

Univerzita Palackého v Olomouci
Cyrilometodějská teologická fakulta

Diplomová práce

2018

Lukáš Mocek

Univerzita Palackého v Olomouci

Cyrlometodějská teologická fakulta

Katedra filosofie a patrologie



Lukáš Mocek

Má Bůh své místo v moderní kosmologii?

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Petr Dvořák, Ph.D.

Obor: Katolická teologie

Olomouc 2018

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Olomouci 16. dubna 2018

.....

Rád bych na tomto místě poděkoval především vedoucímu své diplomové práce Mgr. Petru Dvořákovi, Ph.D. za ochotu, vstřícnost a cenné rady při vzniku této práce. Vřelý dík patří také Zuzě Bochnákové, Filipu Hochmanovi za náročný úkol korektury textu a Veronice Vavříkové za anglický překlad textu. Dále bych také chtěl poděkovat všem nejbližším a kamarádům, za podporu a trpělivost v období, kdy tato práce vznikala. Nakonec bych rád poděkoval všem učitelům, kolegům a spolužákům katedry Výpočetní matematiky na VŠB – TU Ostrava, za to, že ve mě prohlubovali radost v poznávání krásy matematiky a fyziky, v době mého působení na katedře.



To světlo svítí v temnotě
a temnota ho nepohltila.
Jan 1,5

Abstrakt

V průběhu posledního století zaznamenala kosmologie, díky vědeckému pokroku, velký skok v pochopení našeho vesmíru. Je možné v něm zachytit Boží stopu? Nebo je vysvětlení původu vesmíru úplně jiné? Na tyto otázky hledáme odpovědi pomocí metody usuzování, která se nazývá abdukce. Je založena na hledání nejlepšího možného vysvětlení z poznatků, které máme k dispozici. V práci jsou předloženy argumenty, na základě kterých se přikláním k názoru, že nejlepším možným vysvětlením vzniku vesmíru je jeho stvoření Bohem. Vesmír má svůj počátek a přesně nastavená pravidla, podle kterých funguje.

Klíčová slova: Bůh, víra, věda, kosmologická konstanta, jemně vyladěný vesmír, abdukce, Velký třesk, standardní kosmologický model, inflační teorie, paralelní vesmír

Abstract

Cosmology has noted a great leap in understanding of our universe over the past century thanks to the scientific advances. Is it possible to capture a God's trace in the universe? Or is the explanation of the origin of the universe absolutely different? We try to find answers to these questions using a judgment method called abduction. Abduction is based on finding the best possible explanation from the knowledge we have. Based on the arguments presented in this thesis, I tend to believe that the best possible explanation for the creation of the universe is the creation by God. The universe has its origin and exactly set rules by which it works.

Key Words: God, religion, science, cosmological constant, fine-tuned universe, abduction, Big bang, standard cosmological model, inflation theory, parallel universe

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	8
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
1 Úvod	11
1.1 Věda a víra	12
1.2 Abdukce - nalezení nejlepšího možného vysvětlení	18
2 Indicie ukazující na stvoření vesmíru a existenci Boha	22
2.1 Teorie Velkého třesku	22
2.2 Standardní kosmologický model	25
3 Jemně vyladěný vesmír (Fine-Tuned Universe)	33
3.1 Co znamená jemné vyladění vesmíru?	33
3.2 Kosmologické konstanty a jejich vliv na utváření a vývoj vesmíru	34
3.3 Důsledky změn kosmologických konstant	40
4 Jiné argumenty hledající vysvětlení vzniku a vývoje vesmíru	46
4.1 Inflační teorie vzniku vesmíru	46
4.2 Teorie paralelních vesmírů	48
5 Novodobá kosmologie a její objevy	60
5.1 Rozpínání vesmíru se zrychluje (1998)	60
5.2 Proces vznik uhlíku rozluštěn (2001)	61
5.3 Objev Higgsova bosonu (2012)	62
5.4 Pozorování družice Planck (2015)	63
5.5 Objev gravitačních vln (2015)	65
6 Nalezení nejlepšího možného vysvětlení	67
7 Závěr	70
Seznam pojmů	71
Literatura	75

Seznam použitých zkratek a symbolů

c	– Rychlost světla
G	– Newtonova gravitační konstanta
h	– Planckova konstanta
Λ	– Kosmologická konstanta (Lambda)
H	– Hubblova konstanta
g_w	– Konstanta slabé jaderné vazebné síly
g_s	– Konstanta silné jaderné vazebné síly
m_{pr}	– Klidová hmotnost protonu
m_{el}	– Klidová hmotnost elektronu
e	– Elementární náboj
k	– Boltzmannova konstanta
S	– Poměr fotonů/protonů
ε_0	– Permittivita vakua (epsilon)
l_p	– Planckova délka
m_p	– Planckova hmotnost
t_p	– Planckův čas
α	– Elektromagnetická konstanta jemné struktury (alfa)
AAA	– Acta Apostolicae Sedis
GS	– Gaudium et Spes
COBE	– Cosmic Background Explorer
WMAP	– Wilkinson Microwave Anisotropy Probe
LIGO	– Laser Interferometr Gravitational-Wave Observatory
TOE	– Theory of Everything
eV	– elektronvolt
J	– Joule
K	– Stupeň Kelvina
pc	– Parsec (jednotka vzdálenosti)
T	– Teplota
E	– Energie
ρ	– Hustota
m	– Hmotnost

Seznam obrázků

1	Zakřivení prostoru	26
2	Rozpínání vesmíru	27
3	Elementární částice	28
4	Složení vesmíru (WMAP 2008)	31
5	Inflace vesmíru	47
6	Paralelní vesmíry první a třetí úrovně	51
7	Teorie všeho	53
8	Matematické struktury	54
9	3α proces vzniku uhlíku	61
10	Role Higgsova bosonu	62
11	Fluktuace reliktního záření (Planck 2015)	63
12	Geometrie vesmíru	64
13	Ilustrace srážek černých děr	65

Seznam tabulek

1	Seznam základních kosmologických a odvozených konstant	39
---	--	----

1 Úvod

Kosmologie je věda, která se zabývá zkoumáním vesmíru. Jeho vznikem, vývojem a budoucností. Je to disciplína velice stará a od svého počátku prodělala značný pokrok. Zvláště v posledních desetiletích se díky vědeckému bádání velmi urychlil její rozvoj. Došlo k potvrzení důležitých teorií a zkoumání vesmíru novými prostředky přineslo nové důležité poznatky, mimo jiné i z rané fáze jeho vzniku. V této práci si klademe důležitou otázku. Má Bůh své místo v moderní kosmologii? Jinými slovy, může nám kosmologie pomoci k hledání odpovědí, které si klade filosofie a teologie? Je Bůh zodpovědný za stvoření vesmíru? Nebo je náš vesmír součástí jiné struktury, nezávisle na Božím působení? Tyto otázky si lidstvo klade již od nepaměti a definitivní odpověď skrze důkazy vědy nebudeme moci nikdy získat. Můžeme však hledat nejlepší možné vysvětlení i na základě poznatků, které dosud o našem vesmíru máme.

Nejprve je důležité si uvědomit, že věda a víra (její filosofická a teologická reflexe) mohou navzájem spolupracovat na hledání odpovědí. Věda nám dává významné potvrzení našich domněnek, nebo je naopak vyvrací. Ale není vševědoucí. Teorie, které jsme schopni vytvářet pro popis dějů, jež vidíme v přírodě, jsou pouhé modely chování, které jsme schopni vypořádat. Věda nedokáže odpovědět na významné otázky týkající se původu vesmíru a proč vesmír vůbec vznikl. Těmito otázkami se zabývá filosofie a především teologie. Spolupráce těchto disciplín nebyla vždy jednoduchá a její smysl a vývoj si ukážeme v následující kapitole. Mnoho vědců si totiž uvědomuje, že vzájemná podpora vědy a víry může dopomoci k objasnění důležitých otázek.

