánský byl především filosofem a teologem než skutečným astronomem. To samozřejmě není nic překvapivého, neboť vzdělání bylo dlouhou dobu výhradně v rukou církve a studium teologie bylo zárukou vzdělání nejvyššího. To, co nás na Kusánském nejvíce zajímá, je jeho výklad vesmíru jako celku. V jeho knize *Vědění o nevědění* se mimo jiné hovoří o tom, že svět je souhrn všech jednotlivin, směřuje ale k nekonečnosti. „Jedním z jeho hlavních argumentů pro nekonečnost vesmíru bylo tvrzení, že nekonečně všemohoucí bůh musel stvořit nekonečný vesmír.“ (Horský, Plavec, 1962, str. 94) Ve světě Mikuláše Kusánského neexistuje nic, co by se nepohybovalo. Kusánský tím vlastně zpochybnil existenci pevných sfér, tak jak si to představoval Aristoteles. Pokud se vše pohybuje a hvězdy jsou volně rozetě v prostoru, potom se musí pohybovat i Země. Ovšem toto tvrzení je třeba vysvětlit, protože by mohlo být vykládáno chybně a nepřesně. Kusánský totiž nepředpokládal, že by se Země pohybovala po nějaké dráze. Země skutečně leží ve středu vesmíru, ale zde se pohybuje kolem vlastní osy. Jeho myšlenky nebyly podloženy astronomickými pozorováními, jeho dílo se však stalo velkou inspirací pro mnohé další.

C. Renaissance

Nové poznatky nejvíce inspirovaly Mikuláše Koperníka (1473–1543). Ve všech ohledech platilo, že doba, ve které žil, renesance, byla poznamenána množstvím radikálních změn a zaslouží si být alespoň stručně popsána. Změna byla patrná především v literatuře, přičemž nejdůležitější byl asi přesun zájmu od současnosti zpět k zlatému věku antiky. Renaissance s sebou přinesla hospodářskou revoluci, se zámořskými výpravami, úchvatnými objevy neznámých kontinentů a neprobádaných civilizací. Lidé obepluli Zemi, a dokázali tak, že je skutečně kulatá. Lidé si pomalu začínali zvykat na rozšiřující se obzory a sféra předchozích znalostí se zdála být najednou malá a skromná. Evropa již nutně nemusela být nejdůležitějším centrem světa. Ve společnosti se začíná významně uplatňovat nová společenská třída – měšťanstvo. Rozvíjelo se řemeslnictví a také obchod. K tomu, aby se člověk stal uznávaným a úspěšným, již nebylo zapotřebí majetku a vysokého postavení. Úspěch byl stále více věcí osobních schopností. K uvolnění lidského myšlení přispěl i nevídaný náboženský převrat. Řím, který byl po více jak tisíc let náboženským centrem, ustoupil do pozadí. Dochází k vzestupu vzdělanosti – literatura v rodném jazyce, vynález knihtisku, který urychlil přenos radikálních myšlenek. Lidé se zřekli dřívějších center lidského zájmu a začali se fixovat na něco nového. Otevírali se novým názorům a dívali se na vše kolem sebe kriticky. (Burt, 1954)

Tato nálada postihla i Koperníka, pro kterého již nebylo tak těžké uvažovat a přesvědčovat ostatní, že změna musí být ještě větší než dosud, a sice že je třeba posunout referenční střed vesmíru od Země ke Slunci. Největším odpůrcem Koperníka však nebyla církev, jak se mnohde tvrdí, ale stala se jí překvapivě sama věda. Proti heliocentrismu totiž stála celá řada pádných fyzikálních argumentů, které neměly s církví nic společného. V první řadě šlo o to, že na obloze neexistoval jediný jev, který by nebylo možné vysvětlit za pomoci Ptolemaiova systému. Již dříve předpověděné astronomické úkazy se tak příliš neodlišovaly od těch nových Koperníkových. Většina myslitelů tedy raději upřednostňovala již časem prověřenou teorii vesmíru, tedy tu Ptolemaiovu.

Výpověď smyslů také dokonale zapadala do Ptolemaiova systému. V Koperníkově době ještě nebyl vynalezen dalekohled, takže nikdo nemohl zpochybnit dokonalost nebeských objektů. Čtyři základní prvky – země, voda, vzduch a oheň – nebyly ve svých vzájemných poměrech chápány jen jako kosmické vztahy, ale také

jako kategorie důstojnosti a hodnoty, které se staly obvyklými pro lidské uvažování o neživé sféře. Tento myšlenkový proud také bezpodmínečně zahrnoval předpoklad, že nebeská tělesa byla kvalitativně vznešenější a pohyblivější než Země, což je opět plně v souladu s aristotelovským pojetím metafyziky. V Koperníkově heliocentrickém systému jej však použít nelze. (Burt. 1954) Koperník tento argument vlastně zpochybňoval, protože jinými slovy postavil Zemi na roveň ostatním planetám. Tento názor, ač byl pro většinu lidí naprosto nepřijatelný, však kupodivu nebyl ojedinělý. Podobně totiž uvažoval i Leonardo da Vinci (1452–1519). „Je možno považovat takřka za jisté, že Leonardo byl přesvědčen o otáčivém pohybu Země kolem osy. Dokazoval, že není podstatný rozdíl mezi Zemí a Měsícem a že obě tato tělesa jsou vytvořena z týchž prvků. V jeho písemnostech je možno nalézt i větu: ‘Slunce se nepohybuje’, která dává tušit, že Leonardo došel až k představě heliocentrického systému.“ (Horský, Plavec, 1962, str. 101-102) Zda si však Koperník tento širší přesah svého systému vůbec uvědomil a zda by se za něj skutečně postavil, zůstává otázkou.

Nejzávažnějším argumentem proti Koperníkově heliocentrismu byla skutečnost, že se dosud nepodařilo změřit paralaxu hvězd.⁹ Koperník se především snažil zbavit mnoha epicyklů a deferentů, kterými si Ptolemaios pomáhal a jejichž počet se postupem času neustále zvyšoval. Bohužel objev elipsy musel počkat na dalšího velikána astronomie Johanna Keplera (1571–1630) a tak i Koperník, který ještě vycházel z toho, že dráhy planet jsou přísně kruhové, aby respektoval zdánlivé pohyby planet na obloze, ve svém systému nakonec rovněž využil pomocných kružnic. Jedinou novinkou, kterou přinesla Koperníkova soustava, bylo tedy ve výsledku jen výrazné zjednodušení.

Myšlenkami Mikuláše Kusánského i Mikuláše Koperníka byl ovlivněn Giordano Bruno (1548–1600). Jeho představy vesmíru se však v jistém ohledu značně lišily. Bruno si jistě velmi dobře uvědomoval, že jeho názory budou považovány za kacířské, ani to mu však nebránilo, aby je veřejně neprosazoval. Díky svým radikálním a nekonvenčním myšlenkám často měnil svá působiště, ale poté vyhověl pozvání Giovanniho Moceniga a vrátil se zpět do Benátek. Dostal se tak do spárů mocné inkvizice a za své názory, kterých se tváří tvář smrti odmítl vzdát, byl odsouzen k smrti upálením.

⁹ Paralaxa je zjevné posunutí nebo změna orientace objektu pozorovaného ze dvou různých míst. Je vyjádřena úhlem, který svírají dvě přímky v místě pozorovaného objektu.

Poprava byla vykonána v Římě v únoru roku 1600. Na Brunovy myšlenky je třeba se dívat spíše z filosofického pohledu než z astronomického. Hlavním pilířem jeho filosofie je pojem dvojí pravdy: pravda filosofa a pravda teologa. Bruno se domníval, že se oba obory zásadně liší předmětem svého zájmu. Filosofie zkoumá myšlenkové konstrukce, zatímco teologie víru. Správně by se zde tedy neměl vytvořit prostor pro konfrontaci, obě mohou být stejně pravdivé. Slunce bylo jen jednou z mnoha hvězd, stejně jako Země byla jen jednou z mnoha planet, které mohou být rovněž obydlené. Přiklonil se sice k heliocentrismu, ale vesmír jako celek chápal jako nekonečný. Bruno byl přesvědčen, že všechna nebeská tělesa jsou živá, aktivní a každé má svou duši. Naše Země se podle něj otáčí kolem vlastní osy, ale má také roční pohyb, který je příčinou střídání ročních období. Společně s Aristotelem sdílel víru v éter, který vyplňuje prostor mezi tělesy, ale naopak odmítal jeho dělení na sublunární a nadlunární část. Bruno svým učením ovlivnil tehdejší astronomy jen velmi málo, ostatně své názory nepodložil žádným astronomickým argumentem, stal se však inspirací pro filosofy a trnem v oku mezi teology. Bůh byl podle Bruna nekonečně dobrý, když stvořil nekonečně mnoho světů. To však zároveň ukazovalo na nekonečnou malost člověka a právě to se církvi příliš nelíbilo. Jeho teologická koncepce byla v podstatě pantheistická¹⁰, což v té době hraničilo s ateismem. (Jáchim, 2003)

Rozvoj řemesla, který byl patrný na přelomu 16 a 17. století, se výrazně promítl i do astronomie. Kdy a kým byl vlastně vynalezen dalekohled, se dnes můžeme jen dohadovat, pravdou však zůstává, že v dějinách astronomie zaujímá objev dalekohledu přední místo. Výhody tohoto mocného instrumentu využíval i Galileo Galilei (1564–1642). Začneme ale od začátku. Mladému Galileimu byla původně určena dráha lékaře, ale on sám se zajímal spíše o matematiku a mechanické pohyby. Nebýt jeho výrazných úspěchů v oblasti astronomie, asi bychom se o něm učili jako o významném matematikovi. Již v mládí se stal jednoznačným zastáncem Koperníkova heliocentrického systému. Věřil však také, že každá teorie vyžaduje experiment, díky němuž se buď potvrdí, nebo vyvrátí. Když se roku 1609 dozvěděl o přístroji, kterým lze přibližovat předměty, ihned si jeden vyrobil. Ačkoliv jeho přístroj zvětšoval jen asi

¹⁰ Panteismus - *πάν* (*pan*) = vše a *θεός* (*theos*) = bůh - je filosofický či světový názor, založený na přesvědčení, že všechno, co jest, tvoří jeden celek, který je božské povahy. Podle toho, jak se tato povaha chápe, může být panteismus blízký spíše náboženství, anebo naopak ateismu. (Viz webový odkaz 1)

třicetkrát, musel být Galileo pohledem na oblohu ohromen. Rázem mohl rozpoznat zvrásněný povrch Měsíce¹¹, Jupiterovy měsíce, Saturnovy prstence, ale třeba i sluneční skvrny. Až pozorování Venuše a jejích fází¹² však přineslo nejsilnější argumenty na podporu heliocentrismu. Silnou oporou proti aristoteléské fyzice se mělo stát Galileovo učení o volném pádu. „Vyvrátil již nesprávnou představu Aristotelových stoupců, že by rychlost tělesa při pádu závisela na jeho váze. Opíral se přitom o pokusy s kyvadly o různých hmotách. Později poznal, k jakému skládání pohybu dochází při vodorovném vrhu těles a jak se zde uplatňuje zákon volného pádu.“ (Horský, Plavec, 1962, str. 129) Autorita Ptolemaiova systému i celého aristotelismu tím byla hluboce otřesena. A Galileo, kterému sebevědomí rozhodně nechybělo, si to velmi dobře uvědomoval. Novou situací se doslova bavil, což dokládá i část zprávy, kterou adresoval Keplerovi: „Och, můj drahý Keplere, jak si přeji, abychom se mohli jedinkrát společně srdečně zasmát. Zde v Padově je nejvyšší profesor filosofie, kterého jsem opakovaně a naléhavě žádal, aby se skrze mé sklo podíval na Měsíc a planety, což on urputně odmítá udělat. Proč nejste zde? Jaké výbuchy smíchu bychom při této skvělé pošetilosti mohli mít. A slyšet profesora filosofie v Pise, jak pracuje před velkovévodou s logickými argumenty, jako se zaklínadly, ve snaze vymazat nové planety z oblohy.“ (G. Galileo citováno u Burtta, 1954, str. 77)

Galileo byl především precizním pozorovatelem, o čemž svědčí i fakt, že byl prvním jednoznačně doloženým pozorovatelem osmé planety naší sluneční soustavy, Neptunu. Toto téma zpracovali Charles Kowal (1940) a Stillman Drake (1910 - 1993) a jejich výsledky u nás téměř detektivním způsobem popsal Mgr. Pavel Najser v odborném časopise *Astropis* 4/2008. Galileo si ve svém deníku zaznamenal polohu planety Neptun v souvislosti s pozorováním Jupiterových měsíců, ale spletl si ji s běžnou hvězdou. Zmínil se i o zdánlivém a nepatrném pohybu této hvězdy, což poukazovalo na skutečnost, že by se mohlo jednat o planetu, k pozorování se však již ne-

¹¹ Měsíc byl jedním z nejproblematičtějších těles. Tmavé oblasti, které se dnes nazývají moře, přidělyvaly astronomům vrásky od nepaměti. Měsíc jako nebeské těleso mělo být bez poskvrny a tak si lidé vymysleli, že se Měsíc nečistou Zemí částečně kontaminoval. Když Galileo zjistil nerovnosti na jeho povrchu, způsobil doslova poprask.

¹² V heliocentrické soustavě prochází Venuše postupně všemi fázemi, zatímco v geocentrické pouze některými. Důkazem heliocentrismu bylo právě Galileovo pozorování těchto „chybějících“ fází.

vrátil. Je možné, že svou roli sehrálo zhoršení pozorovacích podmínek. Ovšem i Galileovi, stejně jako některým dalším průkopníkům astronomie se stalo to, že správný úsudek podpořil nesprávnými argumenty. Galileo například vysvětluje příliv a odliv právě pohybem Země kolem své osy, což není správné tvrzení.¹³ Podobně jako Kusánský nebo Oresmus se i Galileo dotkl relativity pohybu.

Po velice dlouhou dobu se astronomové zabývali především děním uvnitř sféry stálic. Snažili se objasnit pohyby planet a hvězdy zůstávaly stranou zájmu. Galileo Galilei si sice povšiml, že dalekohledem je možné pozorovat mnohem více hvězd než pouhým okem, ale velice rychle od pozorování upustil, protože ani s pomocí dalekohledu na nich neshledal nic zajímavého. Je však velmi podivné, že ačkoliv mnozí astronomové, mezi nimi i Tycho Brahe (1546–1601) nebo Johannes Kepler, byli svědky zrození nových hvězd, ani jeden z nich tento jev nijak zvlášť nekomentoval. Jejich zájem se omezil pouze na pokus o změření paralaxy a tedy zjištění, zda objekty patří do sublunární nebo nadlunární sféry. Paralaxu se jim změřit nepodařilo, což znamenalo, že těleso patří do nadlunární sféry. To byl velice převratný fakt, protože v Aristotelově pojetí světa nebyly změny v nadlunární sféře možné. Kepler a Brahe tak poukázali na skutečnost, že Aristotelova fyzika nemusí být tak úplně správná. Samotná podstata hvězd však byla stále ještě věcí neznámou a Kepler s Tychonem si zřejmě nekladli ambice ji osvětlit. Hvězdy se zkrátka na obloze objevovaly, ale také záhadně mizely. Svědkem takového zmizení byl roku 1596 David Fabricius (1564–1617). Johannes Hevelius (1611–1687) jí dal název Mira¹⁴, tedy podivuhodná.

D. Novověk

O rozvoj moderní kosmologie se významně zasloužil Isaac Newton (1643–1727). Jeho myšlenky a především postulování gravitačního zákona byly ve vědě platné až do začátku 20. století. „Vesmír se v Newtonových představách chová jako obří stroj, jehož pravidelné pohyby nastavuje Stvořitel, a jak čas, tak i prostor jsou absolutními projevy všudypřítomného Boha.“ (Coles, 2007. str. 13) Newton roku

¹³ Ve skutečnosti příliv a odliv způsobuje slapová síla Měsíce, kterou doplňuje slapová síla Slunce (slapové síly jsou nepřímo úměrné třetí mocnině vzdálenosti těles).

¹⁴ Hvězda se znovu objevila roku 1603 a roku 1638 se podařilo zjistit periodu změn její jasnosti. Mira patří do kategorie tzv. dlouhoperiodických proměnných hvězd, dnes se jim říká miridy.

1665 objevil metodu, díky níž mohl odvozovat okamžitou rychlost. To umožnilo detailně analyzovat Keplerovy zákony. „Nejprve našel z 3. Keplerova zákona, že v případě kruhového pohybu planet je přitažlivost, kterou na ně Slunce působí, nepřímo úměrnou dvojmoci vzdálenosti. Až potud to byl výsledek, s kterým si vlastně pohrával již Kepler. Ale teprve Newtona napadlo, že přitažlivá síla Slunce by mohla být silou univerzální, působící nejen mezi Sluncem a planetou, nýbrž i mezi Zemí a Měsícem a Zemí a (chcete-li) jablkem. Soudil tedy, že Země nepůsobí přitažlivostí jen na svém povrchu (jak se domníval Galilei), nýbrž že přitahuje i Měsíc, který nespadne k Zemi proto, že odstředivá síla vzniklá obíháním kompenzuje přitažlivou sílu Země.“ (Horský, Plavec, 1962, str. 163) Newton si nebyl jist, zda jsou jeho závěry týkající se gravitačního zákona správné, z toho důvodu dlouho otálel s jejich zveřejněním. Přesvědčilo jej až nadšení jeho přátel. Jeho slavná kniha *Philosophiae naturalis principia mathematica* vyšla až roku 1687. Princip všeobecné přitažlivosti vyřešil i problém vysvětlení přílivu a odlivu, na kterém ztroskotal i Galilei. O Newtonovi se hovořilo jako o člověku, který objevil podstatu světa. Pravda to sice nebyla, ale nesmíme zapomenout, že v 18. století byla sluneční soustava ztotožňována s celým vesmírem a gravitace byla považována za jedinou sílu, která se v něm uplatňuje. Newton ohodnotil svou práci mnohem skromněji, když řekl: „Uviděl-li jsem více nežli jiní, bylo to proto, že jsem stál na ramenou obrů“, čímž myslel své předchůdce Galilea, Koperníka či Keplera. Gravitační zákon nakonec prakticky ověřil Newtonův přítel Edmond Halley (1656–1742), který studoval dráhy komet. Všiml si, že dráha komety z roku 1682 je zhruba stejná jako dráha komet z roku 1607 i 1531. Periodu těchto komet, o kterých se domníval, že se jedná o jednu a tutéž kometu, vypočetl zhruba na 75 let. Částečně zohlednil vliv velkých planet a předpověděl její návrat na rok 1758. Halley zemřel roku 1742 a potvrzení své předpovědi se tedy nedočkal. Kometa nakonec měla jen lehké zpoždění a objevila se poprvé 13. března roku 1759. Dodnes nese jméno Edmunda Halleyho.

Newtonův gravitační zákon byl nadlouho pevný jako skála, zato jeho vesmírný stroj začal skřípat velmi záhy. Jako první jej napadl Gottfried Leibniz (1646–1716), který Newtona obviňoval z toho, že Bohu vtisk do rukou hodiny, které je třeba čas od času natahovat. S tím však Newton nesouhlasil, chápal Boha jako všudypřítomného, který vnímá věci všude kolem sebe. (Koyré, 2004) Nastupující průmyslová revoluce jeho argumenty podpořila. Během ní došlo k objevení zákonů termodynamiky, ze kte-

rych vyplývalo, že žádný stroj nemůže fungovat věčně. Podle některých názorů by vesmír skončil tepelnou smrtí.¹⁵

Ole Christensen Rømer (1644-1710) je další osobnost, kterou je třeba při našem pátrání zmínit. Na základě Cassiniho pozorování zákrytů Jupiterových měsíců se mu podařilo dokázat, že rychlost světla je konečná a jeho hodnotu vypočítal na 190 000 km/s. Konečnost potvrdil v 18. století také James Bradley (1693–1762), který svým pozorováním zjistil, že světelné paprsky se díky oběžnému pohybu Země jeví jako nakloněné. Tento jev se nazývá aberace a takto ji vysvětloval samotný Bradley: „Konečně jsem usoudil, že tento zjev vzniká z postupného pohybu světla a z ročního pohybu Země v její dráze. Neboť jsem si uvědomil, že jestliže se světlo šíří konečnou rychlostí, zdánlivá poloha nějakého nepohyblivého objektu nebude táž, když je oko v klidu, jako když se pohybuje jiným směrem než podél zorné přímky.“ (Horský, Plavec, 1962, str. 193) Rychlost světla¹⁶ nakonec správně určil roku 1878 fyzik Albert Michelson (1852–1931), ale byl to jen vedlejší produkt pátrání po něčem úplně jiném. Vědci v té době objevili úžasné vlastnosti vakua a zjistili, že zvuk se jím nešíří, zatímco světlo ano. To bylo velice zvláštní, takže vědci oživilo starověkou myšlenku o všeobklopující látce¹⁷, ve které by se světlo mohlo šířit. Právě Michelson si kladl za cíl existence této látky (nazýval ji světlonosný éter) potvrdit. Sestrojil k tomuto účelu důmyslný interferometr, přizval dalšího fyzika Edwarda Morleyho (1838–1923), aby mu s experimentem pomohl, ale éter se jim dokázat nepodařilo. Michelson byl svým neúspěchem velmi zklamán. Vypadalo to, že světlo dokázalo projít prostorem prostým jakékoliv látky. Pro nás je však důležitý onen vedlejší produkt, tedy rychlost světla. Díky Rømerovi a Michelsonovi víme, že se ve vesmíru vše šíří konečnou rychlostí, a to bude později velmi důležité.

¹⁵ „Tepelná smrt je hypotetický limitní stav kosmu, kdy se vesmír dostává (za nekonečně dlouhou dobu) do termodynamické rovnováhy. Ve vesmíru v tomto stavu není možný žádný pohyb.“ (Coles, 2007, str. 14)

¹⁶ Rychlost světla je 299 792 458 m/s. (Příhoda, 2000, str. 220)

¹⁷ Nazývali jí *aithér*.

III. Měření vzdáleností ve vesmíru jako klíč k Velkému třesku

Pokud bychom sledovali dějiny astronomie podrobně od samotného počátku, mohli bychom si snadno všimnout, že v očích lidí se vesmír neustále zvětšoval. Měření vzdáleností stálo vždy v centru pozornosti většiny astronomů. S rozvojem měřících přístrojů, ke kterému docházelo v době renesance, se již dosahovalo i mnohem přesnějších výsledků. Měření vzdálenosti a s tím související velikost vesmíru jsou pro teorii Velkého třesku nesmírně důležité. Nesmíme zapomenout, že díky Rømerovi již lidstvo vědělo, že se světlo šíří konečnou rychlostí. Pokud by byli astronomové schopni zjistit alespoň přibližné vzdálenosti některých hvězd a tyto vzdálenosti extrapolovali na celý vesmír, odhalili by tím, že vesmír je mnohem větší, než jak si ho představovali. Pokud tedy člověk měl přijmout myšlenku dynamického vesmíru, je třeba, aby si nejprve uvědomil jeho velikost. Jeden z klíčů, který vede k přijetí teorie Velkého třesku, je třeba hledat v měření vzdáleností ve vesmíru.

A. První představy o rozlehlosti vesmíru

Jak již bylo řečeno, až do této doby představuje naše sluneční soustava zároveň i celý vesmír. Jediný Bruno byl přesvědčen o obrovské rozlehlosti vesmíru a připouštěl i možnost jiných světů obydlených myslícími bytostmi. Po jeho bok se staví vynikající konstruktér dalekohledů a astronom Christian Huyghens (1629–1695). Ten vyslovil domněnku, že hvězdy jsou ve skutečnosti vzdálená slunce a že mnohé světy jsou obydleny. Huyghens vycházel z předpokladu, že hvězda Sirius ve skutečnosti vydává stejné množství světla jako Slunce. Z toho odvodil, že Sirius je 27000 krát dále. „Podcenil sice vzdálenost Siria dvacetkrát, ale získal přece jen dobrou představu o vzdálenostech hvězd a byl tak vlastně prvý, kdo si do jisté míry uvědomil velikou rozlohu vesmíru.“ (Horský, Plavec. 1962, str. 171)

Thomas Wright (1711-1786) zašel ještě o kus dál. Jeho představy šly až za hranice Mléčné dráhy, kterou si představoval jako obrovský disk a věřil i v pohyb hvězd. Domníval se ale také, že „patrně existují jiné mléčné dráhy ve velkých vzdálenostech. Že je to pravděpodobně možné, je do jisté míry zřejmé z četných mlhavých skvrn na obloze, které jsou již mimo naši hvězdnou oblast, tam kde již žádná hvězda nemůže být rozlišitelná.“ (Jáchim, 2003, str. 218) Nazýval tyto objekty Vesmírem nebo také Stvořením. Podle jeho názoru má většina hvězd svou vlastní rodinu planet. I

když galaxie a mlhoviny zahrnul do jedné kategorie, nastínil podstatu naší Galaxie a celého vesmíru.

Jméno Immanuela Kanta (1724–1804) byste mezi astronomy hledali marně. Nepostával soustředěný u žádného dalekohledu ani se neskláněl nad složitými výpočty. Oč menší byl astronom, o to větší byl filosof. A jako správného filosofa jej pochopitelně zajímaly objevy té doby, o kterých v teple domova rozvažoval. Immanuel Kant byl doslova fascinován Isaacem Newtonem a byl prvotřídním znalcem jeho díla. To dokládá i fakt, že Kantova kniha *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* se v zásadě celá opírá o Newtonovu fyziku, jež je odrazovým můstkem k jeho vlastnímu rozvažování. Kant v této knize nejprve hovoří o sluneční soustavě a o tom, jak a z čeho vznikla.¹⁸ Podle jeho názoru Slunce, planety a jejich průvodci vznikly z původního chaosu. Základem je hmota pevného skupenství, která je ale rozprášená. Gravitace spojila tuto hmotu v kulové útvary, které následně začaly zvláštním působením rotovat. Gravitace způsobila i to, že planety obíhají po eliptických drahách ve stejném smyslu, jen s nepatrnými odchylkami. (Kant, 1884)

Kant je přesvědčen, že stejným způsobem vznikly i ostatní hvězdné systémy. Kolem hvězd tedy také obíhají planety a Kant dokonce nevyklučuje ani to, že mohou být obydlené. Podobným způsobem, jen ve větším měřítku, vznikla i naše Mléčná dráha.¹⁹ Zde odkazuje na Wrigtovu knihu *An Original Theory*, kterou sice on sám nečetl, ale setkal se s Wrightovými myšlenkami prostřednictvím recenze, která obsahovala i mnohé citace a vysvětlovala hlavní body jeho díla. O Mléčné dráze se zde hovořilo jako o souboru hvězd, které se pohybují ve stejném směru a příliš se neodchylují od téže roviny. Kant se rozhodl tuto myšlenku dále rozpracovat. „Nyní přistupuji k další části svého systému, a protože skýtá nástin vznešené myšlenky plánu stvoření, jeví se mi jako nejlákavější. Posloupnost úvah, jež nás k ní vedla, je velmi jednoduchá a přirozená. Odvíjí se takto: Představme si systém hvězd shromážděných do společné ro-

¹⁸ Kant se dotknul i problematiky Saturnova prstence. Domnívá se, že ten se sestává z rojů jednotlivých částic, které tvoří koncentrické kruhy. Kantova myšlenka o prstenci by byla o to zajímavější, pokud by se podařilo doložit, že Kant o rozkladu prstence nevěděl. Mezeru mezi prstenci objevil již roku 1675. G. D. Cassini, (dnes hovoříme o tzv. Cassiniho dělení).

¹⁹ Kantova teorie o vzniku hvězdného vesmíru se často nazývá Kantova – Laplaceova. Laplace však konstruuje svou teorii pouze pro planetární soustavu a vychází z myšlenky žhavého plynu, který rotuje, a ochlazováním se od něj odtrhují planety.

viny, jako jsou ty v Mléčné dráze, nicméně nacházející se od nás tak daleko, že ani s dalekohledem nerozlišíme hvězdy, z nichž se skládá. Takový hvězdný svět se bude jevit pozorovateli, který nad ním přemítá z tak ohromné vzdálenosti, jako pouhá slabě zářící skvrnka, zabírající na obloze velmi malé úhlové rozměry; jeho tvar bude kruhový, je-li jeho rovina kolmá na zorný paprsek, a eliptický, bude-li pozorován ze šikma. Matnost světla, jeho tvar a jeho patrný větší průměr bude takový jev na obloze zřetelně odlišovat od izolovaných hvězd v jeho okolí. Nemusíme nějak zvlášť pátrat v záznamech o pozorováních vesmíru, abychom se s takovými jevy setkali. Neboť spatřilo je již vícero astronomů, žasnoucích nad jejich podivným vzhledem.“ (I. Kant, citace u Gribbin, 2002, str. 23-24) Immanuel Kant tím vyjadřuje jasný souhlas s Wrightovou tezí, že mohou existovat i jiné „Mléčné dráhy“, které jsou však natolik vzdálené, že není možné pozorovat jednotlivé hvězdy. Pozorovateli se tak jeví jako mlhavé obláčky kulového nebo eliptického tvaru, pochopitelně v závislosti na tom, z jakého úhlu objekt pozorujeme. Kant si velmi dobře uvědomoval, že ačkoliv již astronomie podobná místa odhalila, převládá prozatím mezi vědci odlišný názor. Věřil však, že si teorie ostrovních vesmírů postupem času vyslouží více pozornosti. (Kant, 1884)

Dejme však znovu slovo samotnému Kantovi, který ještě říká: „Uvažujeme-li o slunečních systémech zase jako o člancích obrovitého řetězce celé přírody, pak zase máme jako dříve důvod představovat si je ve vzájemných vztazích a spojeních. V důsledku zákona prvního tvoření²⁰ ovládajícího celou přírodu, vytvářejí nový, ještě větší systém, který je ovládán ze středu jejich pravidelných poloh přitažlivostí tělesa o větší gravitaci, než byla předchozí... Ale kde konečně dojdeme konce těchto systematických uspořádání? Kde tvoření samo ustane? Zřetelně se ukazuje, máme-li si je představovat ve vztahu k moci nekonečného bytí, že nemůže být žádných hranic...“ (I. Kant citace u Horský, Grygar, Mayer, 1979, str. 393) Kantovy úvahy o stvoření se týkaly výhradně Mléčné dráhy, hvězd a planetárních soustav, nezahrnuje do nich vesmír jako celek. Je tedy velice těžké říci, co si o něm myslel. Vyjadřuje se pouze k prostoru a času, které oba považuje za nekonečné. Stvoření dle jeho názoru nikdy neustává a

²⁰ Vhodnější by bylo užít výrazu stvoření – něm. Schöpfung (poznámka autora práce).

nemá tedy hranice.²¹ Podle Kanta je proces stvoření takových systémů velice pozvolný a může trvat řádově několik století, ale i miliony let, než dosáhne určité dokonalosti.²² Toto stvoření tedy někdy začalo, ale nikdy neustane (Kant, 1884)

Kantova filosofie sice není podložena žádným pozorováním, ale je až pozoruhodně prorocká. A to, že Kantova tvrzení zůstala pro tuto chvíli spíše v rovině filosofické, je nakonec i dobře. Jako astronom by svou teorii těžko dokazoval. Na přelomu 18. a 19. století totiž nebyla problematika rozdílu mezi mlhovinami a galaxiemi stále ještě vyřešena. Jedna strana se zastávala mlhovin, které jsou součástí naší Mléčné dráhy, zatímco druhá strana podporovala myšlenku ostrovních vesmírů podobně jako Kant. Tento spor mohli vyřešit jen astronomové – pozorovatelé a jejich stále se lepšící technika.