K hledání odpovědí na naše otázky využijeme jednu z metod usuzování, kterou pojmenoval filosof a matematik Charles Peirce. Jedná se o abdukcii. Metoda, která vyvozuje odpověď na základě hledání nejlepšího možného vysvětlení z informací, které doposud máme k dispozici. Princip této metody si uvedeme ve druhé kapitole a vysvětlíme si ji na jednoduchých příkladech.

Další dvě kapitoly tvoří jádro této práce. Ve druhé kapitole si představíme standardní kosmologický model vzniku vesmíru a budeme se snažit v základních rysech pochopit, jak se současná kosmologie dívá na vznik a vývoj vesmíru. V následující kapitole popíšeme teorii jemného vyladění vesmíru. Ta vychází právě z kosmologického modelu a tvrdí, že vesmír a jeho fungování je závislé na předem daných pravidlech a hodnotách důležitých kosmologických konstant. Vysvětlíme si pojem jemného vyladění, uvedeme si nejdůležitější kosmologické konstanty ve stručném přehledu a zaměříme se na posouzení, zda hodnoty těchto konstant jsou důležitým článkem ve vývoji vesmíru.

Ve čtvrté kapitole nastíníme alternativu ke standardnímu modelu, která je v centru pozornosti v posledních letech – teorie paralelní vesmírů. Ta je založena na faktu nekonečného počtu vesmírů, kde náš vesmír je jeho součástí. Vysvětlíme si její princip, uvedeme argumenty, které tuto teorii podporují, ale i ty, které ji naopak vyvrací.

Důležitou částí je také pátá kapitola, kde spatříme několik mimořádných objevů, které kosmologie učinila v poslední době, díky technickému pokroku. Je to jen pouhá ukázka toho, jakým způsobem se kosmologie rychle rozvíjí. Tyto objevy nám také pomohou k hledání odpovědí na naše otázky. V poslední kapitole si shrneme všechny naše poznatky a pomocí hledání nejpravděpodobnějšího vysvětlení se budeme snažit odpovědět na naše otázky o stvoření vesmíru.

Cílem této práce není do posledního detailu zachytit všechny vědecké poznatky, které jsme doposud o vesmíru získali. To ostatně není ani možné. Ale nabídnout čtenářům možnost zamyslet se nad existencí vesmíru, a to skrze oblasti vědeckého bádání, kterým se zabývá kosmologie. Zdá se mi totiž důležité nenechat hledání pravdy pouze oborům, jakými jsou filosofie a teologie. Protože i v dalších vědeckých disciplínách (a kosmologie je toho důkazem) je možné objevit mnoho momentů, které nás mohou přimět k zamýšlení nad stvořením vesmíru a života vůbec.

Pokusme se tedy společně zamyslet nad důležitou otázkou. Má vesmír svůj počátek? Je tento počátek součástí Božího plánu? Zkusme si tyto otázky nyní promyslet krátkým pohledem do světa kosmologie. Reflektovat její výsledky ve světle teologie, která jako jediná může naplno zodpovědět otázku, proč svět existuje.

1.1 Věda a víra

Vztah vědy a víry prodělal během staletí bouřlivý vývoj. Od starověku až do moderní doby vědeckého bádání platilo, že byla vzájemná symbióza mezi teologií a vědeckým poznáním světa. Nebylo nic zvláštního, když dotyčný člověk dokázal propojit obě oblasti a snažil se dokázat univerzální pravdu vycházející z obou pramenů (teologie i přírodních věd). Na toto propojení mělo určitě vliv i to, že znalosti a poznání o zákonitostech světa byly omezené a metoda zkoumání nebyla ještě dostatečně vypracována. Až ve středověku, díky scholastice, došlo k rozvoji formálního myšlení, které dalo základ metodám, podle kterých postupujeme při vědeckém zkoumání v různých disciplínách i v dnešní době. Jednou z takových metod může být například princip *Ockhamovy břitvy*, který nám říká, že

příroda dává přednost jednodušším a elegantnějším řešením, před spleťtými a složitými.¹ V minulosti byla také období, kdy se vytvářel spor mezi vědou a vírou. S postupem rozvoje vědy došlo počátkem novověku ke krizi mezi vědeckým a teologickým nazíráním na svět. Křesťané považovali bezbožnou vědu jako svého protivníka zvláště ve chvílích, kdy vědecký pokrok narušoval obraz světa, který hlásala církev. Jako příklady uvedme nešťastné počínání vrcholných představitelů církve v různých kauzách. Umístění spisu o heliocentrismu polského kněze, astronoma a matematika Mikuláše Koperníka (1473–1543) na index zakázaných knih v roce 1616 (na tomto seznamu byl až do roku 1835). Upálení italského dominikána Giordana Bruna (1548–1600), který posunul myšlení Koperníka tvrzením, že ani Slunce ani Země nejsou středem vesmíru a vesmír je nekonečný. Další rozpor vyvrcholil procesem s Galileo Galileem (1564–1642), který byl donucen odvolat a popřít své názory o zákonitostech vesmíru.²

V devatenáctém století zase osvícenecký realismus naznačoval, že při zkoumání přírody a přírodních zákonitostí, není Boha potřeba. Názor, že věda dokáže vysvětlit všechny věci v přírodě, byl vlastní mnoha vědcům. Zajímavostí je, že tento postoj je připisován současným vědcům i dnes. Lidé jsou často udiveni, když o sobě vědec prohlásí, že je věřícím člověkem. Tyto dvě skutečnosti vnímají jako neslučitelnou věc.³ Přitom řada významných vědců jako fyzik a teolog Blaise Pascal (1623–1662), matematik a teolog Gottfried Leibnitz (1646–1716), fyzik Albert Einstein (1879–1955) i vědci spjatí s českým prostředím, jako augustinián a zakladatel genetiky Gregor Mendel (1822–1884), či astrofyzik Jiří Grygar (1936), se ke své víře hlásí. Můžeme říci, že přírodovědec je oproti jinému věřícímu v jisté výhodě. A to proto, že poznává Boha nejen subjektivně, ale i prostřednictvím svého oboru a vědeckého bádání, při kterém používá neosobní, vysoce objektivní vědecké metody.⁴

Ve velké části historie se lidé obraceli ke křesťanské víře nejen jako k morálnímu průvodci svého života, ale také v ní hledali odpovědi na základní existenční otázky. Jak byl vesmír stvořen? Jaký bude konec vesmíru? Co stojí za původem života? A mnoho dalších otázek. V posledních staletích věda začala přispívat významným podílem k odpovědím na tyto otázky. A stejná moderní věda vrhala někdy hrozivé světlo na velmi zakořeněné náboženské pravdy. Důsledkem toho byl vzrůstající pocit, že věda a víra jsou v podstatě nekompatibilní a protichůdné. Tyto střety jsou velmi dobře známy a některé jsme si již uvedli.⁵

¹Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God: Contributions of Contemporary Physics and Philosophy*. Cambridge: Grand Rapids, Mich: William B. Eerdmans Pub, 2010, s. 69.

²Srov. GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře*. Kostelní Vydří: Karmelitánské nakladatelství, 2001, s. 11–13.

³Tamtéž, s. 8.

⁴Tamtéž, s. 7.

⁵Srov. DAVIES, Paul. *God and The New Physics*. London: Penguin books, 1990, s. 5.