B. Hvězdný vývoj podle Williama Herschela

Pozorováním mlhovin se v 18. století astronomové příliš nezabývali. William Herschel (1738-1822) se o astronomii zajímal zprvu spíše amatérsky, ale tento zájem velice rychle přerostl ve vášeň. Herschel si byl velice dobře vědom, že pro dobrá pozorování je zapotřebí kvalitních dalekohledů, takže se směle pustil do jejich konstruování. V této oblasti se stal ve své době opravdovým odborníkem. Jako mnozí jeho kolegové usiloval i Herschel o objevení nějaké nové komety a mlhoviny rozesté po obloze mu práci ztěžovaly, protože bylo možné si je s kometami snadno splést.²³ Roku 1781 se mu kometu skutečně podařilo objevit, ale jak se ukázalo, ve skutečnosti šlo o sedmou planetu naší sluneční soustavy. Dostala jméno Uran. Z Herschela se rázem stal dvorní astronom anglického krále a poslední problém, tedy finance, který stál Herschelovi v cestě k výstavbě ještě větších dalekohledů, byl vyřešen. Herschel se poté zaměřil na mlhoviny. Na rozdíl od Kanta vlastnil výtisk Wrightovy knihy, a tak si ve světle svých pozorování začal pohrávat s myšlenkou jisté změny v pojetí vesmíru.

²¹ Jistou analogii může přinést kniha Teilharda De Chardina – Vesmír a lidstvo. De Chardin připodobňuje je stvoření ke stromu, který se dále větví. Hovořil o něm v souvislosti s organickým světem.

²² Kant se zde vlastně nepřímou vyjadřuje k datování, což byla velmi ožehavá záležitost. Tato Kantova úvaha je velice zajímavá a zasloužila by hlubší rozbor, pro který zde však není prostor.

²³ Messierův katalog mlhovin měl již Herschel k dispozici.

Díky výkonnějším dalekohledům již většina mlhovin nebyla jen rozpitými oblačky, ale bylo jasné, že je tvoří hvězdy. William Herschel začal uvažovat o tom, zda mlhoviny (jako třeba mlhovina v Andromedě) nejsou spíše vzdálené galaxie. Přiklonil se tedy k názoru Immanuela Kanta a dalších, kteří upřednostňovali teorii ostrovních vesmírů. Následný objev podivné hvězdy jeho volbu potvrdil. Nejenže tato hvězda měla poměrně vysokou svítivost, navíc ji obklopoval jakýsi zářivý prsten, který připomínal atmosféru. „Tento objekt ho asi nejvíce inspiroval k vypracování hypotézy o vývoji vesmíru. Domníval se totiž, že vidí galaxii v ne příliš pokročilém stádiu vývoje.“ (Jáchim, 2003, str. 221) Ve skutečnosti pozoroval Herschel planetární mlhovinu²⁴.

U výkladu Herschelových galaxií se musíme zastavit. Herschel si zrození hvězd představoval v horkém plynném oblaku, který se díky gravitaci nejprve rozdělí na několik částí, ze kterých později vzniknou hvězdy. Díky gravitaci a rotaci se oblak dále zplošťuje, až získá tvar disku. Podobně, ale v menším měřítku vznikají také planety okolo sluncí. Herschel chápal galaxii jako vyvíjející se komplex. Vesmír chápal jako věčný, ale uvnitř se jeho části vyvíjely. Byl tu však ještě názor oponentů. Ti se opírali o filosofický názor Pierra-Simona Laplace (1749-1827), který považoval spirálovitě tvarovaná mračna za protosolární soustavy (nové sluneční soustavy s planetami ve fázi svého formování). „Tato teorie (Laplaceova – poznámka autora) se zdála ještě pravděpodobnější, když v roce 1885 zazářila uprostřed mlhavého disku Andromedy nová hvězda (nova) – jako by se právě zrodila nová sluneční soustava. Expozice oblohy brzo odhalily asi 100 000 zářivých vírů mlhovin a postupně byly objevovány stále další. Předpoklad, že každá z těchto spirálovitých mlhovin může být galaxií plnou milionů hvězd, se zdál absurdní“ (Johnson, 2007, str. 67) To už sice Herschel pozorovat nemohl, ale i on si lámal hlavu, jak je možné, že je někde schopen rozpoznat jednotlivé hvězdy a jinde ne. Nakonec tedy přijal kompromisní myšlenku, že mlhoviny jsou planetární soustavy, které vidíme v procesu vzniku – hvězdy a planety, které kondenzují ze smršťujícího se oblaku plynu. Protože byl William Herschel v oblasti astronomie uznávanou kapacitou, na krátký čas tento názor převládl a hlasy obhajující ostrovní

²⁴ Planetární mlhovina – hvězda, o hmotnosti srovnatelné se Sluncem, začíná na konci svého života odvrhovat řídké vnější plynné obaly, které jsou zevnitř ozařovány ultrafialovým zářením horkého jádra hvězdy. Toto záření se v plynné obálce posune do viditelné oblasti spektra a tak vzniká velmi foto-genická mlhovina, která při pohledu menšími dalekohledy připomíná kotouček planety.

vesmíry opět utichly. Pro nás je však v tuto chvíli podstatné především to, že vědci sice ještě nepřipouštějí jakýkoliv vývoj vesmíru jako celku, ale v rámci naší Galaxie dochází k prokazatelným změnám a tyto změny je dokonce možné pozorovat.

C. Stáří vesmíru

Vědci v té době řešili ještě jinou, neméně palčivou otázku. Zajímalo je, jak je stará nejen naše Země, ale vlastně i celý vesmír. Průlomové se stalo až 19. století, kdy dochází k výraznému rozvoji oboru geologie. Řada vědců se v té době přiklonila k myšlenkovému směru, známém jako uniformismus²⁵, který se opíral o geologii a předpokládal naprostou neměnnost přírodních zákonů. Procesy (jako eroze, usazování sedimentů, vulkanická aktivita, zemětřesení), které ovlivňovaly Zemi v minulosti, musejí být přesně týž, jež můžeme pozorovat i v dnešní době, a dokonce probíhají i ve stejné intenzitě. Zastáncem a zároveň i popularizátorem uniformismu byl skotský geolog Charles Lyell (1797- 1875). Lyell byl přesvědčen o tom, že tyto pozvolné procesy jsou zodpovědné za velké změny. (Viz webový odkaz 3) Domníval se také, že bychom měli geologické katastrofy vyloučit ze zodpovědnosti vymírání druhů, které bylo patrné z fosilních pozůstatků. Ve druhém vydání své knihy *Principy geologie* představil nové myšlenky týkající se metamorfních skal. Ty popisovaly změnu hornin v důsledku vysoké teploty ve skalních usazeninách v blízkosti vyvřelých hornin. V třetím díle se pak zabýval paleontologií a stratigrafií. Lyell zdůrazňoval, že starobylost lidského druhu byla daleko za obecně přijímanými představami o minulosti. (Viz webový odkaz 4). I když výpočty stáří Země byly v té době ještě velmi nepřesné, byl to jednoznačný posun kupředu. A právě Lyellova práce pomáhala formovat domněnku, že vesmír by měl být rovněž miliardy let starý.

Lidé již v té době začínali připouštět evoluční změny v přírodě, ale vesmír jako celek stále chápou jako věčný a vše přesahující. Otázkou však zůstává, proč nepředpokládali změny i ve vesmíru? Je možné, že takové uvažování podporuje délka lidské-

²⁵ Byl to předpoklad klasické přírodovědy, který se později stal základním principem moderní geologie. Jeho základní myšlenkou je to, že stejné přírodní zákony a procesy, které fungují ve světě teď, byly platné i v minulosti a je tedy možné je použít kdekoliv. Jeho metodologii můžeme jednoduše shrnout do věty „přítomnost je klíčem k minulosti.“ (Viz webový odkaz 2) V přímé opozici stál katastrofismus, který vycházel z knihy Genesis.

ho života. Náš život je velice krátký a zpravidla neobsáhne ani jedno století. Myšlenkově postihnout byt' jen jedno tisíciletí je pro člověka téměř nemožné a zde by měli lidé pracovat s více než jednou miliardou.

I nadále se astronomové potýkali s problematikou, jak je vesmír velký. K tomu ale bylo třeba změřit paralaxu, což se nakonec podařilo. Historicky první paralaxu planety změřil roku 1672 Giovanni Domenico Cassini (1625–1712). Jednalo se o planetu Mars, která však není pro měření příliš vhodná, neboť má již znatelný kotouček, který znemožňuje stanovení přesného středu. Výsledky sice nebyly nijak přesné, ale přesto to byl úspěch. Astronomové se poté zaměřili na hvězdy. Základnou pomyslného trojúhelníku se stala velká poloosa zemské dráhy, tedy 300 miliónů kilometrů. Tato délka již stačila na to, aby bylo možné měřit paralaxu alespoň bližších hvězd. Prvenství bylo nakonec přiřčeno německému astronomovi Friedrichu Besselovi (1784–1846), který roku 1838 změřil paralaxu hvězdy 61 Cygni²⁶ v souhvězdí Labutě. Díky tomuto měření konečně astronomové zjistili, že naše sluneční soustava je vlastně izolovaná v obrovském a prázdném kosmickém prostoru.

Nepřímým, ale přesto výrazným pomocníkem astronomů v určování vzdáleností ve vesmíru se stala spektroskopie.²⁷ Díky ní bylo možné identifikovat chemické látky obsažené ve zdrojích světla, a bylo tedy jen otázkou času, než některý z astronomů připojí hranol k dalekohledu a pokusí se zjistit, z čeho jsou hvězdy tvořeny. Astronomové však záhy zjistili, že emisní a absorpční čáry nejsou na pozicích, kde by měly být, ale posouvají se buď k červenému, nebo modrému konci spektra. Tento jev vysvětlil roku 1914 Vesto Melvin Slipher (1875–1969) za pomoci Dopplerova jevu. „Pohybuje-li se hvězda směrem k nám, vlny jejího záření jsou stlačené. V důsledku toho se frekvence – počet vln, které se k našemu oku dostanou každou sekundu – zvyšuje. Mozek interpretuje frekvenci jako barvu proto se světlo hvězdy posouvá směrem k modřejšímu konci spektra o vyšších frekvencích. A naopak, pohybuje-li se hvězda směrem od nás, její světlo se protahuje směrem k nízkofrekvenčním červeným vlnovým délkám.“ (Johnson, 2007, str. 68). Slipher zjistil, že hvězdy a především mlhoviny (jak ještě nazýval i galaxie) uhánějí závratnými rychlostmi. To

²⁶ Vzdálenost od Slunce činí 11.4 světelných let.

²⁷ Objev učinili v 50. letech 19. století němečtí vědci Gustav Kirchhoff (1824–1887) a Robert Bunsen (1812–1899).

ovšem stále nevypovídá nic o vzdálenosti hvězdy, ale pouze o rychlosti. Pokud bychom našli takovou hvězdu, u které bychom byli schopni určit její paralaxu, pak bychom s pomocí spektroskopie mohli také lépe odvodit její absolutní magnitudu.²⁸ Teď ovšem bylo třeba nalézt něco jako standardní svíčky, které by ve vesmíru fungovaly jako měřítko vzdáleností.

D. Cefeidové měřítko

Akademické vzdělání žen nebylo na přelomu 19. a 20. století příliš obvyklé. Ženám byla spíše určena role hospodyně v domácnosti než vědecké pracovnice. Věci se však dávaly do pohybu, tak i ženám bylo umožněno získat alespoň částečně vysokoškolské vzdělání. Jednou z těchto ženy byla i Henrietta Swan Leavittová (1868–1921), které v roce 1892 ukončila velice náročné studium na Radcliffe College²⁹ s vysvědčením, které odpovídalo titulu bakalář. Ani tak však nebyly pracovní příležitosti příliš valné. Ženy zpravidla zastávaly takové pozice, které mužům připadaly málo finančně ohodnocené a jedním z takových míst byla i práce počtářky na Harvard College Observatory, kterou od konce sedmdesátých let 19. století řídil Edward Charles Pickering (1846–1919).

Slečna Leavittová, stejně jako její podobně zaměstnané kolegyně, měla za úkol provádět hvězdnou fotometrii, tedy zjišťovat jasnosti hvězd. Později se z pověření Edwarda Pickeringa zaměřila na vyhledávání tzv. proměnných hvězd.³⁰ Pracovní náplní slečny Leavittové bylo vyhledávat proměnné hvězdy, zaměřit její souřadnice a

²⁸ Tzv. magnituda (hvězdná velikost) je fotometrická veličina, používaná v astronomii, která uvádí jasnost objektu (světelného zdroje) na obloze v logaritmické stupnici. Hvězda 100x slabší než jiná hvězda má magnitudu (mag) vyšší přesně o 5 mag. Kromě toho astronomové používají pojmu absolutní magnituda (absolutní hvězdná velikost; Mag). Definujeme ji jako hvězdnou velikost, jakou by měla uvažovaná hvězda při pozorování ze vzdáleností 32,6 světelných let. Vztah mezi absolutní hvězdnou velikostí M a pozorovanou hvězdnou velikostí m je dán rovni $M = m + 5 (1 - \log r)$, kde r je vzdálenost hvězdy v parsecích ($1 \text{ pc} = 3,09 \cdot 10^{13} \text{ km}$). Absolutní hvězdná velikost je tedy mírou zářivého výkonu hvězdy.

²⁹ Radcliffe College spadala pod Harvard University a požadavky na přijetí byly velice náročné. Ženy musely znát klasická díla, hovořit řecky nebo latinsky, prokazovat znalosti matematiky, fyziky, dějepisu a astronomie.

³⁰ Proměnné hvězdy – jde o hvězdy, které mění jasnost – pravidelně nebo nepravidelně. Rozlišujeme pulzující proměnné, eruptivní, zákrytové a rotační proměnné. (Příhoda. 2000, str. 125 - 126)

zjistit změny její jasnosti. Takovéto hvězdy našla také v Malém Magellanově mračnu a to vzbudilo její pozornost a zájem. Její výzkum však byl poznamenán řadou přestávek. „Roku 1908, po šesti letech od chvíle, kdy znovu zahájila svou práci, publikovala úplný výčet 1777 proměnných hvězd v Magellanových mračnech v *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*. Referát o délce dvacet jedna stran obsahoval dvě vyobrazení a patnáct stran tabulek. Téměř jen jako dodatečný nápad vybrala slečna Leavittová šest z těchto hvězd, uspořádala je na zvláštním listu papíru a připsala ke každé její periodu a jasnost. Díky tomu zjistila, že jasnější proměnné mají delší periodu. Protože se ale proměnné hvězdy nalézaly všechny v Magellanových mračnech, musely být zhruba ve stejné vzdálenosti od Země. Pokud by vztah, který zběžně vypočítávala na několika hvězdách, byl pravdivý, bylo by možno stanovit skutečnou jasnost hvězdy z periody, ve které pulzuje. Pak by ji šlo porovnat s její pozorovanou jasností a z toho odhadnout, jak je hvězda daleko.“ (Johnson, 2007, str. 46-47) Vesmírný metr byl na světě, zbývalo jen „změřit“ paralaxu vhodné cefeidy.

Tento triumf nakonec připadl dánskému astronomovi Ejnaru Hertzsprungovi (1873–1967), který využil metody, kterou navrhoval, ale ve své době ještě nemohl použít William Herschel. Objevil, že se celá naše sluneční soustava pohybuje od souhvězdí Holubice k souhvězdí Herkula. Astronomové později změřili tuto rychlost na asi 20 km za sekundu, což je vzdálenost zhruba 48 milionů kilometrů za rok. To už byla dostačující základna pro změření paralaxy některé cefeidy. Ejnar Hertzsprung „využil pohybu Slunce k provedení triangulace vzdálenosti k některým proměnným hvězdám v Mléčné dráze. Pak dal do vztahu rychlost pulzování a vlastní jasnost, provedl extrapolaci³¹ a v časopise s názvem *Astronomische Nachrichten*³² (Astronomické zprávy) oznámil, že vzdálenost Malého Magellanova mračna je asi 30 000³³ světelných let.³⁴“ (Johnson, 2007, str. 62-63)

³¹ Extrapolace označuje nalézání přibližné hodnoty funkce mimo interval známých hodnot (Viz webový odkaz 5).

³² Článek s názvem "*Über die räumliche Verteilung der Veränderlichen vom δ Cephei-Typus*" vyšel v roce 1913 ve 196. čísle na straně 201-210.

³³ Dnes se uvádí vzdálenost Malého Magellanova mračna asi 210 000 světelných let.

³⁴ Světelný rok (ly – light year). Jedná se o jednotku délky používanou v astronomii. 1 ly = 9,46 · 10¹² km (Příhoda. 2000, str. 219).

E. Velká debata

Cefeidové měřítko mohlo konečně pomoci vyřešit odvěký spor o to, zda jsou mlhavé obláčky na obloze mlhoviny náležící naší Galaxii, nebo samostatné ostrovní vesmíry. V roce 1920 se již k teorii ostrovních vesmíru přiklánělo mnohem více vědců než dříve. Připomeňme alespoň některé z nich, například Hebera Curtise (1875–1942), Jamese Jeane (1877–1946), Arthura Eddingtona (1882–1944), Ejnara Hertzsprunga. Proti nim však stála početná skupina neméně významných astronomů, kteří zastávali názor opačný. Byli to kupříkladu Harlow Shapley (1885–1972), George Ellery Hale (1868–1938), Adriaan van Maanen (1884–1946) a další. Obě strany se opíraly o nejnovější výsledky pozorování a těmi zaštitovaly své teorie.

Zastánci ostrovních vesmírů považovali za jasný důkaz měření Vesta Sliphera, který zjistil, že se mlhoviny řítí vesmírem obrovskými rychlostmi. Když se ve spirální mlhovině objevila další nova, byla to už jen třešnička na dortu. „Heber Curtis z Lickovy observatoře v Kalifornii, která byla oporou teorie ostrovních vesmírů, objevil novu uvnitř jiné mlhoviny, a když astronomové prohlíželi staré fotografické desky, našli ještě další. Curtis věřil, že by mohly sloužit jako standardní svíčky. Curtis předpokládal, že novy ve vzdálených mlhovinách pravděpodobně dosahují přibližně stejné intenzity.“ (Johnson, 2007, str. 69) Po provedení patřičných měření se ukázalo, že domnělé mlhoviny jsou ve skutečnosti velice vzdálené, pohybující se galaxie.

Harlow Shapley byl zpočátku také zastáncem teorie ostrovních vesmírů, pak se ale rozhodl pro kalibraci cefeidového měřítka slečny Leavittové. Protože nechtěl ponechat nic náhodě, trvalo mu toto poměřování celých pět let. Udělal si o velikosti a tvaru Mléčné dráhy takový obrázek, že „byl nakonec přinucen dojít k přesvědčení, že Mléčná dráha je mnohem větší, než si kdokoliv odvážil představit – tak velká, věřil Shapley, že musí tvořit celý vesmír, mlhoviny i všechno ostatní.“ (Johnson, 2007, str. 69)

To rozpoutalo ve vědeckých kruzích diskuzi, kterou dnes historie nazývá poněkud nadneseně Velká debata. U jejího zrodu stál George Ellery Hale. Dne 26. 4. 1920 se měl konat každoroční cyklus přednášek pod záštitou Haleova otce a Hale Jr. si umínil, že by bylo více než vhodné věnovat jednu z přednášek nějakému aktuálnímu kosmologickému tématu. Témata se nabízela dvě. Tím prvním byla Einsteinova relativita, druhým debata o ostrovních vesmírech. Hale se nakonec rozhodl pro variantu dru-

hou, přičemž teorii ostrovních vesmírů měl obhajovat skvělý řečník Heber Curtis, teorii mlhovin Harlow Shapley.

Shapley tušil, jaké argumenty hodlá Curtis použít, a protože se hned zpočátku nechtěl dostat do konfliktu, hovořil téměř do jedné třetiny vyhrazeného času o astronomii obecně. To Curtise poněkud zaskočilo, ale jeho překvapení mělo být ještě větší. „Shapley úplně přeskočil cefeidy a popsal zcela nezávislou metodu stanovení velikosti galaxie (a jako samozřejmost směřoval svou přednášku k ostrovním vesmírům).“ (Johnson, 2007, str. 83) Nová metoda vycházela ze vztahu mezi teplotou hvězdy a její vlastní jasností. Když vyhledal vhodné hvězdy, vypočetl, že naše Galaxie má v průměru 300 000 světelných let a naše Slunce se nachází mimo centrální oblast Mléčné dráhy. O cefeidách se nakonec přeci jen zmínil, ale jen okrajově. Curtisova pozice byla značně ztížena, připravil si celou řadu argumentů a najednou neměl co vyvracet. Odradit se však nenechal.

Nejprve zpochybnil Shapleyovy kalibrace cefeidovského měřítka. Poukazoval především na to, že vztah mezi periodou a vlastní jasností možná ani neexistuje. Pokud jsou jeho proměnné hvězdy skutečně méně jasné, pak tedy také leží blíž a Mléčná dráha je ve skutečnosti jen článkem většího souostroví. Zavrhnul také novou metodu, se kterou Shapley přišel. Podle něj se o ní vědělo ještě příliš málo, takže považovat výsledky, které z ní vyplývaly za důkaz podporující teorii mlhovin, by bylo velmi předčasné. Curtis neopomněl zmínit, že spektra některých mlhoviny ukazují, že je tvoří více hvězd, což podporuje ostrovní vesmíry. Pokud by hvězdy v mlhovinách byly skutečně vzdálené, musely by být velmi jasné a to odporuje jednotě zákonů přírody, kterou respektoval i Shapley. Díky novám, které Curtis používal jako standardní svíčky, dospěl ke zjištění, že mlhovina v Andromedě je půl milionu světelných let daleko a jiné mlhoviny leží ještě mnohem dále. Posledním argumentem proti Shapleyově teorii byla otázka, proč nejsou mlhoviny v naší Galaxii rozprostřeny rovnoměrně. Ve směru galaktické roviny v souhvězdí Střelce takové spirály nepozorujeme, což je podle Curtise z toho důvodu, že se díváme do středu naší vlastní Galaxie, která ty ostatní, vzdálené, odstíní. Oba aktéři debaty cítili, že zvítězili, ve skutečnosti se jednalo spíš o pat.

IV. Na dosah Velkého třesku

Slovo čas padlo prozatím jen velmi zřídka, a přesto by mělo v našem pátrání hrát ústřední roli. Lidé již dokázali určit alespoň přibližné vzdálenosti ve vesmíru. Dokážou poměřovat svítivost hvězd, měřit jejich spektra a tedy zjistit jakým směrem a jak rychle se pohybují. Určili rychlost světla a dokázali tak, že i ta je konečná. S časem jsme pracovali jen v souvislosti se Zemí, když jsme hovořili o stanovení jejího stáří. V případě vesmíru padl jen jediný časový údaj – věčnost. Ale náznaků, které nás přivedou k myšlence Velkého třesku, bylo již poměrně dost. Je třeba zabývat se zřetelnými signály.

A. Ukončení Velké debaty

Vlekly spor týkající se galaxií a mlhovin s konečnou platností rozhodl Edwin Hubble (1889–1953). Osobně se zastával spíše teorie ostrovních vesmírů, ale aktivně se debat na toto téma neúčastnil. Byl přesvědčen o tom, že pravda dříve nebo později vyjde najevo. To, že bude strůjcem tohoto odhalení, se však jistě nenadál.

Edwin Hubble se na observatoři Mount Wilson za pomoci 2,5 metrového dalekohledu zabýval pozorováním mlhovin, mimo jiné také mlhovinou v Andromedě. Porovnával aktuální fotografické desky s těmi, které dříve udělal Harlow Shapley a vyhledávala novy. „Jeden z Hubbleových záblesků se ale choval značně odlišně. V průběhu asi jednoho měsíce se světlo rozjasňovalo, zamlžovalo a opět zjasnělo. To byl mnohem důležitější objev, než Hubble očekával. Označil desku VAR – proměnná (variable) a v únoru napsal Shapleymu: Jistě Vás bude zajímat, že jsem našel v Andromedě proměnnou cefeidu. Podle stupnice perioda - světelnost, kterou si Shapley sám zkalibroval – tedy podle Shapleyovy křivky – musela být spirála vzdálená milion světelných let“ (Johnson, 2007, str. 102-103) Teorie ostrovních vesmírů byla definitivně potvrzena a jeden z největších odpůrců Harlow Shapley k tomu významně napomohl. Budiž mu ke cti, že tuto porážku nakonec přijal. Jeho význam to nijak zvlášť nezmenšuje, zvlášť pokud si připomeneme ještě jeden poznatek, který vyplynul z tzv. Velké debaty. Shapley sice považoval naši Galaxii za jedinečnou, ale naše Slunce a celá naše Sluneční soustava nijak jedinečné nebyly. Většina astronomů, včetně těch, kteří zastávali teorii samostatných galaxií, se domnívala, že naše Slunce se nachází blízko galaktického středu. Rozměry Shapleyho Galaxie byly obrovské, takže

se člověk právem mohl cítit malý a zanedbatelný, ale co hůř, Shapley ze svých pozorování správně usoudil, že naše Slunce leží kdesi na periférii Mléčné dráhy. V první čtvrti 20. století se člověk ocitl na bezvýznamné pozici kdesi uvnitř obrovského vesmíru. Hubbleovo ovlivňování světové kosmologie tím zdaleka nekončí, ale než se k němu znovu vrátíme, zmíníme jiného velikána, tentokrát opět z oblasti teoretické fyziky.

B. Albert Einstein (1879–1955) a jeho role ve Velkém třesku

Na počátku 20. století byla Newtonova fyzika stejně nedotknutelná jako Ptolemaiov geocentrický systém ve středověku. Einstein se zpočátku nejevil jako někdo, kdo ji doslova převrátí naruby. V roce 1902 přijal práci úředníka na patentovém úřadě ve švýcarském Bernu. Toto místo přineslo Einsteinovi pravidelný plat a zároveň se mohl věnovat svému koníčku, fyzice. Speciální teorii relativity publikoval jen o tři roky později, tedy roku 1905, ve stejný rok také vydal svoji klíčovou práci týkající se fotoelektrického jevu³⁵ a Brownova pohybu. „Ale důvodem, proč speciální teorie relativity ční nad tyto jeho vlastní práce a práce jeho kolegů v hlavním proudu fyziky, je, že Einstein zcela rozbořil představu času coby absolutní veličiny, času, který všem a všemu ubíhá stejně. Takováto představa je vetkána do newtonovského obrazu světa a drtivá většina z nás ji považuje za tak zřejmou, že stojí mimo jakékoliv dohady.“ (Coles, 2007, str. 23)

Myšlenka relativity nebyla ve vědě ničím novým. Zabývali se jí Kusánský, Oresmus, Galilei i Kant. Ovšem možnosti ověření experimentem byly v té době velmi omezené, takže vše muselo počkat na Einsteina. Einsteinova genialita se projevovala snad nejvíce v jeho myšlenkových experimentech - „*gedanken-experimente*“. Šlo vlastně o jakousi formu hry s určitými modelovými situacemi, které by šly v reálném životě uskutečnit jen velmi obtížně, nebo dokonce vůbec. Pro vědu, fyziku obzvlášť, jsou mnohdy nesmírně důležité.

Představte si dva pozorovatele, budeme jim říkat třeba Karel a Marie. Karel s Marií stojí na peróně u vlaku, se kterým za chvíli Marie odjede i s podivnými světelnými hodinami. Světelné hodiny sestávají ze dvou zrcadel a světla, které „tiká“ mezi nimi. Úkolem Marie a Karla bude měřit čas na těchto hodinách. Karel a Marie se nej-

³⁵ Za vysvětlení fotoelektrického jevu dostal Albert Einstein roku 1921 Nobelovu cenu za fyziku.

prve chtějí ujistit, že hodiny pracují správně. Je vyslán světelný paprsek a jeho odraz od zrcadla zaznamenají Karel a Marie ve stejný okamžik. Zdá se, že je vše v pořádku. Marie poté nastoupí do vlaku a posadí se ke světelným hodinám. Musíme také upozornit, že vlak se musí pohybovat konstantní rychlostí³⁶. Pro Marii, která sedí ve vlaku, je situace stejná. Doba odrazu od zrcadla je stejná jako v předchozím případě. Ale u Karla, který stále stojí na peróně a dívá se na hodiny v jedoucím vlaku, se začnou dít prapodivné věci. Doba odrazu se z jeho pohledu výrazně prodlouží. Světelné hodiny jdou náhle pomaleji než předtím. Když tento vztah zobecníme, tak hodiny, které se vzhledem k pozorovateli pohybují, jdou pomaleji než hodiny, které jsou vzhledem k pozorovateli v klidu. Tento příklad nám ukazuje dvě věci: za prvé pojem současnosti je relativní, za druhé dochází k tzv. dilataci času (tedy pohybující se hodiny se zpomalují)³⁷. Tento experiment vyplývá ze speciální teorie relativity, která je sice pozoruhodná, ale bohužel „je neúplná, protože se zabývá tělesy, které se vzhledem k sobě pohybují výhradně konstantními rychlostmi. Speciální relativita je přitom omezena na takzvané inerciální pohyby, což jsou například pohyby částic, na které nepůsobí žádná vnější síla. Speciální relativita proto nemůže popsat žádné zrychlené pohyby a hlavně není schopna se vypořádat s pohybem způsobeným gravitací.“ (Coles, 2007, str. 25) Einstein musel svoji teorii vylepšit, lépe řečeno rozšířit a zahrnout do ní i gravitaci. To se mu podařilo v obecné teorii relativity.