Během dvacátého století se vztah víry a vědy proměnil. Rychlým tempem dochází k rozvoji přírodních věd a významné objevy přinutily člověka uznat, že jeho schopnost postihnout příčiny dějů v přírodě je omezená a k úplnému pochopení má člověk ještě hodně daleko. Objevy, které se udály pomocí nově vzniklých teorií (teorie relativity, kvantová mechanika), nebo rychlý vývoj genetiky, tyto ukázaly, jak naivní byl člověk v představách, že dokáže jednoduše popsat vznik a vývoj vesmíru jako celek.⁶

Změn však doznává také teologické myšlení. Na sklonku dvacátého století došlo k významné události. V roce 1992, ve kterém uběhlo 359 let od Galileova procesu, se katolická církev ústy papeže Jana Pavla II. omluvila za proces s Galileo Galileem. Zrušila v jeho případě výnos inkvizice a Galileo Galilei byl rehabilitován.⁷

Věda si během staletí vypracovala metody, jak postupovat při zkoumání přírodních zákonitostí. K popisu přírodních dějů se snaží nalézt co možná nejobecnější teorie a tyto teorie se poté stávají vodítkem pro další pozorování. Teorie jsou poté, na základě zjištění nových poznatků, ověřovány a případně vyvráceny. Tento způsob vede k dalším významným posunům ve všech oblastech přírodovědného bádání. Důležitým faktem je, že na základě těchto metod, které jsou vytvářeny k popisu skutečnosti, si věda uvědomuje, že metody nejsou dokonalé a nedokáže tedy postihnout úplný obraz světa, ve kterém žijeme. Čeho si však můžeme všimnout jsou univerzální rysy, které věda vykazuje. Věda postupně, na základě nových poznatků, do sebe integruje jednotlivé dílky mozaiky a ukazuje nám důmyslný mechanismus, jakým způsobem vesmír vznikl a utvářel se. I už jen existence tohoto mechanismu a univerzálních rysů může být silnou podporou pro náboženskou víru v Boha jako Stvořitele vesmíru.⁸

Věda i víra mají společné racionální základy. Zamysleme se proto více nad podobností vědy a křesťanské víry. Základem každé technické vědy je matematika, která poskytuje vědcům velký aparát. Matematika není exaktní vědou, jakými jsou vědy přírodní, ale je vědou racionální. Je založena na vytváření matematických struktur. Na začátku vycházíme z axiomů, ze kterých, na základě principů matematické logiky, odvozujeme a dokazujeme matematické věty. Co jsou však tyto axiomy? Axiomy jsou tvrzení, jež v rámci dané struktury nejsou dokazována, ale předpokládáme, že platí. Jinými slovy je to něco, co pokládáme za předem dané, i když to nemůžeme dokázat. Na základě těchto axiomů a vět budujeme matematickou strukturu. Toto je princip, jakým způsobem vytváříme

⁶Srov. GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře*, s. 8.

⁷AAS 85 (1993), s. 764–772.

⁸Srov. GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře*, 9–10.

matematický aparát a na jehož základě fungují všechny exaktní vědy. Obdobným způsobem nahlížíme na přírodní vědy, jakou je fyzika. Také u fyziky vycházíme z principů, které nemůžeme dokázat, ale u kterých předpokládáme, že platí. Poté využíváme postupů matematické logiky, k odvození principů přírodních zákonů, tyto dále ověřujeme. A to teoreticky, nebo prakticky na základě pozorování a experimentů. Tímto způsobem se teorie testují, zda odpovídají realitě alespoň do té míry, na kolik jsme jim schopni v dané chvíli rozumět. A jakou zde můžeme vidět podobnost s křesťanskou vírou? Můžeme ji analogicky porovnat. Na počátku každé víry jsou dogmata. Tedy „axiomy“, které v této dané náboženské struktuře nemůžeme dokázat, ale věříme, že platí. Podobným postupem, jako u exaktních věd, dále postupujeme i v teologii. Tvoříme „křesťanskou náboženskou strukturu“ s využitím principů matematické logiky. Přírodní vědy si za dobu své existence dokázaly vytvořit velkou strukturu a to samé platí i pro křesťanství.⁹

Matematika a její aparát se využívá k popisu všech fyzikálních dějů. Nelze si nevšimnout, že čím více pronikáme do podstaty těchto dějů, tím více jej můžeme vyjádřit na základě velmi elegantních a jednoduchých matematických vztahů. Estetika v tomto případě sehrává důležitou roli, protože pokud k popisu nějakého děje používáme různé matematické metody, vítězí ten postup, který je nejkrásnější. A pokud se nad tímto zamyslíme, i toto pozorování nás může přiblížit k myšlence, že vědecké poznání víru v Boha posiluje. Věřící přírodovědec může svou víru v Boha opřít také i o tento obdiv k podivuhodnému řádu, kterým se řídí svět kolem nás.¹⁰ Pohledem na svět z různých úhlů mohou vědci poskytnout nový pohled a novou perspektivu na člověka a jeho místo ve vesmíru.¹¹

Věda ze své povahy odhaluje pravé podstaty světa. Pokud se nám zdá, že konkrétní vědecký obraz světa odporuje myšlence Božího stvoření, může to být z několika důvodů. Buď tomuto vědeckému obrazu rozumíme nesprávně, nebo špatně chápeme věroučné teze. Nebo také proto, že tento vědecký obraz je z odborného hlediska chybný, což se určitě časem potvrdí prověřováním pomocí vědeckých metod.¹²

Věda a víra mohou spolupracovat. Mohou si otevírat cesty k poznání a navzájem podporovat při hledání a pochopení reality. Vzájemná diskuse je prospěšná pro obě strany a neexistuje mezi nimi žádný skutečný konflikt.¹³

⁹Tamtéž, s. 13–14.

¹⁰Tamtéž, s. 10.

¹¹Srov. DAVIES, Paul. *God & The New Physics*, s. 3.

¹²Srov. GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře*, 25–26.

¹³Srov. SWEETMAN, Brendan. *Religione E Scienza: Una Introduzione*. Brescia: Queriniana, 2014, s. 28–29.

V tomto duchu hovoří také pastorální konstituce o církvi v dnešním světě Druhého vatikánského koncilu *Gadium et spes*, která se v jedné ze svých částí vyjadřuje také ke vztahu vědy a víry:

Mnoho našich současníků, jak se zdá, má obavu, že by těsnější spojení mezi lidskou činností a náboženstvím ohrožovalo autonomii lidí, společenských skupin a vědecké práce. Rozumíme-li autonomií pozemských skutečností to, že stvořené věci a společenské útvary mají vlastní zákony a hodnoty, které má člověk postupně poznávat, používat jich a pořádat je, pak je požadavek takové autonomie naprosto oprávněný; nejenže to vyžadují dnešní lidé, je to i shodné s vůlí Stvořitele. Z toho, jak byly stvořeny, mají všechny věci vlastní trvalost, pravdivost, hodnotu, vlastní zákony i uspořádání; to všechno musí člověk respektovat a uznat právo jednotlivých oborů a techniky na vlastní metody. Když se tedy provádí metodické bádání ve všech vědních oborech skutečně vědecky a podle mravních zásad, nebude nikdy ve skutečném rozporu s vírou, protože věci světské i věci víry pocházejí od jednoho a téhož Boha. Kdo se snaží pokorně a vytrvale zkoumat tajemství skutečnosti, ten je, i nevědomky, jakoby veden Bohem, který udržuje všechny věci a působí, že jsou to, co jsou. Budiž nám proto dovoleno vyslovit politování nad některými postoji, které se z nedostatečného pochopení pro oprávněnou autonomii vědy vyskytovaly někdy mezi křesťany. Vyvolaly sváry a spory a dovedly mnohé k názoru, že věda a víra jsou v rozporu.¹⁴

Ke vztahu vědy a víry se vyjádřil také papež Pius XII při svém projevu ke členům Akademie věd 22. listopadu 1951, kde mimo jiné velmi oceňuje pokrok a snahu vědců zkoumat vznik a vývoj vesmíru pomocí nových technologií a postupů. Toto bádání prohlubuje znalost struktury makrokosmu a mikrokosmu a přispívá k posílení filozofických argumentů. Také zdůrazňuje, že není třeba mít obavy z dalších překvapení, které nám věda přinese. Dále zde hovoří o vědomí lidstva, které si s přibývajícimi objevy a odkrýváním tajemství vesmíru, stále více uvědomuje svou niternost a sklání se před Tvůrcem celého vesmíru. Zdůrazňuje zde, že se se stejným Stvořitelem setkáváme při své cestě za poznáním ve filozofii, teologii i vědě v rámci harmonické spolupráce. Všechny tři oblasti jsou nástroje pravdy, které odhalují společné rysy jedné a té samé skutečnosti.¹⁵

¹⁴2. VAT. KONCIL, konstituce *Gadium et spes* (GS), 36.

¹⁵AAS 44 (1952), s. 31–43.

Je důležité si uvědomit následující. Co nám může říci věda o počátku vesmíru a příčině stvoření? Na rozdíl od filosofie, nebo metafyziky, věda nemůže deduktivně dokázat stvoření nebo Boha. Je to z toho důvodu, že se přírodní věda zabývá reálným vesmírem a jeho pravidly (přírodní zákony), kterými se řídí celý vesmír. Ale Bůh není předmětem, nebo jevem tohoto reálného vesmíru. Věda neumí o Bohu říct vůbec nic, je to empirická, induktivní disciplína. Věda si nemůže být jistá, že pracuje se všemi daty, které jsou přípustné pro úplné vysvětlení jednotlivých fyzikálních jevů. Je vždy otevřená novým datům a objevům, které mohou pozměnit či zcela nahradit současný pohled na dosud pozorované jevy.¹⁶

Výsledky nového vědeckého bádání mohou být často překvapivé a šokující. Nebylo by však správným projevem víry, kdybychom tyto výsledky nejpokročilejších studií, ve jménu naší víry, napadali. To by svědčilo o naší malověrnosti. Věříme-li opravdu v Boha, jak by mohl jakýkoliv výsledek, evidentně nedokonalé a omylné vědy, zviklat naši víru?¹⁷

V kráse přírody čteme odkaz na vyšší úroveň krásy, krásy Boha. To vysvětluje, proč v průběhu staletí doporučovalo velké množství křesťanských teologů studium přírodních věd, což potvrdilo zásadně náboženskou motivaci ke studiu přírody a jejich zákonitostí.¹⁸

Pro poznání Božího působení ve světě a Boží existence obraťme svou pozornost na vědní obor, který už od nepaměti přitahoval pozornost mnoha vědců a badatelů, a který za dobu staletí prošel bouřlivým vývojem a překvapivými zvraty. Tímto vědním oborem je kosmologie. Věda, která se snaží hledat odpovědi na ty nejdůležitější základní existenční otázky.

Kosmologie je jedna z nejvíce fascinujících oborů přírodních věd, alespoň co se týká filosofických a teologických otázek, vyvstávajících z jejich objevů a navrhovaných důsledků. Je to věda, v jistém smyslu slova neobvyklá, jelikož se zabývá významným a jedinečným fenoménem, jakým je stvoření vesmíru a jeho původ. Neobvyklá proto, že nejsme schopni dohlédnout do velmi vzdálených oblastí nebo do prvotních časových okamžiků vzniku vesmíru a jsou to právě tyto věci, které nás limitují v úplném poznání vesmíru.¹⁹

¹⁶Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 22.

¹⁷Srov. GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře*, s. 25.

¹⁸Srov. MCGRATH, Alister E. *La Grande Domanda: Perché non si può fare a meno di parlare di scienza, di fede e di Dio*. Torino: Bollati Boringhieri, 2016, s. 21.

¹⁹Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe: The Quest for God in Science and Theology; the 2009 Gifford Lectures*. Cambridge: International Society for Science and Religion, 2010, s. 111.

Dříve, než se alespoň okrajově ponoříme do krásy této vědní disciplíny, vysvětlíme si v následující kapitole princip, skrze který budeme postupovat ve snaze přinést důkaz Boží existence pomocí kosmologických zákonů. Představíme si metodu, která nám pomůže v tomto úkolu ukázat, že i skrze kosmologii můžeme vnímat Boží působení ve světě a jeho stvoření. Zaměříme se na abdukci, což je jeden ze způsobů logického usuzování, pro dokazování našeho tvrzení.

1.2 Abdukce - nalezení nejlepšího možného vysvětlení

Je všeobecně známo, že přírodní vědy dávají odpovědi na otázky týkající se reality kolem nás. Jsou různé způsoby, jakými lze tyto odpovědi zjistit. Mezi dva základní způsoby usuzování patří indukce a dedukce. Indukce postupuje v argumentaci od jednotlivých předpokladů (premis) k obecnému závěru. Tento závěr je pak spíše jakási hypotéza a její pravdivost není zaručena pravdivostí premis, protože z nich logicky nevyplývá. Zatímco dedukce (odvozování) se zabývá deduktivním usuzováním, kde závěr logicky vyplývá z předpokladů. Přičemž toto odvozování je jisté, nikoli jen pravděpodobné. Platí, že závěr je pravdivý za všech takových okolností, za kterých jsou pravdivé všechny předpoklady, které je třeba zkoumat. Uveďme si dva jednoduché příklady pro pochopení obou metod. Příkladem indukce může být tento závěr. Při procházce v přírodě narazíme dvakrát po sobě na labutě, které mají bílé peří. Z toho usoudíme, že všechny labutě musí být bílé. Oproti tomu příklad dedukce můžeme být tento: víme, že všechny muchomůrky zelené jsou prudce jedovaté. Při procházce po lese narazíme na houbu, kterou např. pomocí atlasu hub rozpoznáme jako muchomůrku zelenou. Z toho usoudíme, že ji určitě jíst nebudeme, protože z logiky vyplývá, že bude také prudce jedovatá.²⁰

Vedle těchto dvou základních metod přichází filozof a matematik Charles Peirce (1839–1914) s jiným typem usuzování, který se nazývá *abdukce*. Tento postup uvažování představuje naši schopnost nalézt vysvětlení, které sice nejsme schopni zcela odvodit a dokázat z našeho současného poznání, ale v té dané chvíli se nám zdá, jako nejpravděpodobnější. Obsah pojmu abdukce se postupně vyvíjel. V současné době se řadí na úroveň indukce a dedukce. Peirce abdukci formálně zapsal následujícím způsobem:²¹

²⁰Srov. DUŽÍ, Marie. *Logika pro informatiky (a příbuzné obory)*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2012, s. 6–8.

²¹Srov. KOČÍ, Eliška. *Abdukce*. Encyklopedie lingvistiky [online]. [cit. 3.2.2018]. Dostupné z: <http://oltk.upol.cz/encyklopedie/index.php5/Abdukce>

1. Je pozorován překvapivý fakt C.
 2. C by bylo samozřejmé, kdyby bylo pravdivé A.
- Závěr: Proto se můžeme domnívat, že A je pravdivé.

Abdukce je zde prezentována jako typ indukce a zásadní roli v této argumentaci hraje pojem překvapivého faktu. Překvapivý fakt označuje pozorování, které se může očekávat a neplyne z ustálených přesvědčení. Struktura tohoto typu uvažování je podobná sylogismu s některými dodatky; překvapivý fakt je zde výchozím bodem prvního předpokladu, je jako samozřejmost ve druhém předpokladu a důvodem očekávání v samotném závěru.²²

Pro lepší názornost si abduktivní usuzování opět názorně srovnáme s indukcí na příkladu bílých labutí. Již jsme si řekli, že z pozorování bílých labutí pomocí indukce vyvodíme, že všechny labutě jsou bílé. Oproti tomu závěr abdukce je takový, že nejlepším vysvětlením, proč jsme pozorovali pouze bílé labutě a žádné černé je ten, že jsou jen bílé labutě. Indukce tedy pouze konstatuje, že všechny labutě jsou bílé. Abdukce se snaží především poskytovat vysvětlení pozorovaných jevů a toto vysvětlení je v něm zahrnuto explicitně nebo implicitně. Můžeme říci, že stejně jako dedukce je i abdukce součástí našeho každodenního života, kdy si vysvětlujeme překvapivé nebo nečekané události nějakým nejpravděpodobnějším a nejlepším vysvětlením. Například si půjčím auto od svého kamaráda a vidím, že má plnou nádrž. Mohu usoudit, že než mi auto kamarád půjčil, dotankoval nádrž do plna. Toto je nejpravděpodobnější a nejlepší vysvětlení. S abdukcí se setkáváme také při vědeckém bádání. Jako příklad nám může posloužit průzkum planety Uran a její oběžné dráhy kolem Slunce. Tato oběžná dráha byla na základě pozorování odlišná od teoretických výpočtů. Vědci tudíž usoudili, že se za planetou Uran musí nacházet ještě jiná planeta, která by tyto odchylky způsobovala. Tento fakt se později skutečně potvrdil. Můžeme zde vidět argument, který je abduktivního charakteru a vychází z nejlepšího možného vysvětlení. Abdukce se vyskytuje v mnoha oborech lidské činnosti, např. v lékařství, historii, ale i literatuře (detektivní příběhy Sherlocka Holmese jsou plné abduktivního usuzování).²³

Srovnáme si, pro lepší pochopení, rozdíly mezi dedukcí, indukcí a abdukcí ještě na jednom příkladu:

²²Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 46.