V Newtonově gravitační teorii jsou všechny – setrvačná, aktivní a pasivní – gravitační hmotnosti rovnocenné. Einstein z tohoto odvodil princip ekvivalence: tedy, že všechny volně padající laboratoře kdekoliv ve světě budou rovnocenné a bude možné v nich provádět všechny fyzikální experimenty. „To v podstatě znamená, že člověk může gravitaci odstranit ze seznamu samostatných přírodních sil a na místo toho ji považovat za důsledek pohybu mezi zrychleně se pohybujícími vztažnými soustavami.“ (Coles, 2007, str. 26) Opět je třeba si to předvést na malém myšlenkovém experimentu.

Představte si výtah, ve kterém je umístěna fyzikální laboratoř. U stropu laboratoře visí pružina se závažím. Když je výtah v klidu, pružina se vlivem gravitačního

³⁶ Rychlost vlaku musí být stálá a bude vhodné, když bude alespoň v řádech desítek procent rychlosti světla.

³⁷ Ještě je třeba dodat, že dochází také ke kontrakci délek – tedy pohybující se pravitko bude kratší.

působení natáhne směrem k podlaze. Ted' ale necháme výtah volně padat směrem dolů. Co se stane? Tím, jak se výtah pohybuje volným pádem, se zdánlivě zruší účinky gravitace a pružina se vůbec nenatáhne. Podobného výsledku ale dosáhneme, i pokud vyneseme naši laboratoř daleko do vesmíru. Zpočátku by pružina zůstala nenatažená, ale jakmile by se laboratoř dala do pohybu, pružina by se natáhla proti směru tohoto pohybu. Einstein si tedy uvědomil, že by oba efekty byly stejné a naprosto nerozlišitelné. Nyní již zbývalo jediné, vše řádně propočítat, což zabralo Einsteinovi neuvěřitelných deset let. Údiv však není na místě, protože pokud jsou výpočty vztahující se k Newtonově teorii gravitace značně složité, tak v případě obecné teorie relativity jsou doslova děsivé. Musí zde totiž být zahrnuta nejen relativita, ale i dilatace času, kontrakce délek, prostor se přestává chovat normálně a na místo toho se zakřivuje.

Abychom si zakřivení mohli lépe představit, použijeme opět naši laboratoř. Na stěnu laboratoře připevníme laser. Pokud se laboratoř nepohybuje, tak paprsek dopadne přesně naproti. Pokud ale bude laboratoř zrychlovat, tak bude vyslaný paprsek z pohledu vnějšího pozorovatele opět rovný. Ovšem z pohledu pozorovatele, který je uvnitř, se paprsek ohne směrem dolů. To je důsledek relativity. O problémech křivosti prostoru se dobře uvažuje, pokud hovoříme o dvou rozměrech, ale my žijeme ve světě se třemi rozměry a to je tu ještě rozměr čtvrtý, kterým je čas. Einstein s představivostí potíže neměl, ale uvědomoval si, že pokud má jeho teorie obstát a navíc nahradit nedotknutelnou Newtonovu fyziku, musí být také potvrzena. Důkazy musí být hodnověrné, musí jich být víc a měly by se dát zopakovat. Einsteinovi se to podařilo beze zbytku. Prvním důkazem bylo stáčení perihélia³⁸ Merkuru, které sice bylo známé, ale až Einsteinova teorie jej mohla uspokojivě vysvětlit. Podle Einsteina toto stáčení způsobuje silné gravitační působení Slunce. Další, snad ještě jasnější důkaz se podařilo získat 7. listopadu 1919 během úplného zatmění Slunce. Einstein předpokládal, že světlo hvězd by se v blízkosti slunečního disku mělo v důsledku gravitace zakřivit. Jak to ale ověřit, když sluneční svit je mnohonásobně silnější než světlo hvězd? Tuto možnost nabízelo právě úplné zatmění Slunce. Astronomové se vydali na různá místa planety, kde bylo možné zatmění pozorovat, a pořizovali fotografické desky hvězdné-

³⁸ Perihélium – česky přísluní. Planety obíhají okolo Slunce po eliptických drahách. Slunce neleží ve středu těchto drah, nýbrž v jednom z ohnisek. Planeta se při svém oběhu dostává nejbliže ke Slunci v tzv. přísluní nebo nejdále v tzv. odsluní (aféliu).

ho pozadí a naměřené hodnoty pečlivě zaznamenali. Později pořídili jiný snímek, kdy už zatmění skončilo a opět zaznamenali souřadnice pozorované hvězdy. Ukázalo, že hvězda se během zatmění promítá do jiné části oblohy, tedy že se její světlo zakřivuje. Zbývalo už jen zjistit, jak nové poznatky uplatnit ve vysvětlení chování celého kosmu.

Einstein byl teoretickým fyzikem a k úvahám v oblasti astronomie se necítil kompetentní. V roce 1915, kdy publikoval svoji obecnou teorii relativity, se astronomové stále ještě dohadovali, zda je naše Mléčná dráha jedinečná, a tedy v podstatě celým vesmírem, nebo je jedním z objektů roztroušených ve vesmíru. Druhá varianta byla z Einsteinova hlediska lepší v tom, že umožňovala hrubý popis, ve kterém Mléčná dráha a ostatní galaxie jsou jen odchylkami v jinak z velké části hladkém rozložení hmoty. Einstein měl rovněž filosofické důvody k tomu, aby na velkých měřítkách preferoval hladkost. Tyto důvody pramenily z tzv. Machova principu³⁹, který říká, že setrvačnost těles je způsobena gravitačním působením okolní, ale i vzdálené hmoty. Einstein si uvědomil, že pokud je vesmír všude stejný, může za tohoto předpokladu definovat rozložení hmoty jako zvláštní vztažnou soustavu, která umožní vypořádat se s účinky gravitace. Einstein tedy popisoval vesmír jako homogenní – tj. stejný v každém místě a izotropní – tj. vypadá stejně v každém směru. Tyto dva předpoklady popisujeme jako kosmologický princip. Einstein konečně mohl začít konstruovat matematické modely vesmíru.

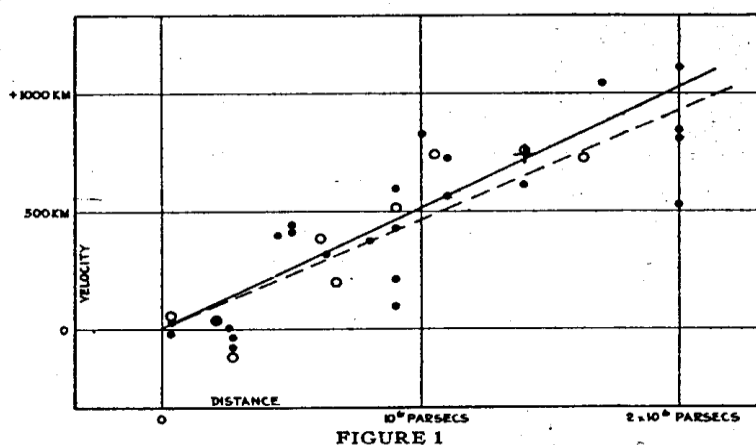
Narazil ale na další překážku. Aby řešení jeho rovnic odpovídalo kosmologickému principu, musel by být časoprostor nutně dynamický. Toto již částečně vyplývalo z Newtonovy fyziky, ale obecná teorie tuto nestabilitu ještě zdůraznila. Pokud se vesmír skládá z nějakých částic, které na sebe gravitačně působí, je jasné, že celý systém by měl vést buď ke smršťování, nebo naopak k rozpínání. Stabilní stav se jevil sice jako velice elegantní, ale na druhou stranu velmi nepravděpodobný. Zde Einstein zaváhal, což částečně vyplývalo z jeho nedostatečné znalosti astronomie. Nebyl si jistý, zde se hvězdy pohybují, či ne, proto se raději zeptal astronomů. Otázku nepoložil příliš šťastně, a tak se mu dostalo záporné odpovědi. V průměru se hvězdy od Slunce

³⁹ Ernst Mach (1838–1916) se narodil v Chrlčích. Do roku 1895 byl profesorem a rektorem na německé UK v Praze. Silně ovlivnil Einsteinovy myšlenky a velice tím pomohl k formování obecné teorie relativity. Je velká škoda, že samotnou teorii nakonec neuznal. Byl v té době již velmi stár a dá se říci, že ji vlastně nepochopil.

ani nevzdalují, ani nepřibližují. Tohle sice platí, ale pouze v rámci naší Galaxie. Einstein si tedy svoje vlastní vzorce a výpočty upravil kosmologickou konstantou, která dynamiku vesmíru elegantně vyrovnala. Svůj model vesmíru publikoval roku 1917. Kosmologickou konstantu Einstein od začátku považoval za jizvu na tváři své krásné teorie, ale vědecká komunita ji okamžitě přijala za svou. Aby také ne, když dominantním filosofickým názorem byl vesmír statický. To se ale mělo velmi rychle změnit, a tak opustíme Einsteina a jeho modely a vrátíme se zpět k Hubbleovi.

C. Rozpínání vesmíru

Již jsme zmiňovali, že spektroskopie se postupem času stala významným pomocníkem v astronomii. Hubble se dozvěděl o jejích výhodách a uvědomil si, že červený posuv by mohl být nápomocný při měření vzdáleností ve vesmíru. Rozhodl se navázat na práci Vesta Sliphera a pověřil svého asistenta Milтона Humasona (1891–1972) změřením spekter vzdálených galaxií. Humason své pozorování zahájil velmi vzdálenou galaxií a pořídil její spektrum. Jak Hubble předem očekával, zaměřil červený posuv. Byl ale tak extrémní, že to předčilo veškerá Hubbleova očekávání. Další poměřování se rozeběhlo na plné obrátky. Své výsledky shrnul roku 1929 do vztahu, který dnes známe jako Hubbleův zákon. „Ten říká, že zdánlivá rychlost v galaxie vzdalující se od pozorovatele je přímo úměrná její vzdálenosti d . Hubbleův zákon v podstatě říká, že galaxie nacházející se ve dvojnásobné vzdálenosti od pozorovatele se od něj vzdalují dvakrát rychleji. Ty, které jsou vzdálené trojnásobně, se pohybují vzhledem k pozorovateli trojnásobnou rychlostí.“ (Coles, 2007, str. 50) Hubble výsledky svých pozorování zaznamenal do grafu (viz obrázek č. 1) a celý zákon podobně jako Slipher vysvětloval za pomoci Dopplerova jevu.



Obrázek 1: Hubbleův diagram závislosti rychlosti vzdalování a vzdálenosti

Ukázalo se, že u vzdálenějších galaxií bylo možné naměřit větší posuv než u těch bližších. Takto vznikl i známý lineární vztah, i když proložit přímkou tímto grafem, je jak vidno ještě poměrně obtížné. „Třebaže se na Hubbleův zákon dnes díváme jako na důkaz expanze kosmu, Hubble sám nikdy své výsledky takto neinterpretoval.“ (Coles, 2007, str. 53) Přitom myšlenka vesmíru, který expanduje, se objevila již o pár let dříve.

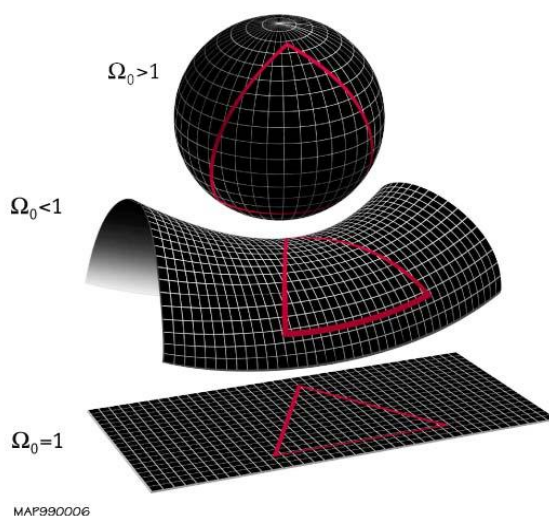
V. Zrození teorie Velkého třesku

Myšlenka Velkého třesku se po celou dobu našeho pátrání objevuje v četných názncích, ale prozatím ji nikdo jednoznačně neformuloval. Na prahu této teorie zůstali stát takoví velikáni fyziky a astronomie, jakým je třeba Albert Einstein či Edwin Hubble. Pomyslné dveře se však zdráhali otevřít. Einsteinovi nebyla, zdá se, myšlenka dynamického vesmíru prozatím sympatická, navíc nebyl astronom a už vůbec ne pozorovatel. Musel tedy vystačit s výsledky jiných, ale těch nebylo v době formulování obecné teorii relativity dost. Edwin Hubble naproti tomu pozorovatel byl, měl dokonce i poměrně jasný důkaz expanze vesmíru, ale zase ho nepřitahovala kosmologie. Domníval se, že s tím, co vypožoroval, by se měli vypořádat teoretičtí fyzici. Drtivá většina astronomů a fyziků byla přesvědčena, že vesmír je statický, a takový názor není právě jednoduché prolomit. Dynamický vesmír zkrátka odporoval filosofickému předsvědčení, a z toho důvodu se ani nevyzdvihovaly argumenty, které by jej podpořily. Možná, kdyby se Hubble a Einstein sešli u jednoho stolu, model Velkého třesku by vytvořili mnohem dříve. Oni se sice sešli, ale to už byla teorie na světě. Pojďme se tedy podívat, kdo stál u zrodu této radikální myšlenky.

A. Tvůrci Velkého třesku

Einsteinova obecná teorie relativity inspirovala neznámého ruského vědce, matematika Alexandra Friedmana (1888–1925). Friedmanovy modely řeší Einsteinovy rovnice tak, že se obejdou bez kosmologické konstanty a plně vyhovují kosmologickému principu, ovšem předpokládají dynamický vesmír. Čas a prostor nabývají v Einsteinově teorii relativity zvláštní povahy, nejde je od sebe oddělit a od té doby také hovoříme o komplikovanějším čtyřrozměrném časoprostoru. Aby byl zachován kosmologický princip, pak musíme o čase uvažovat zvláštním způsobem. „Jestliže je hustota vesmíru všude stejná (což musí být, jel-li vesmír homogenní), potom samotná hmotnostní hustota definuje jakýsi typ hodin. Jestliže se vesmír rozpíná, pak se prostor mezi částicemi zvětšuje a hustota hmoty zákonitě klesá. Čím více času uplyne, o to víc klesne hustota. Pozorovatelé kdekoliv ve vesmíru si mohou nastavit hodinky podle lokální hustoty hmoty, takže všechny hodiny budou perfektně synchronizova-

né.“ (Coles, 2007, str. 43) Kosmologický princip pak také zjednodušuje zakřivování prostoru. Friedman pracoval se třemi verzemi zakřivení.⁴⁰ (obrázek č. 2)



Obrázek 2: Zakřivení prostoru: uzavřený (nahore), otevřený (uprostřed), plochý (dole) vesmír

Pokud je hustota hmoty ve vesmíru vysoká, tak v kosmu převládají gravitační efekty a vesmír se zakřivuje do sebe. Říkáme, že vesmír je uzavřený. Pokud bychom v takovém vesmíru vyslali dva rovnoběžné světelné signály, tak by se nakonec ve velkých vzdálenostech potkaly. Uzavřený vesmír je konečný, tedy jednoho dne se na místo rozpínání, začne smršťovat do sebe. Druhou variantou je vesmír otevřený. Vyslané světelné paprsky se nikdy nepotkají, naopak vzdálenost mezi nimi se zvětšuje. Expanze se nikdy nezastaví. Gravitační síly zde naopak prohrávají. Poslední variantou (možná jsme měli říci první) je vesmír plochý. Existuje v něm přesná rovnováha mezi expanzí a gravitačními silami, platí zde Euklidovy zákony geometrie. „Právě o Friedmanovy modely se z velké míry opírá moderní teorie Velkého třesku. Tyto modely ale rovněž skrývají klíč k jeho největší slabině. Použijeme-li totiž výpočty z Friedmanových modelů k tomu, abychom expanzi vesmíru v čase otočili, zjistíme, že hustota hmoty ve vesmíru začne stoupat tím víc, čím hlouběji se vracíme do minulos-

⁴⁰ Musí však platit, že zakřivení prostoru je stejné v každém bodě.

ti. Pokusíme-li se dostat zpět v čase příliš daleko, matematika se nám rozpadne v singularitě.“⁴¹ (Coles, 2007, str. 46)

Bohužel Friedman byl v jistém ohledu izolovaným vědcem. Svoji práci publikoval roku 1922, tedy v době, kdy vznikl Sovětský svaz a celá země se zmítala v občanských nepokojích. Alexander Friedman zemřel roku 1925, tedy o tři roky později, co publikoval svoji teorii. Zemřel mladý, ve věku pouhých 37 let, a neuznaný. Evropská věda jeho dílo téměř neznala. Vypadalo to, že myšlenka Alexandra Friedmana upadne v zapomnění, ale zde se nejlépe ukazuje, že pro některé věci (pro ty radikálnější to platí především) musí čas dozrát. Nezávisle na Friedmanovi vypracoval totiž podivuhodně podobnou teorii belgický kněz monseigneur Georges Lemaître (1894–1966), který nebyl jen teologem, ale také vynikajícím matematikem. Poté, co byl vysvěcen na kněze, začal studovat astronomii na univerzitě v Cambridgi. Setkal se tam jak s Arthurem Eddingtonem, tak Harlowem Shapleyem, což mělo na jeho pozdější utváření myšlenek zásadní vliv. Díky těmto dvěma pánům se setkal s moderní kosmologií. S oblibou říkával, že práce matematika a teologa si nijak neodporují, on sám obě své životní dráhy striktně odděloval. Jeho neodmyslitelný kolárek však na vědeckých konziliích budil vždy patřičnou pozornost.

Po svém návratu do Belgie začal příležitostně přednášet na univerzitě v Leuvenu, kde sám předtím studoval. Zde také začal roku vypracovávat svůj vlastní model vesmíru. Lemaître své výpočty odvozoval z Einsteinovy obecné teorie relativity (kosmologickou konstantu podobně jako Friedman vynechal), ale nově také z Hubbleova zákona. Pilířem jeho modelu pak byla myšlenka, že vesmír vznikl z prvotního atomu a od té doby se stále rozpíná. Přirovnával ho ke kosmickému vejci, které v okamžiku stvoření explodovalo. Velký třesk spatřil světlo světa. Naneštěstí Lemaîtreův článek vyšel roku 1927 v neznámém belgickém časopise, navíc ve francouzštině, takže zpočátku nevyvolal téměř žádný ohlas. Vědci jej vzali na vědomí až v okamžiku, kdy byl článek za laskavé pomoci sira Eddingtona publikován anglicky ve vlivnějším časopise *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. To bylo až roku 1931. Vzbudil však spíš negativní reakce. Samotnému Eddingtonovi připadala před-

⁴¹ Singularita v matematice je patologickým jevem, kdy se číselné hodnoty stávají nekonečnými. Zpravidla je to výjimečný bod, v němž funkce není definována nebo nemá řešení, derivaci apod. (Barrow, 2007)

stava kosmického vejce ošklivá, ještě horší reakce vyvolala u Alberta Einsteina. Ten myšlenku expandujícího vesmíru kategoricky odmítl a samotnému Lemaîtremu tehdy řekl: „Vaše matematika je správná, ale Vaše fyzika je ohavná.“ Einstein se domníval, že takto by reálná fyzika nefungovala. Lemaîtreův model vesmíru měl prozatím více odpůrců než zastánců.

Einstein myšlenku expandujícího vesmíru přijal až s ohledem na Hubbleova pozorování. Friedmanovu a Lemaîtreho práci uznal a kosmologickou konstantu odmítl odhadnout s tím, že budoucí dokonalejší technika ji umožní určit empiricky, přičemž její hodnota pravděpodobně souvisí se samotnou strukturou prostoročasu. „Když Einstein navštívil v roce 1931 Pasadenu, řekl Hubbleově manželce, že práce jejího muže je nádherná, a veřejně uznal, že jeho dřívější přesvědčení o statickém vesmíru bylo chybné.“ (Johnson, 2007, str. 117) Měla to být vlastně i omluva Lemaîtreovi. Ale nemysleme si, že všechno šlo zdaleka tak hladce, pořád tu byli ještě vědci, kteří tvrdošjně popírali expandující vesmír a o teorii, která jej popisovala, se vyjadřovali s veškerým despektem.

B. Odpůrci Velkého třesku a jejich argumenty

Ne každý byl ochoten dynamický vesmír připustit, a tak teorie Velkého třesku od začátku čelila mnoha odpůrcům. Ti v první řadě poukazovali na její četné nedostatky, na straně druhé přicházeli s vlastními interpretacemi modelu vesmíru. Zastánci Velkého třesku se museli s těmito odpůrci vypořádat, ale dříve, než k tomu dojde, pojďme si tyto odpůrce, kteří ještě sehrají důležitou úlohu, představit.

Tím nejvýraznějším odpůrcem byl bezesporu Fred Hoyle (1915–2001), který dal celé teorii název Velký třesk.⁴² O osm let později to však byl právě Hoyle se svými spolupracovníky, kdo paradoxně odstranili jednu z hlavních překážek, která proti teorii Velkého třesku stála. Samotný Fred Hoyle zastával model ustáleného vesmíru, který zdokonalil společně s Thomasem Goldem (1920–2004), Hermannem Bondim (1919–2005) a Jayantem Narlikarem (1938). Podle jejich verze se vesmír sice rozpíná, ale má pořád tytéž vlastnosti. „Jde o zobecnění kosmologického principu, podle kterého je vesmír homogenním a izotropním v prostoru – zde však přibývá ještě ho-

⁴² Tento výraz poprvé použil Fred Hoyle ve vysílání stanice BBC, kam byl roku 1949 pozván. Ačkoliv byl míněn posměšně, velice záhy se vžil a to nejen mezi odpůrci.

mogenita vzhledem k času. Jelikož všechny veličiny kosmologie ustáleného stavu musí být konstantní, i rychlost expanze tohoto modelu je neměnná.“ (Coles, 2007. str. 69) Hoyle se vypořádává i s eventuálním poklesem hustoty ve svém modelu. K tomu ve skutečnosti nedochází, protože se v prostoru neustále vytváří hmota nová. Sám tento proces nazývá „neustálé vytváření“.⁴³ Je však třeba zdůraznit, že se toto utváření v laboratoři nikdy nepodařilo pozorovat, což jeho verzi příliš nenahrává. Přesto tento model vesmíru přijala celá řada teoretiků, protože jej lze celkem snadno otestovat. Pokud by se ukázalo, že vesmír byl dříve jiný, než je teď, tak by tento model okamžitě padl. Pozorovatelé se proto snažili zjistit, zda jsou vzdálené galaxie jiné než ty bližší. Nic takového se však neprokázalo.

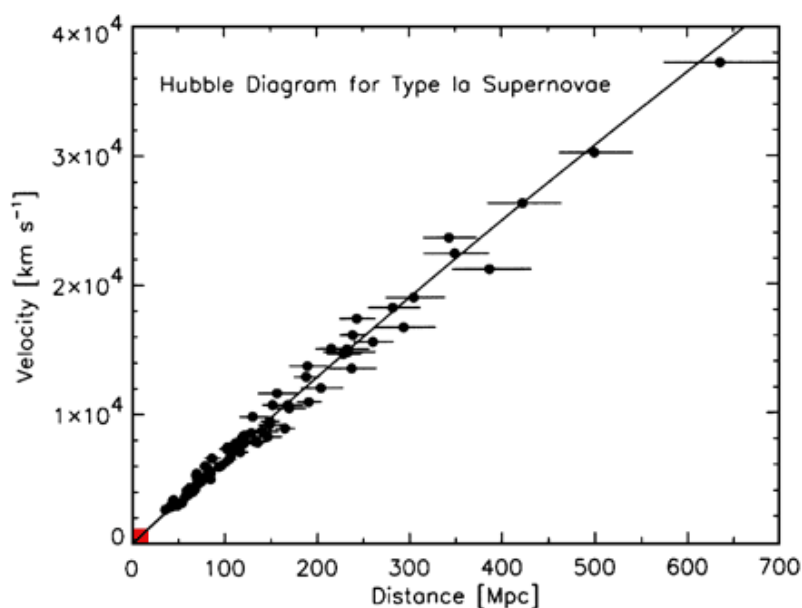
Za odpůrce expandujícího vesmíru můžeme považovat i poněkud excentrického Fritze Zwickyho⁴⁴ (1898 -1974). Tento švýcarský astrofyzik a astronom je přesto právem považován za vědeckého génia. Když Hubble objevil vztah mezi vzdáleností a rychlostí galaxií, přišel s vlastní domněnkou. Ta je dnes známá jako domněnka unaveného světla a tvrdí, že světlo má jednu zvláštní vlastnost: čím dále se pohybuje, tím se jeho vlny protahují a jejich intenzita klesá k červenému konci spektra. Fotony v důsledku gravitačních polí postupně ztrácejí svoji energii. Tuto teorii se sice nepodařilo potvrdit, ale bude dobré se u Fritze Zwickyho ještě na chvíli zastavit.

Postupem času již přestalo být cefeidové měřítko Henrietty Swan Leavittové dostačující, a tak bylo třeba zaměřit se ve vesmíru na takové objekty, které by mohly zastávat roli standardních svíček. O objev těchto objektů se významně zasloužil právě Fritz Zwicky. V roce 1934 společně se svým kolegou Waltrem Baadem (1893–1960) vymyslel výraz supernova. Za supernovy považoval Fritz Zwicky ty hvězdy, u kterých dojde k mohutné explozi a které se v době této exploze vyznačují extrémní svítivostí. Domníval se například, že Tycho Brahe pozoroval v roce 1572 právě supernovu. Supernovy jsou kolabující hvězdy na konci svého vývoje, přičemž kolaps může být tak

⁴³ Jedná se původně o teologický pojem – *creatio continuo*.

⁴⁴ Zwicky byl velice svérázná osobnost a vyjít s ním bylo velice obtížné. O svých studentech, ale i některých kolezích se vyjadřoval velice neurvale, čímž si vytvořil celou řadu nepřátel.

silný, že se z hvězdy stane tzv. neutronová hvězda.⁴⁵ Jak se později zjistilo, mechanismy způsobující vznik supernov mohou být různé. Supernova typu Ia shromažďuje hmotu od svého hvězdného průvodce tak dlouho, až dojde k explozi. Tento typ supernov uvolňuje nejvíc energie ze všech dosud známých tříd supernov. Protože je přesně znám typ a hmotnost hvězdy, ze které se může vyvinout supernova typu Ia, používají se dnes tyto objekty jako standardní svíčky. Připomeňme, že astronomové byli do té doby schopni přesněji určit pouze vzdálenost cefeid v rámci naší vlastní Galaxie; změřit cefeidy v jiných galaxiích možné nebylo, proto se využívalo metody extrapolace, která však přináší jen přibližné hodnoty. Tohoto typu supernov následně využil jiný astronom Allan Sandage (1926) pro aktualizaci původního Hubbleova diagramu rudých posuvů (viz. obrázek 3) a ihned odhalil, proč bylo pro Hubblea tolik obtížné proložit svým grafem tolik žádanou přímkou.



Obrázek 3: Hubblův diagram vzdáleností aktualizovaný Allanem Sandagem. Původní diagram se nachází v červeně označeném čtverci. Příмка, určující vztah mezi rychlostí vzdalování a vzdáleností je nyní jasně patrná.

⁴⁵ Neutronová hvězda – gravitačně zhroucené objekty, pozůstatky po explozi supernov. Většinu jejich objemu vyplňují degenerovaný neutronový plyn. Jednotlivé vrstvy hvězdy jsou plynné, supratekuté i pevné, ovšem stlačené do vysokých hustot. (Příhoda. 2000, str. 171-172)

C. Otazníky Velkého třesku

Okolo teorie Velkého třesku vystávala celá řada otazníků, na které zastánci nedokázali dát jednoznačnou odpověď. Nejdůležitější problémy se týkaly vysvětlení zastoupení těžších prvků ve vesmíru a dále bylo třeba nalézt nějakou stopu po onom impozantním výbuchu. A právě zodpovězení a nalezení odpovědí na tyto otázky patří k nejnápadnějším příběhům v dějinách astronomie. Podívejme se nejprve na první otazník, který se týkal těžkých prvků.

V podmínkách, jaké panovaly krátce po Velkém třesku, nemohly tak snadno vzniknout prvky těžší než vodík a hélium.⁴⁶ Odpůrci Velkého třesku na tento problém pochopitelně poukazovali, ovšem pravda je taková, že ani model statického vesmíru žádnou odpověď nenabízel. Obě strany tedy měly zájem na tom, aby tento problém vyřešily. Prozatím to však vypadalo, že model Velkého třesku má v tomto ohledu o něco méně výhodnou pozici než model statického vesmíru. Je velkým paradoxem, že největší podíl na objasnění procesů, které se odehrávaly ve vesmíru, které umožnily vznik těžších prvků a v konečném důsledku tak podpořily model Velkého třesku, měl jeho největší odpůrce, Fred Hoyle.

V roce 1925 upozornila Cecilia Payneová (1900–1979) ve své doktorské práci na skutečnost, že lehké prvky jsou ve Slunci a obřích planetách zastoupeny až z 98 %. Na Zemi jsou naopak tyto prvky díky své nestálosti poměrně vzácné. To bylo velice závažné zjištění, ale sama Payneová svůj objev poněkud zpochybnila, když čtenáře upozornila na to, že „odhadované množství vodíku a helia je nepravděpodobně vysoké a téměř jistě nereálné.“ (Rees, 2002, str. 69) Skutečným průkopníkem v poznávání vnitřní struktury hvězd a procesů uvnitř nich byl právě Fred Hoyle. Ten sám nejenže dostatečně dobře pochopil základní jaderné procesy ve hvězdách, „co však bylo důležitější, dokázal nadchnout ostatní vědce, zejména pak jaderného fyzika Williama Fowlera (1911–1995), v jehož laboratoři na Kalifornském technologickém institutu bylo provedeno mnoho zásadních experimentů k objasnění specifických reakcí. Klíčové procesy stelární nukleogeneze byly v roce 1957 sjednoceny v obsáhlém dokumentu, na němž Hoyle a Fowler spolupracovali s astronomy Geoffreyem (1925) a Marga-

⁴⁶ Tento fakt vlastně popíral něco, co ve skutečném světě existuje. Bylo tedy jasné, že ve vesmíru musely být v určité chvíli takové podmínky, které vznik těžších prvků umožnily.

ret (1919) Burbridgeovými (Toto klasické pojednání bývá nazýváno B²FH podle iniciál jeho čtyř autorů)“ (Rees, 2002, str. 53-54) Při této příležitosti si dovoluji ještě upozornit na fakt, že všichni čtyři autoři této vynikající práce byli odpůrci Velkého třesku. Jejich práce má pro podporu této teorie velice zásadní význam. Hoyle a jeho spolupracovníci tím poukázali na skutečnost, že metalické prvky⁴⁷ vznikly až po Velkém třesku, a nikoliv v jeho průběhu, jak se domníval jeho zastánce George Gamow (1904–1968). Práce Freda Hoyle a jeho spolupracovníku byla potvrzena i na základě pozorování velmi starých a naopak mladých hvězd, kdy se ukázalo, že těžší prvky jsou v mladých hvězdách zastoupeny mnohem významněji než v těch velmi starých. Vesmír se vlastně těžšími prvky postupně kontaminoval.