²³Srov. KOČÍ, Eliška. *Abdukce*. Encyklopedie lingvistiky [online]. [cit. 3.2.2018]. Dostupné z: <http://oltk.upol.cz/encyklopedie/index.php5/Abdukce>

Dedukce

1. Všechny kuličky v pytlíku jsou bílé.

2. Tyto kuličky jsou z tohoto pytlíku.

Z: Tyto kuličky jsou bílé.

Indukce

1. Tyto kuličky jsou náhodně vybrány z pytlíčku.

2. Tyto kuličky jsou bílé.

Z: Všechny kuličky z tohoto pytlíčku jsou bílé.

Abdukce

1. Všechny kuličky z tohoto pytlíku jsou bílé.

2. Tyto kuličky jsou překvapivě bílé.

Z: Tyto kuličky jsou z tohoto pytlíku.

Na práci Peirce navazuje americký filosof Norwood Hanson (1924–1967), který se přiklání k tomu, aby závěr v abdukčním usuzování byl chápán raději jako způsob analýzy, který se týká celkového pojetí dané věci, než formulační prostředek pro utváření těchto objevů. Hanson zastává tři společné rysy v logice vědeckého odhalování:

1. Máme objev něčeho překvapujícího nebo udivujícího, co představuje odlišnost ve způsobu našeho uvažování. Toto překvapení může nastat z toho důvodu, že pozorování je v rozporu s existujícími teoretickými předpoklady.

2. Naplnění tohoto objevu by nemuselo být tak překvapivé, pokud by s ním některá hypotéza počítala. Pak by se tato pozorování na základě této hypotézy, která by pro ně měla vysvětlení, očekávaly.

3. Je zde proto dobrý důvod, abychom prohlásili danou hypotézu za pravdivou.

Stejně jako Peirce, také Hanson pokládá překvapivá pozorování jako základní motivaci pro vědecké bádání. Abdukce je považována za další formu logického usuzování. Můžeme se na ni dívat jako na jistý druh argumentu, kterým začíná nový nápad, nebo může být procesem, který utváří další hypotézu. Abdukce obsahuje myšlenku, která se může vynořit jako blesk z čistého nebe. Peirce sám o abdukci říká, že se dá srovnat s tvořivým a estetickým vnímáním člověka, ve kterém se vytváří něco nového, jako čin lidské představivosti, více než rozumového pojetí. Peircova představa, co si pod pojmem abdukce představit, se postupně vyvíjela. Od prostředku pro rozpoznávání, díky kterému je chaotická směsice pojmů čitelnější, přes prostředek zkoumání za účelem odhalení struktury určitého systému, až po rozvoj schopnosti dopátrat se nejlepšího vysvětlení zkoumaných jevů. Neřeší se otázka, který konkrétní abdukční úsudek je nejlepším vysvětlením vědeckých dat, nebo jaká kritéria mohou být vhodná pro určení, která z abdukcí je vskutku ta nejlepší.

Například: je nejlepším vysvětlením nejpravděpodobnější úsudek (to je ten závěr, který nejvíce podporuje vědecká data) nebo nejkrásnější úsudek (ten, který poskytuje nejvíce porozumění vědeckým datům)? Aniž bychom nyní dále rozebírali tyto otázky je jasné, že takto položené otázky nás posunují od staršího pozitivistického chápání vědecké metody, se kterou se stále setkáváme v populárních úvahách vztahu vědy a náboženství. Podle tohoto chápání je věda schopna, a tudíž by měla nabídnout prokazatelné a deduktivně neomylné důkazy pro své teorie. Víme, že vědecká data dokáží dát základ různým druhům interpretací, ne jedné konkrétní. Proto je důležitou otázkou, jak nejlépe dokážeme rozeznat tu nejlepší z nich. Není tedy překvapením, že se otázka nejlepšího vysvětlení dostává do popředí v diskuzích o filozofii vědy, nejen z hlediska minulých období vědeckého bádání, ale stejně tak jejího využití v moderních vědeckých poznatcích současnosti.²⁴

A proto se nyní i my budeme pomocí abdukce (metody, která hledá nejlepší možné vysvětlení) snažit najít dobré argumenty pro tvrzení, že Bůh existuje, a že vznik našeho vesmíru a života v něm, není pouhou náhodou, ale činem, jehož stopy můžeme nalézt i s pomocí kosmologie a pozorování vesmíru. Abychom k tomu mohli přistoupit, je potřeba seznámit se alespoň se základními informacemi, které jsme doposud o vývoji vesmíru byli schopni získat. A to díky vědeckému pozorování a vědeckému bádání. V druhé kapitole si proto představíme vývoj a současnou podobu kosmologického modelu, který nám ukazuje, jakým způsobem se vesmír v čase vyvíjel.

²⁴Srov. MCGRATH, Alistair E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 46–47.

2 Indície ukazující na stvoření vesmíru a existenci Boha

Poznání vesmíru se vyvíjelo po staletí. V poslední době však došlo k výraznému pochopení fungování vesmíru. Děje se tak na základě stále se zdokonalujících technických prostředků a díky teoretickým předpovědím významných vědců, kteří se podíleli na rozvoji důležitých teorií. V této kapitole si představíme významný posun v chápání vesmíru, který se udál až v průběhu minulého století. Na základě toho si poté popíšeme vývoj vesmíru, jak jej chápeme v současné době.

2.1 Teorie Velkého třesku

Dvacáté století je stoletím velkých objevů a dramatických změn v pohledu na vznik a vývoj vesmíru. Ještě na začátku toho století se myslelo, že vesmír je neměnný a statický. Touto skutečností byl ovlivněn také velikán, jakým byl Albert Einstein (1879–1955), který přichází v roce 1916 se svou teorií obecné relativity. V roce 1922 ruský matematik Alexander Friedmann (1888–1925) našel řešení rovnic obecné relativity pro homogenní vesmír. Z těchto rovnic však vyplynulo, že vesmír nemůže být statický. Musí se buď rozpínat nebo smršťovat.²⁵ To bylo pro Einsteina velkým překvapením. Tuto nesrovnalost, která by zaručovala stacionární řešení, vyřešil přidáním dodatečného členu do svých rovnic gravitačního pole, tzv. *kosmologickou konstantu* Λ (Lambda). O této skutečnosti později uvedl, že to byla největší chyba jeho života. Pokud by Einstein věnoval větší pozornost svým výsledkům mohl dlouho dopředu předpovědět na základě své teorie, že se vesmír rozpíná. Tato skutečnost byla pozorováním potvrzena až později.²⁶ Při zkoumání chemického složení hvězd v jiných galaxiích bylo, na základě jejich spekter, zjištěno něco zvláštního. Chybějící barvy ve spektrech těchto hvězd byly, ve srovnání s hvězdami naší galaxie, stejné, ale posunuté k červenému konci spektra. Tento jev byl vysvětlen na základě *Dopplerova jevu*²⁷. Světlo je částí elektromagnetického záření o určitých vlnových délkách (390–760 nm). Tuto různost lidské oko zaznamenává jako odlišnost barev. Světlo s nejkratší vlnovou délkou vnímáme jako barvu modrou, světlo s nejdelší vlnovou délkou jako červenou. Pokud máme světelný zdroj o určité vlnové délce umístěn ve statické vzdálenosti od pozorovatele, je pozorovatelem vnímána stejná vlnová délka. Pokud se však zdroj začne od

²⁵Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie: Aneb jak přednášet o kosmologii?*. Hvězdárna Valašské Meziříčí, 2011, s. 15.

²⁶Srov. McGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 112–113.