George Gamow (1904–1968), zastánce Velkého třesku, byl touto skutečností velice zklamán. Domníval se totiž, že veškeré prvky ve vesmíru, tedy i ty těžší, vznikly během Velkého třesku. On sám tuto „polévku“ nazýval *ylem*. Gamowův význam je přesto velký, protože to byl právě on, kdo pomohl objasnit vznik nejproblémovějšího prvku v celém procesu – helia. Ukázalo se totiž, že procentuální zastoupení helia je ve skutečnosti opravdu vyšší, než by mělo, tudíž bylo nutné zjistit, jak je to možné. A o to se pokusili již ve čtyřicátých letech právě George Gamow a Ralph Alpher (1921–2007). Navrhli model, podle kterého došlo ve vesmíru k nukleosyntéze. Zprvu se protony a neutrony vzájemně neustále přeměňují prostřednictvím slabé jaderné interakce. Dokud tyto interakce probíhají dostatečně rychle, je poměr protonů a neutronů stejný. Pokud ale nastanou podmínky, že jaderná interakce již nestačí udržovat tuto rovnováhu, tak na jeden neutron připadá zhruba šest protonů. Než ale vznikne samotné helium, je nutné, aby nejprve vzniklo deuterium, které se však snadno narušuje zářením. Pokud je vesmír velmi horký, tak deuterium zanikne téměř okamžitě. „Když teplota záření klesne pod miliardu stupňů, záření již nestačí deuterium štěpit. To přežívá dostatečně dlouho, aby se zúčastnilo dalších reakcí. Dvě jádra deuteria se mohou spolu spojit a vytvořit helium 3, přičemž dojde k vyvrstvení neutronu. Helium 3 může zachytit jádro deuteria, vytvořit helium 4 a vystřelit proton. Tyto dvě reakce se odehrávají velmi rychle a výsledkem je, že prakticky všechny neutrony zakotví v heliu 4 a po přechodném deuteriu a heliu 3 zůstanou pouze stopy. Hmotností zastoupení helia 4 je zhruba dvacet pět procent, přesně jak to předpokládá teorie. Rov-

⁴⁷ Astronomové považují všechny prvky těžší než helium za metalické, tedy kovové.

něž zastoupení přechodných jader je blízko pozorování. To vše se odehrálo během prvních minut Velkého třesku.“ (Coles, 2007, str. 75) Prvních pár minut byl náš vesmír nesmírně žhavý. Ještě dříve, než se veškerá hmota stačila proměnit na železo, se vesmír ochladil. Pokud by se to stalo dříve nebo jen o něco málo později, nezbylo by již žádné palivo, které by mohlo dát vzniknout hvězdám a galaxiím. Na místo toho se 23 % vodíku přeměnilo na helium, jehož meziproduktem bylo malé množství těžkého vodíku (deuteria). Oněch 23 % se přesně shoduje s astronomickým pozorováním. „Trvalo stovky tisíc let, než se expandující vesmír, který byl zpočátku nesmírně žhavý a jasný, ochladil na teplotu povrchu Slunce. Teprve poté se volné elektrony a ionty spojily v neutrální atomy, které již nerozptylovaly záření. Prvopočáteční světlo se poté posunulo v infračervené záření a ve vesmíru doslova zavládla doba temna, která trvala, dokud se nezformovaly první hvězdy a znovu jej neosvětlily.“ (Rees, 2002, str. 78) Gamow předpověděl, že zbytky tohoto záření by se ve vesmíru měly stále ještě vyskytovat, bohužel na jeho detekování musel počkat více než patnáct let a jeho objevení patří k nejnapínavějším příběhům v dějinách astronomie.

Jak už to ve vědě mnohdy bývá, velký objev je čas od času dílem obrovské náhody. Radiové pozorování oblohy bylo v astronomii šedesátých let ještě v plenkách a navíc spíše okrajovou záležitostí. Nepotřebnou mikrovlnou anténu se roku 1964 rozhodli ještě načas využít dva fyzici Arno Penzias (1933) a Robert Wilson (1936). Jejich cílem bylo měření intenzity rádiových vln vyzařovaných z naší Galaxie. Když byl provoz antény spuštěn, zjistili Penzias s Wilsonem na pozadí rovnoměrný šum, který nemohli odstranit. Variant, co tento šum způsobuje, bylo hned několik. Tou úplně první a nejpravděpodobnější variantou byla blízkost města. Ukázalo se však velmi záhy, že město šum nezpůsobuje. Dalším zdrojem rušení mohl být párek holubů, který se shodou okolností uhnízdil právě v anténě. Oba fyzikové se nejprve snažili holuby z antény vyhnat, ale ti se svého hnízda odmítali vzdát, proto nezbylo pánům nic jiného, než nešťastné holuby zneškodnit natrvalo. Tato oběť byla naprosto zbytečná, protože ani poté rušení neustalo. „Pečlivým proměřením záhadného šumu se ukázalo, že přichází se stálou intenzitou ze všech směrů nezávisle na denní a roční době. Stálost intenzity signálu nepřipouštěla za zdroj zemskou atmosféru (signál by klesal směrem k zenitu) ani astronomické objekty.“ (Šmída, 2004, Astropis speciál) Penzias s Wilsonem si šum zkrátka vysvětlit nedokázali, a tak si vyžádali pomoc jinde. Shodou okolností nedaleko od nich prováděli svůj výzkum jiní dva vědci, Robert Dicke (1916–

1997) a Phillip Peebles (1935). Ti se snažili detekovat záření, které, jak se domnívali, mohlo zbyť po Velkém třesku. Penzias s Wilsonem se na ně obrátili s prosbou o vysvětlení podivného šumu a v tu chvíli bylo Dickemu a Peeblesovi jasné, že je Penzias s Wilsonem předběhli. Zachovali se však profesionálně, a když už mikrovlnné záření nemohli objevit, pomohli alespoň s jeho vysvětlením. Penzias s Wilsonem za svůj objev tzv. reliktního záření získali roku 1978 Nobelovu cenu za fyziku.

„V době, když vesmírné hodiny ukazovaly asi 300 000 let po Velkém třesku, teplota dosahovala několik tisíc stupňů a vesmír byl zhruba tisíckrát menší a miliardkrát hustší než dnes. Kosmické mikrovlnné pozadí díky své téměř dokonalé izotropii představuje významný argument pro pravdivost kosmologického principu. Skrývá také klíč k původu galaxií a galaktických kup. Existence reliktního záření totiž kosmologům umožňuje, aby si vytvořili představu o podmínkách, jež panovaly v raných stádiích Velkého třesku, a zvláště jim pomáhá objasnit chemického složení vesmírných objektů.“ (Coles, 2007, str. 71-72)

Potvrzení existence reliktního záření bylo pro zastávce teorie Velkého třesku skutečným triumfem, ale tím práce kosmologů zdaleka nekončila, spíš naopak. S ohledem na to, jak se nám vesmír jeví teď, je jasné, že vesmír nemůže být dokonale hladký a jednotný. Pokud by tomu tak bylo, tak by vesmíru nikdy nemohly vzniknout galaxie ani hvězdy, nemohly by tudíž vzniknout ani těžké prvky. Pokud toto všechno dnes pozorujeme, tak musí reliktní záření vykazovat určité teplotní odchylky, které způsobuje gravitace a které by vzhled našeho dnešního vesmíru předurčovaly. Pokud spočítáme rozdíl mezi nejvyššími a nejnižšími hodnotami hustoty, dělený celkovou energií hmoty, pak dostaneme měřítko největších struktur ve vesmíru. Čím vyšší je hodnota tohoto čísla, tím zřetelnější jsou fluktuace. Pokud opět vyjdeme ze současných pozorování, tak nám hodnota tohoto čísla vychází asi 0,000 01. Abychom si tuto hodnotu uměli představit, je třeba nalézt vhodné srovnání. Z hlediska gravitace je náš vesmír tak hladký jako Země, kdyby její nejvyšší hory měřily jen asi 50 metrů. Objevit takto nepatrné fluktuace je velmi obtížné a astronomům to trvalo takřka třicet let.

D. Družice COBE a WMAP

Zjištění fluktuací v reliktním záření bylo pro Velký třesk stejně důležité jako objev záření samotného. Pokud by se tyto fluktuace nepodařilo prokázat, popřeli bychom tím existenci sebe sama. V době, kdy Arno Penzias a Robert Wilson objevili re-

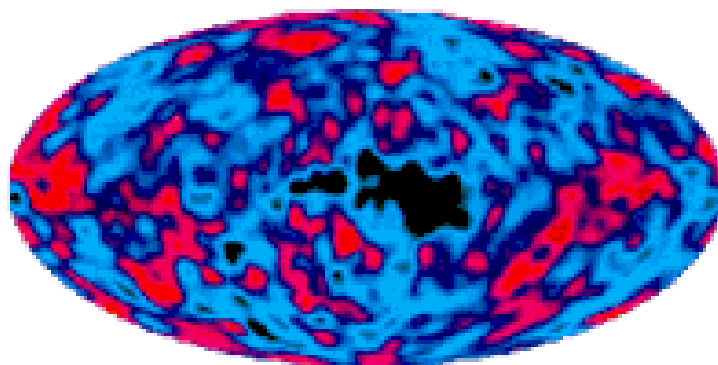
liktní záření, došlo doslova k renesanci teorie Velkého třesku, zastánci již zřetelně převládali nad odpůrci. Jak už to ale bývá, každý nový objev, a v kosmologii to platí dvojnásob, odkrývá nové otazníky a problémy. Teď se kosmologové potýkali s tím, že jejich přístroje nebyly dostatečně citlivé, aby mohly takto nepatrné odchylky detekovat. Astronomům bylo jasné, že ideální by bylo vynést přijímač do vesmíru, což ale nebylo zas až tak jednoduché.

Po dlouhém odkladu kosmických letů způsobených tragickou havárií raketoplánu Challenger byla v roce 1989 konečně vypuštěna družice COBE⁴⁸, jejímž hlavním úkolem bylo podrobněji prozkoumat reliktní záření a pokud možno v něm objevit nepatrné teplotní fluktuace. Družice COBE opravdu nejprve potvrdila měření Wilsona a Penziase. Pokud by mělo mikrovlnné záření skutečně pocházet z raného vesmíru, pak závislost jeho intenzity na vlnové délce musí být ve shodě s Planckovým zákonem⁴⁹, který popisuje tepelné záření absolutně černého tělesa. Vědcům se díky družici COBE podařilo potvrdit, že je reliktní záření skutečně zářením absolutně černého tělesa o teplotě 2,73° C, čímž ukončili spekulace o netepelném původu tohoto záření. Vysvětlovat toto záření nějakým astronomickým tělesem bylo nemyslitelné, jediným možným vysvětlením tak bylo, že záření přichází z celého vesmíru z doby, kdy měl mnohem vyšší teplotu než dnes. (Šmída, 2004, Astropis speciál, str. 7) Detailní výzkum reliktního záření byl nesmírně důležitý, podstatnější však bylo, že se družici COBE roku 1992 podařilo rozlišit také jemné teplotní fluktuace v tomto záření, přesně jak předpokládal model Velkého třesku. Tyto fluktuace v reliktním záření si vysvětlujeme oscilací baryonové látky, které způsobovaly nerovnováhu v tlaku a hustotě plazmatu vyplňujícího raný vesmír. Tam, kde byla hustota vyšší, docházelo následně ke gravitačnímu smršťování, což umožnilo vznik zárodečných galaxií. (Šmída, 2004, Astropis Speciál, str. 7-8) „Satelit COBE zmapoval teplotu celé oblohy a zjistil kolísání v rozmezí jedné stotisíciny. Toto měření znamenalo skutečný triumf techniky. Reliktní záření o teplotě menší než 3° C nad absolutní nulou je stokrát chladnější než Země

⁴⁸ COBE – Cosmic Background Explorer (Průzkumník záření reliktního kosmického pozadí), sonda společnosti NASA, určená k měření mikrovlnného a difúzního záření vesmírného pozadí. (Viz webový odkaz 6 a 7)

⁴⁹ Planckův zákon – vyjadřuje závislost intenzity záření na jeho frekvenci při dané teplotě za předpokladu termodynamické rovnováhy.

a její atmosféra, přičemž družicí změřené teplotní rozdíly mezi teplými a studenými částmi oblohy jsou ještě stotisíckrát menší. Měření COBE rovněž potvrdila domněnku, že kosmické struktury vznikly v důsledku gravitační nestability. Ukázalo se, že horký raný vesmír byl skutečně čerán vlněním o právě takové amplitudě, jaká podle počítačových modelů vedla k současné struktuře vesmíru.“ (Rees, 2002, str. 89-90) To je právě ona jedna stotiscina, o které jsme mluvili výše. Díky výsledkům, které získala družice COBE, se astronomům podařilo vytvořit mapu reliktního záření. (viz obrázek č. 4)

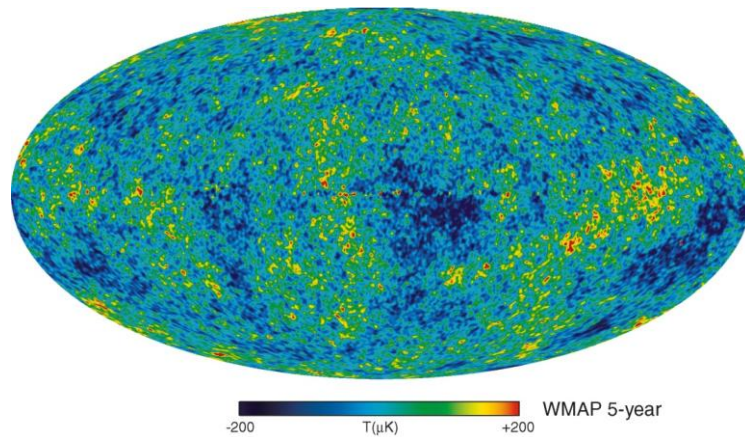


Obrázek 4: Výsledky měření reliktního záření získané družicí COBE v roce 1992

Teorie Velkého třesku, která do této doby téměř bojovala o přežití, získávala stále přesvědčivější důkazy o své pravdivosti a platnosti. Technologie v osmdesátých a devadesátých letech minulého století již byly na takové úrovni, že ji mohly zcela zpochybnit, stačilo, aby byl objeven objekt, který by vykazoval nulový obsah helia nebo nižší než 23 %, ale nic takového se nestalo. Výsledky dalších pozorování ji spíše podpořily. Největší zastánce stacionárního vesmíru Fred Hoyle se však s tímto obratem ani s teorií samotnou nikdy neztotožnil.

Ještě podrobnější mapu reliktního záření měla přinést další družice nesoucí název WMAP⁵⁰. Vědci předpokládali, že struktura fluktuací by měla být o něco podrobnější, ale k tomu bylo opět zapotřebí citlivějších přístrojů. Nástupkyně družice COBE byla vypuštěna v roce 2001 a o dva roky později byly zveřejněny první výsledky jejího pozorování (viz obrázek č. 5)

⁵⁰ WMAP – Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (Viz webový odkaz 8 a 9)



Obrázek 5: Mapa fluktuací v reliktním záření získané družicí WMAP

Astronomové díky výsledkům získaných z družice WMAP mohli daleko přesněji určit stáří vesmíru, kosmologickou i Hubbleovu konstantu. Stáří vesmíru je nyní odhadováno na 13,7 miliard let, reliktní záření se od hmoty oddělilo zhruba 380 000 let po Velkém třesku a první hvězdy vznikly již 200 milionů po Velkém třesku.⁵¹ S ohledem na snímky pořízené družicí WMAP se vesmír jeví jako plochý, ale přesná topologie zůstává i nadále velkou neznámou.

E. Budoucnost teorie Velkého třesku

Pokud se na teorii Velkého třesku podíváme dnes, zdá se být již poměrně dobře popsaná. Ačkoliv mnohé otázky stále ještě čekají na své zodpovězení, dokážeme celkem přesně říci, co se dělo v prvních okamžicích po Velkém třesku až do dneška. Zároveň s tím, jak vědci přesněji popisovali Velký třesk, uvědomili si, že pouze s ním zdaleka nevystačí. Je totiž pouhou částí mnohem větší teorie, která by měla popisovat vesmír jako celek a odkrývat jeho skutečnou podstatu. Astronomové a fyzici se proto usilovně snaží proniknout opět o něco hlouběji do této teorie Všeho. A Velký třesk, i když možná jen symbolicky, stojí na počátku tohoto hledání. Většina teoretických fyziků s ním také při modelování nových teorií počítá a vychází z něj. Je ovšem otázkou, zda mají vůbec šanci uspět. Přímé pozorování nám nikdy neodhalí to, zda je vesmír nekonečný nebo ve své konečnosti jen nesmírně velký. Budeme moci někdy s jistotou tvrdit, že známe všechna zákoutí vesmíru, tedy i ta, kam nedohlédneme? Budeme moci někdy s jistotou říci, že chápeme všechny fyzikální zákonitosti mocné

⁵¹ Naše Slunce je staré zhruba 4,5 miliardy let.

přírody? Einsteinovy rovnice ukazují, že vesmír měl počátek ve stavu nekonečné hustoty, kde však s největší pravděpodobností ty samé rovnice paradoxně platit přestávají. Vědci se proto snaží vylepšit teorii Všeho a učinit v ní jasno.

Fyzik Stephen Hawking (1942) věří, že je třeba Einsteinovu teorii gravitace překonat, stejně jako bylo třeba překonat tu Newtonovu, a nahradit ji kvantovou teorií gravitace. Někteří vědci vidí v nekonečnu na počátku vesmíru, kde prostor a čas jako by náhle povstávaly k existenci spolu s popudem, aby se vesmír rozpínal, matematické vyjádření stvoření světa Bohem. Pokud si však zachováme víru v to, že vesmír má svůj počátek a fyzikální zákony zde nefungovaly, je v tom zároveň i cosi znepokojujícího. Hawking poukazuje na to, že pokud již někdy v minulosti zákony fyziky selhaly, jak si můžeme být jisti, že neselžou znovu, a to v podstatě kdykoliv? Tohoto se obával i Einstein a věřil, že se jednou podaří singularitu z fyziky odstranit. (Barrow. 2007. str. 92) Může to vypadat, jako by Einstein a Hawking zpochybňovali teorii Velkého třesku, oni však poukazují spíše na to, že celkově o ní ještě nevíme vše. Einsteinova teorie a Friedmanovy modely ukazují, že množství hmoty určuje zakřivení prostoru, a tedy i to, zda je vesmír otevřený, uzavřený nebo plochý. Kosmologové si na základě toho mohou udělat představu o geometrii vesmíru, ale absolutně nic to nevyovídá o jeho topologii. „Vezměme si geometricky rovný vesmír, který se věčně rozpíná. Srolujeme jeho prostor tak, abychom dostali trojrozměrnou verzi válcové plochy, a prostor bude mít konečný objem. Má i nadále všude rovnou geometrii. I nadále se věčně rozpíná, ale není už nekonečný.“ (Barrow, 2007, str. 118-119)

Vesmír – nebo bychom měli spíše říkat „*univerzum*“ – není totéž co viditelný vesmír. Astronomové toho o „*univerzu*“ ve skutečnosti vědí velice málo. Ať už je, či není vesmír konečný, rychlost světla zaručuje, že naše zkušenost vesmíru je rovněž konečná. To, jaký je vesmír doopravdy, nezáleží na tom, jak se nám jeví. Ještě nedávno byl tento typ argumentace považován za poněkud přehnaný a pesimistický, ale dnes se jedná o jednu z nejpopulárnějších teorií vůbec. Je to teorie inflačního vesmíru, která naznačuje, že vesmír za naším horizontem může být naprosto odlišný, než je ten náš. Toto si uvědomil již v roce 1922 francouzský matematik Émile Borel (1871–1956), když napsal: „Může se zdát vskutku poněkud zbrklé dělat závěry platné pro celý vesmír z toho, co můžeme vidět v malém koutku, na který jsme omezeni. Kdo ví, zda celý viditelný vesmír není jako kapka vody na povrchu Země? Obyvatelé této kapky vody, vzhledem k ní stejně malí jako my jsme malí vzhledem k Mléčné dráze, by si

sotva mohli představit, že mimo kapku vody by mohl existovat kus železa nebo živoucí tkáň s naprosto odlišnými vlastnostmi hmoty.“ (E. Borel, citace u Barrow, 2007, str. 123) Borel tím poukázal na problém extrapolace od lokálního ke globálnímu. Fyzikální zákony, které dnes považujeme za neměnné a nezpochybnitelné, se mohou lišit a to právě umožňuje teorie inflačního vesmíru. V této teorii, ale i v těch dalších, má Velký třesk své vymezené místo. Zbývá jen odpovědět, která z těchto teorií je tou správnou.

VI. Závěr

V dnešní době má již myšlenka Velkého třesku zcela nezpochybnitelné místo v našem chápání světa. Každá teorie, dříve než začne být všeobecně uznávaná, musí projít dlouhou cestu plnou odmítání, zpochybňování a nedůvěry. Zdá se, že teorie Velkého třesku prošla tímto nepříjemným údobím překvapivě rychle. Zároveň ale platí, že se každá teorie objevila vždy v pravý čas. Kdyby s myšlenkou heliocentrické soustavy nepřišel Mikuláš Koperník, jistě by se dříve nebo později našel někdo jiný. To samé platí i pro Newtonovu fyziku, Einsteinovu relativitu a samozřejmě i pro teorii Velkého třesku. Tím ovšem nechceme nijak zpochybňovat zásluhy těchto geniů. Souboje, které na vědeckém poli sváděly jejich vlastní názory a teorie, představovaly větší či menší střípky do celkové mozaiky, která dává vzniknout jedinečnému obrazu vesmíru. Významnou roli sehráli také lidé z jiných oborů, především filosofové, teologové nebo mechanici. Odlišná perspektiva, s jakou na všeobecné vnímání vesmíru nahlíželi, často pomohla ve chvílích, kdy se samotní astronomové dostali do slepé uličky.

V úvodu této práce jsme se ptali, jak je možné, že lidé během necelého jednoho století přijali myšlenku dynamického vesmíru a nahradili tak původní představu o jeho neměnnosti a stálosti. Bylo to ale opravdu jen jedno století? Ve třetí kapitole jsme zmínili, že myšlenka Velkého třesku nemohla vzniknout dříve, než se vesmír dostatečně zvětšil. Klíč k teorii Velkého třesku leží ve vzdálenostech, psali jsme doslova. Vesmír se zpravidla zvětšil skokově, ale ve výsledku šlo o nesmírně pozvolný proces, který trval od antiky až po dvacáté století. Měření vzdáleností ve vesmíru tak v podstatě připravovalo půdu pro teorii Velkého třesku. Podobným způsobem připravovaly středověké revize Ptolemaiových výsledků pozorování půdu pro přijetí Koperníkova heliocentrismu. I tehdy došlo ke konečnému přijetí poměrně rychle.

Žádná teorie však nezůstane nadlouho platná, pokud ji nepodpoří jednoznačný důkaz. Tento fakt si kosmologové, kteří formulovali teorii Velkého třesku, i ti, co stáli na opačné straně, velmi dobře uvědomovali. Právě tato naléhavost poháněla lidské poznání od nepaměti a uplatňovala se i při formování teorie Velkého třesku. Ihned po jejím zrození vyvstaly na povrch četné otázky, na které bylo třeba odpovědět, bez rozdílu toho, k jakému názoru se ten který vědec přikláněl. Přelom devatenáctého a dvacátého století byl obecně obdobím významných objevů ve všech vědních disciplínách.

nách. Je to dáno i tím, že vědecké obory spolu souvisejí a jeden obor má mnohdy přesah do oboru dalšího. Pokud došlo k nějakému objevu kupříkladu v chemii, mohlo to ovlivnit a také ovlivnilo výzkumy v astronomii a fyzice.

Teorii Velkého třesku nakonec podpořil především rozvoj optických přístrojů, který je patrný již od dob renesance a postupně nabíral dechu. Technika ambiciózně posouvá hranice lidských smyslů a vědci její nabídku s povděkem přijímají. K tomu pochopitelně přispívalo i společenské, kulturní a politické prostředí. O renesanci jsme mluvili podrobněji ve druhé kapitole, své klady však měla průmyslová revoluce ve století devatenáctém, ale paradoxně i druhá světová válka, jakkoli byla krutá a bolestná.

Celkové zlepšení v oblasti komunikace a vzdělání rovněž nahrávalo nejrůznějším vědeckým objevům. Jednotlivé názory a teorie se mezi vědeckou komunitou šířily podstatně rychleji, lépe propojené byly i jednotlivé univerzity, o nové názory se zajímala také širší veřejnost. Kdo si v dnešní době přečte Nerudovy Písně kosmické nebo Čapkův román R.U.R., shledá, jak znamenité znalosti museli mít oba spisovatelé z oblasti astronomie a fyziky. Zájem veřejnosti byl však v jistém ohledu pro vědce zavazující, nikdo si netroufl vystoupit s nějakým prohlášením, aniž by si nebyl jist svými výsledky.

Devatenácté století dalo vzniknout novým vědním disciplínám: psychologii, antropologii a sociologii, které se výhradně soustředily na člověka a systematicky se zabývaly jeho výzkumem. To umožnilo ostatním vědním oborům, tedy především těm přírodním, vymanit se z pout něčeho tak nepředvídatelného, jako je člověk, jehož význam jako by se od dob Koperníka neustále snižoval. Kopernikánský princip postupem času více a více potvrzoval fakt, že člověk nezaujímá ve vesmíru žádné výsadní postavení. Ovšem jako s každým zobecněním je třeba i s tímto nakládat se vší opatrností a rozvahou. Ačkoliv nepředpokládáme, že by naše pozice ve vesmíru byla výjimečná nebo centrální v nějakém určitém ohledu, nemusí to nutně znamenat, že není výjimečná v žádném ohledu. Tato možnost vedla Brandona Cartera (1942) k omezení kopernikánského dogmatu antropickým principem, který říká, že naše umístění ve vesmíru je nutně výjimečné alespoň do té míry, že umožňuje existenci nás jako pozorovatelů. Velikost, stáří a zákony ve vesmíru musí být právě takové, aby dovolovaly evoluci pozorovatelů. (Barrow. 1988, str. 1)

Ačkoliv se lidstvu známý vesmír neustále rozšiřoval, význam člověka to ve skutečnosti nikdy nesnižovalo. Spíše naopak. Vesmír totiž bude vždy tak velký, jak my sami dovolíme. Pokud ani teď neustane naše touha po poznání, bude se zvětšovat možná donekonečna. Nebýt člověka, nic takového by se nestalo. Přijetí teorie Velkého třesku je jen malým časovým úsekem, jeho důsledky, stejně jako důsledky sebemenšího rozšíření našich obzorů, jsou nedozírné.

Seznam použité literatury

- Barrow, John. 1988. *The Antropic Comological Principle*. Oxford: Oxford University Press
- Barrow, John, 2007. *Kniha o nekonečnu*. Praha: Ladislav Horáček – Paseka
- Burt, Edwin Arthur. 1954. *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. New York: The Humanities Press
- Coles, Peter. 2007. *Kosmologie*. Praha: Dokořán.
- De Chardin, Teilhard. 1990. *Vesmír a lidstvo*. Praha: Vyšehrad
- Gribbin, John. 2002. *Pátrání po velkém třesku*. Praha: Columbus
- Grygar Jiří, Horský Zdeněk, Mayer Pavel. 1979. *Vesmír*. Praha: Mladá fronta
- Horský Zdeněk, Plavec Miroslav. 1962. *Poznávání vesmíru*. Praha: Orbis
- Immanuel Kant. 1884. *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*. Leipzig: Druckt und Verlag von Philipp Reclam jun.
- Jáchim, František. 2003. *Jak viděli vesmír*. Olomouc: Rubico
- Johnson, George. 2007. *Až na konec vesmíru*. Praha: Dokořán
- Koyré, Alexandre. 2004. *Od uzavřeného světa k nekonečnému vesmíru*. Praha: Vyšehrad
- Najser Pavel, 2008. „Odhalená tajemství Galileových deníků“. *Astropis*. 2008 (č. 4): str.: 12-17
- Příhoda, Pavel, 2000. *Průvodce astronomií*. Praha: Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy
- Rees, Martin. 2002. *Náš neobyčejný vesmír*. Praha: Dokořán
- Rémond, René. 2003. *Náboženství a společnost v Evropě*. Praha: nakladatelství Lidové noviny
- Schulze, Hagen. 2003. *Stát a národ v evropských dějinách*. Praha: nakl. Lidové noviny
- Singh, Simon. 2007. *Velký třesk*. Praha: Dokořán a Argo
- Šmída Radomír, 2004, „Reliktní záření“. *Astropis – speciál*. 2004 (speciál), str.: 6-11

Webové odkazy:

- (1) <http://cs.wikipedia.org/wiki/Pantheismus> - datum návštěvy 26. 12. 2009
- (2) [http://en.wikipedia.org/wiki/Uniformitarianism_\(science\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Uniformitarianism_(science)) – datum návštěvy 27. 12. 2009

- (3) <http://www.victorianweb.org/science/lyell.html> - datum návštěvy 20. 12. 2009
- (4) http://www.mnsu.edu/emuseum/information/biography/klmno/lyell_charles.html - datum návštěvy 20. 12. 2009
- (5) <http://cs.wikipedia.org/wiki/Extrapolace> - datum návštěvy 15. 1. 2010
- (6) http://www.aldebaran.cz/sondy/sondy/89_Cobe.htm – datum návštěvy: 17. 1. 2010
- (7) <http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/> - datum návštěvy 17. 1. 2010
- (8) http://www.aldebaran.cz/sondy/sondy/01_Map.html - datum návštěvy 22. 1. 2010
- (9) <http://map.gsfc.nasa.gov/> - datum návštěvy 22. 1. 2010