²⁷Více o Dopplerově jevu můžeme nalézt v knize: WEINBERG, Petr. *The First Three Minutes*, s. 11–17.

svého pozorovatele vzdalovat, dochází k prodloužení vlnových délek a pro pozorovatele se tento zdroj jeví jako zdroj s větší vlnovou délkou. Proto tedy platí, že když se hvězda od pozorovatele vzdaluje, je světlo, vyzařováno touto hvězdou, posunuto k červenému konci spektra.²⁸

V následujících letech americký astronom Edwin Hubble (1883–1953), na základě zkoumání vzdálenosti hvězd a jejich spekter usoudil, že téměř všechny galaxie se od nás vzdalují. Stalo se to na základě pozorování, které učinil díky největšímu zrcadlovému dalekohledu světa o průměru 2,5 metru, který byl umístěn na hoře Mt. Wilson v Kalifornii.²⁹ V roce 1929 však publikoval ještě překvapivější fakt: čím dále je galaxie od nás, tím více je spektrum posunuto k červenému konci. Jinými slovy, čím dále galaxie je, tím rychleji se od nás vzdaluje! To ovšem znamená, že vesmír statický není a neustále se rozpíná.³⁰ Tento fakt nyní vyjadřujeme pomocí koeficientu, který se nazývá *Hubbleova konstanta*, která udává poměr mezi rychlostí vzdalující se galaxie a její vzdálenosti.³¹ Důsledkem tohoto objevu byla ovšem těžko uvěřitelná myšlenka, že pokud se vesmír rozpíná, musel pak existovat prvotní stav o velké hustotě. Jinými slovy musel mít vesmír svůj počátek.

Prvním člověkem, který na základě pozorování navzájem se vzdalujících galaxií a Einsteinovy teorie relativity přišel s myšlenkou, že vesmír musí mít počátek a vznikl tzv. Velkým třeskem byl belgický fyzik a kněz George Lemaître (1894–1966). Ten nazval původní hustou a horkou hmotu „primární atom“.³²

Jako protiklad této myšlenky přichází v roce 1948 s dalším možným alternativním vysvětlením britský astronom Fred Hoyle (1915–2001), který vytvořil Teorii ustáleného stavu.³³ Tato teorie předpokládá konstantní střední hustotu hmoty a energie ve vesmíru. Při rozpínání vesmíru se proto kompenzuje tato rovnováha tvořením hmoty z ničeho. Tato teorie byla ovšem v šedesátých letech většinou vědecké společnosti zavržena. Přispěl k tomu i fakt objevu existence reliktního (zbytkového) záření.³⁴

V roce 1965 dva američtí fyzikové Arno Penzias (1933) a Rober Wilson (1936), při testování mikrovlnné antény pro komunikační satelity, narazili na problém. Nezávisle na nasměrování antény do libovolného směru, obdrželi v přijímaném signálu šum, který ne-

²⁸Srov. HAWKING, Stephen. *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*. London: Bantam books, 2016, s. 45–50.

²⁹Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 112–113.

³⁰Srov. HAWKING, Stephen. *A Brief History Of Time*, s. 46.

³¹Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 15.

³²Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 16.

³³Srov. DAVIES, Paul. *God & The New Physics*, s. 22–24.

³⁴Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 112–113.

mohli jednoduše eliminovat. Nejprve se snažili nalézt mechanickou závadu, či rušivé elementy způsobené ptáky, ale bez úspěchu. Poté si uvědomili, že jedinou možností, jak vysvětlit tento jev je, že tento signál musí přicházet mimo atmosféru naší planety. Dalším zkoumáním zjistili, že signál je stejný jak ve dne tak i v noci, v různém ročním období nezávisle na otáčení Země kolem své osy a kolem Slunce. Usoudili tedy, že tento signál musí přicházet z oblastí mimo Sluneční soustavu a dokonce mimo naši galaxii. Ve stejný čas se dva američtí fyzikové Bob Dicke (1916–1997) a Jim Peebles (1935) také zajímali o mikrovlnné záření. Na základě myšlenky, že vesmír ve svém počátečním stavu musel být velmi hustý a horký, si uvědomili, že také nyní bychom měli zachytit toto záření raného vesmíru a díky spektrálnímu posuvu právě ve formě mikrovlnného záření.³⁵ Když Penzias a Wilson uslyšeli o jejich práci, uvědomili si, že právě takovéto záření našli.³⁶

Zjistilo se tedy, že mikrovlnné záření, které vyzařuje ze všech částí vesmíru, je pozůstatkem prvotní obrovské exploze. Toto mikrovlnné záření odpovídá fotonům, které se pohybují prostorem, jež má v současné době teplotu 2,7 Kelvina. Objev tohoto zbytkového záření je důkazem, že vesmír má skutečně svůj počátek, a oba fyzikové za něj obdrželi v roce 1978 Nobelovu cenu. Reliktní záření bylo studováno a potvrzeno družicí COBE. Nyní se k dalšímu pozorování využívají sondy WMAP a Planck.³⁷

Obecná teorie relativity, spektrální posun, objev reliktního záření, tyto i další vlastnosti a objevy vedly k teorii o původu a vzniku vesmíru zvané *Teorie Velkého třesku* (anglicky Big Bang). Název „Big Bang“ vymyslel v padesátých letech Fred Hoyle jako posměšné pojmenování pro tuto teorii, se kterou nesouhlasil. Tento název se však ujal a stal se oficiálním názvem.³⁸ Teorie Velkého třesku je nyní širokou vědeckou komunitou přijímána jako standardní kosmologický model vzniku vesmíru. Teorie vychází z předpokladu, že vše v *pozorovatelném vesmíru*³⁹ vzniklo před 13,7 miliardami let velkým výbuchem (explozí, třeskem).⁴⁰

³⁵Srov. HAWKING, Stephen. *A Brief History Of Time*, s. 48–49, MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 113.

³⁶Více informací o tomto výzkumu můžeme nalézt knize WEINBERG, Petr. *The First Three Minutes*, s. 44–53.

³⁷Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 17.

³⁸Srov. REES, Martin J. *Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe*. London: Weidenfeld & Nicolson, 2015, s. 75.

³⁹Pozorovatelný vesmír je ta část vesmíru, ze které k nám stačilo dorazit světlo, za dobu existence vesmíru. V reliktním záření dnes dohlédneme až na samotný konec Velkého třesku, vidíme struktury, které zde byly 400 tisíc let po vzniku vesmíru, když vesmír ochladl natolik, že se stal viditelným pro světelné záření.

⁴⁰Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 14.

2.2 Standardní kosmologický model

Z informací z předešlé kapitoly víme, že se vesmír rozpíná z nějakého počátečního stavu. Na základě obecné teorie relativity (alternativa k teorii gravitace) můžeme soudit, že na počátku měl vesmír nekonečnou hustotu při nekonečné teplotě. Takovému stavu vědci říkají *singularita*⁴¹. Jenže při vzniku vesmíru nemůžeme uvažovat pouze o působení gravitační síly. Do hry vstupují také tři další interakce (elektromagnetická síla, silná a slabá jaderná síla). Z úvah posledních let plyne, že pokud se zakomponují tyto interakce do modelu vzniku vesmíru, podaří se singularitu odstranit. Jinými slovy, vesmír mohl mít sice vysokou teplotu a hustotu, ale tyto hodnoty byly konečné. Název Velký třesk byl původně používán pro počáteční singularitu, později se začal užívat pro celé počáteční období, kdy byl vesmír v plazmatickém stavu. Plazma je ionizovaný plyn, čtvrté nejméně zastoupené skupenství hmoty na Zemi, ale nejvíce se vyskytující (99%) v celém dalším vesmíru. Díky volným nábojům se plazma podobá tekutině, která interaguje s elektrickým a magnetickým polem a ty také plazma dovede sama vytvářet.⁴²

Na počátku byl vesmír v plazmatickém stavu (extrémně horký a hustý), prudce expandoval a ochlazoval se. Za přibližně 400 tisíc let ochladl natolik, že se začaly doposud volné elektrony spojovat s protony a dalšími jádry lehkých prvků a začaly vznikat první neutrální atomy. Tato plazmatická éra byla velmi bouřlivá. Elektromagnetické záření bylo součástí látky v plazmatickém stavu a bylo jí silně rozptylováno a pohlcováno. Tuto látku bychom si mohli představit jako svítící neprůhlednou tekutinu o teplotě několika tisíc kelvinů a světlo jí vyzařované mělo vlnovou délku stovky nanometrů. Po vzniku neutrálních atomů se však situace razantně změnila. Elektromagnetické záření s neutrálním plynem přestalo reagovat a oddělilo se od něj. Důsledkem toho přestala hmota složená z atomů svítit a začal tzv. *temný věk vesmíru*, který trval přibližně do doby 400 milionů let po vzniku vesmíru. V tomto období vznikají první hvězdy, které opět začínají ionizovat své okolí. Při rozpínání vesmíru toto rané záření, které mělo původně vlnovou délku několik set nanometrů postupně tuto vlnovou délku prodlužovalo, až na nynější hodnotu jednoho milimetru a my ho můžeme zachytit formou reliktního záření.⁴³

Důležité je poznamenat, že podmínky, které provázely ranou fázi vesmíru, vedly pouze k vytvoření prvků jakým byl vodík (H), hélium (He) a malé množství lithia (Li), které

⁴¹Singularita je však pro vědce matematická abstrakce. Nekonečno totiž nikde v přírodě nebylo doposud pozorováno a pokud se v teorii objeví, snaží se přijít vědci na způsob, jak ji odstranit.

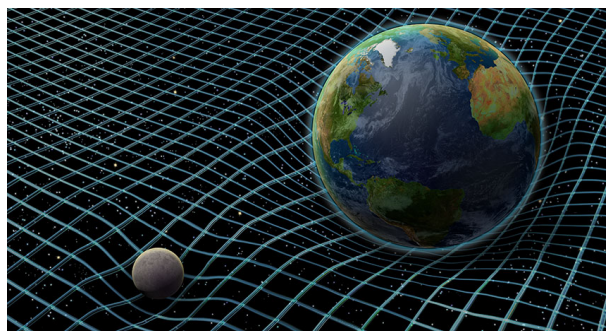
⁴²Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 20–21.

⁴³Tamtéž, s. 21.

jsou nejlehčími prvky našeho vesmíru.⁴⁴ Ostatní prvky se vytvářely až vzápětí díky termonukleárním reakcím uvnitř hvězd. Mezi ně patří kyslík (O), hořčík (Mg), křemík (Si), železo (Fe) a síra (S). Prvky, které tvoří 96% hmotnosti Země.⁴⁵

Dalším důležitým faktem je, že Velkým třeskem začal vesmír existovat nejen v prostoru, ale i v čase. Jinými slovy, čas začal v okamžiku rozpínání vesmíru. Klást otázku, co bylo před Velkým třeskem proto nemá smysl, jelikož čas ještě nebyl. Tento vznikající časoprostor je popsán Einsteinovou obecnou teorií relativity. Základem obecné teorie relativity jsou tato dvě tvrzení:

1. Každé těleso kolem sebe svou přítomností zakřivuje prostor a čas.
2. Tělesa se pohybují po nejrovnějších možných drahách (geodetikách) v jimi pokřiveném světě.⁴⁶



Obrázek 1: Zakřivení prostoru

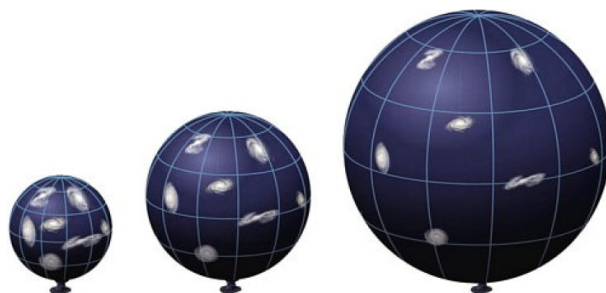
Časoprostor má tedy čtyři dimenze (tři prostorové a jednu časovou) a chová se jako elastické médium (může se protahovat, křivit a vibrovat). Abychom správně pochopili, co znamená, že se vesmír rozpíná, vysvětleme si to na jednoduchém příkladu. Představme si lehce nafouklý gumový balónek na kterém pro větší názornost nakreslíme dvě tečky. Když budeme balónek více nafukovat, bude se zvětšovat samotný prostor a tím i vzdálenost mezi nakreslenými tečkami. Galaxie se tedy nevzdalují od sebe v prostoru, ale vzdalují se proto, že samotný prostor se mezi nimi rozpíná. Velikost galaxií zůstává stejná.⁴⁷ Na obrázku 2 můžeme vidět ilustraci takového rozpínání.

⁴⁴Periodická soustava prvků. VŠCHT Praha [online]. [cit. 26.2.2018]. Dostupné z: <http://web.vscht.cz/~nadhernl/psp.html>

⁴⁵Srov. McGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 114–115

⁴⁶Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 12.

⁴⁷Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 15.



Obrázek 2: Rozpínání vesmíru

Také dnes předpokládáme, že vesmír nemá žádnou prostorovou hranici. To však neznamená, že musí být nutně nekonečný. Analogicky si toto můžeme představit při pohybu po našem pomyslném balónku, kde také na hranici nenarazíme i přestože je povrch konečný.⁴⁸

2.2.1 Vývoj vesmíru krok po kroku

Nyní si jen v základních rysech nastíníme, jakým způsobem se vesmír utvářel. Tento rychlý vhled slouží jen pro rámcovou představu vývoje našeho vesmíru. Pro detailnější nastudování této problematiky doporučuji práci Petra Kulhánka⁴⁹ a Stevena Weinberga⁵⁰ a výukový server Aldebaran⁵¹, katedry fyziky FEL ČVUT v Praze.

Na začátku musíme zmínit, že nejsme v této chvíli schopni říci, co se událo na úplném počátku vzniku vesmíru. Při extrémních podmínkách, které panovaly, nám doposud známé fyzikální zákony a teorie neposkytují žádné vodítko. Podle *Teorie všeho* (TOE, Theory of Everything) předpokládáme, že na počátku, kdy byla energie vyšší než 10^{19} GeV (Planckova energie) nebyl rozdíl mezi čtyřmi základními přírodními silami (interakcemi), kterými jsou: *gravitační síla*, *elektromagnetická síla*, *silná jaderná síla* a *slabá jaderná síla*. Existovala pouze jedna prainterakce.⁵² K popisu fyzikálních dějů v této prvotní chvíli je potřeba, aby teorie gravitace do sebe začlenila principy kvantové mechaniky. V dnešní době je pouze jedna teorie, která se o toto snaží – teorie superstrun. Ale prozatím vědci nerozumí všem principům, které by vedly ke správné interpretaci.⁵³ Z vědeckého hlediska jsou ověřitelné naše představy od časového okamžiku 10^{-13} s. Tyto energie jsme nyní nejlepšími technickými možnostmi schopni vytvořit na urychlovačích částic (RHIC–USA,

⁴⁸Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 10.

⁴⁹KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*.

⁵⁰WEINBERG, Petr. *The First Three Minutes*.

⁵¹<http://www.aldebaran.cz>.

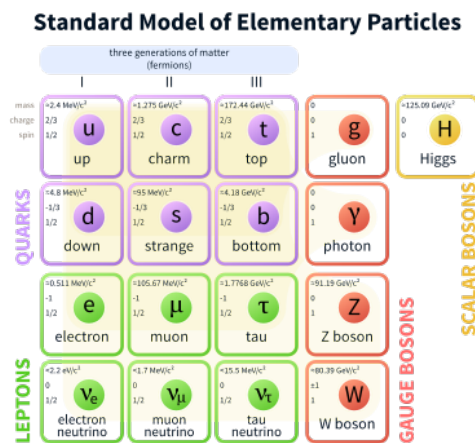
⁵²Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 26.

⁵³Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 18.

LHC–CERN), které slouží ke zkoumání srážek atomových jader. My tak můžeme zkoumat, co se událo při vývoji vesmíru. Co se událo blíže počátku vesmíru, jsou pouze naše nejisté dohady. Podívejme se tedy, jaký je vývoj vesmíru z pohledu našeho poznání, které jsme doposud učinili.⁵⁴

10^{-43} s, oddělení gravitace. $T \approx 10^{32}$ K, $E \approx 10^{19}$ GeV, $\rho \approx 10^{94}$ g/cm³.

Tento časový údaj se nazývá Planckovým časem, o kterém se více zmíníme v další kapitole. Částice mají Planckovou energii a vesmír je extrémně hustý. V tomto období, by se měla oddělit z původní prairinterakce gravitační interakce. Z pohledu kvantové fyziky jsou zde částice kvarky, leptony, polní částice a další exotické částice (např. X,Y). Protože se zde vyskytují tyto částice, měl by být proton nestabilní, ale jeho poločas rozpadu je i tak větší než 10^{33} let. Jsou zde také důvody domnívat se, že v této době také došlo najednou k velké expanzi vesmíru (inlace).⁵⁵ A je možné, že tuto expanzi způsobila energie uvolněná právě při oddělení gravitační interakce.



Obrázek 3: Elementární částice

10^{-35} s, oddělení silné interakce. $T \approx 10^{27}$ K, $E \approx 10^{14}$ GeV.

V tomto časovém okamžiku by mělo dojít k oddělení silné jaderné interakce. S touto událostí může být opět spojena následná inflace a uvolněná energie byla využita k zahřátí vesmíru. Částice X a Y se dále rozpadají a vznikají páry (kvark–antikvark, kvark–antilepton) a naopak opět mohou vznikat ve vzájemných interakcích částice X a Y. Částice X a Y jsou v termodynamické rovnováze s kvarky a leptony.

⁵⁴Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 27–30.

⁵⁵Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 17, 20.

10^{-30} s, narušení symetrie mezi hmotou a antihmotou. $T \approx 10^{25}$ K, $E \approx 10^{12}$ GeV.

Nyní klesla energie pod hodnotu, při které jsou schopny samovolně vznikat částice X a Y. Ty se postupně rozpadají na dvojice (antikvark–lepton, kvark–antilepton). Procesy mezi leptony a kvarky probíhají mírně asymetricky a z toho důvodu začíná převládat hmota nad antihmotou. Pro představu, z jedné miliardy vzájemných reakcí převládá jedna reakce ve prospěch hmoty.

10^{-10} s, oddělení slabé interakce. $T \approx 10^{15}$ K, $E \approx 10^2$ GeV.

Dochází k narušení symetrie elektroslabé interakce a její oddělení od elektromagnetické interakce. Za narušení symetrie jsou zodpovědné Higgsovy částice. Tyto částice byly předpovězeny, ale poprvé dokázány až v roce 2012 na základě pokusů v urychlovači LHC v Cernu. Od tohoto časového okamžiku můžeme pozorovat všechny čtyři interakce v podobě, jak je známe dnes.

10^{-5} s, hadronizace látky. $T \approx 10^{13}$ K, $E \approx 1$ GeV.

Končí období volných kvarků. Od tohoto okamžiku gluony pospojují kvarky do dvojic (mezonů) a trojic (baryonů). Při procesu anihilace baryonů a antibaryonů, který následuje, vzniká záření a leptony. Z každé miliardy anihilací zůstane ve vesmíru jeden baryon a z těchto baryonů je pak tvořena současná atomární látka.

1 s, oddělení neutrin. $T \approx 3 \times 10^{10}$ K, $E \approx 1$ MeV.

Neutrína přestávají reagovat s látkou a chladnou. Dnes by měla mít reliktní neutrina teplotu okolo 2 K a jejich hustota by měla být 300 neutrin na cm^3 . Měla by v sobě nést obraz vesmíru z doby jejich osamostatnění. Probíhá slabá interakce mezi neutrinou, elektrony, neutrony a protony. Doba života neutronu je necelých 15 minut a začíná převládat rozpad neutronů nad jejich tvorbou. Neutron, který zachytí proton se stává součástí atomového jádra. Zbylé neutrony se rozpadají.

10 s, anihilace elektronů a pozitronů. $T \approx 5 \times 10^9$ K, $E = 500\,000$ eV.

Do této mezní teploty jsou elektrony a pozitrony v rovnováze se zářením. Nastává stejný počet anihilačních a kreačních procesů. Anihilací elektronu a pozitronu vzniká záření a naopak. Od tohoto okamžiku převládá proces anihilace a vznikající záření ohřívá celý vesmír (kromě oddělených neutrin). Díky malému nadbytku hmoty nad antihmotou vznikne na každou miliardu anihilací jeden elektron. Ten je později využit ke stavbě atomového obalu.

4 min, tvorba lehkých jader. $T \approx 9 \times 10^8$ K, $E = 90\,000$ eV.

Tato hodnota energie je vazebnou energií deuteria. Teplota záření nad touto hodnotou brání ke slučování neutronů a protonů. Nyní mohou protony a neutrony začít

vytvářet atomová jádra a je odstartován proces tvorby lehkých prvků. Z celkového počtu nukleonů připadá 13% na neutrony a 87% na protony. Tento poměr již do budoucna zůstane stejný. Na základě tohoto poměru se vytváří 26% hélia a 74% vodíku. Vodík se v dnešním vesmíru vyskytuje ve formě izotopu vodíku (94%) a izotopu deuteria (6%). Pro vznik těžších prvků zde není dostatek času kvůli rychle expandujícímu vesmíru. Čas pro tvorbu prvků je velmi krátký (3–5 min) po vzniku vesmíru. Je to z toho důvodu, že předtím je vesmír příliš horký, poté zase příliš řídký. Procentuální zastoupení vodíku a hélia patří také k největším důkazům o existenci Velkého třesku, žádný jiný proces by takového množství lehkých prvků nedokázal vytvořit.⁵⁶

400 tisíc roků, tvorba atomárních obalů. $T \approx 4\,000\text{ K}$, $E = 0,4\text{ eV}$.

Teplota klesla natolik, že elektrony mohou tvořit atomární obaly. Přestávají existovat volné elektrony a z toho důvodu již nedochází k rozptylu fotonů, které s těmito elektrony reagovaly. Důsledkem toho je, že záření přestává reagovat s hmotou a odděluje se od látky. Toto záření nazýváme reliktním zářením a dnes má teplotu 2,73 K. Teplota reliktního záření je o 40% vyšší než teplota reliktních neutrin. Končí éra Velkého třesku a začíná období temného věku vesmíru.

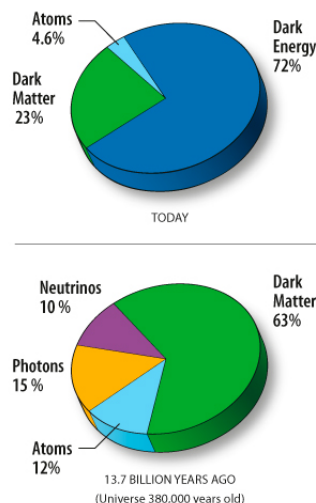
400 miliónů roků, vznik hvězd. $T \approx 100\text{ K}$, $E = 10\text{ meV}$.

Končí temné období vesmíru. Jsme v období tvorby velmi hmotných hvězd, vznikají obří hvězdy nulté generace. Je to doba nejintenzivnějšího vývoje hvězd v celé historii vesmíru, ty však mají krátký život. Látka ve vesmíru je ionizována opět těmito hvězdami. V nitru těchto megahvězd vznikají těžké prvky až po železo, tyto jsou poté při výbuchu hvězdy ve stádiu supernovy rozmetány do okolí. V explodujících obálkách však probíhá také vývoj těžších prvků, než je železo.

5 miliard let, počátek zrychleného rozpínání. S rozpínáním vesmíru nejrychleji klesá hustota záření, pomaleji pak hustota látky. Podle našich dosavadních znalostí hustota temné energie s expanzí neklesá. Z toho se dá vyvodit, že se mění poměrné zastoupení jednotlivých složek ve vesmíru. Na počátku bylo v převaze záření (éra záření: období do 400 tisíc let), poté převažovala látka (éra látky: 400 tisíc let – 5 miliard let), od této doby do současnosti převládá temná energie, která způsobuje zrychlenou expanzi vesmíru, které bylo prokázáno v roce 1998. Více si o tomto objevu řekneme v jedné z dalších kapitol.

⁵⁶Srov. KRAUSS, Lawrence M. *A Universe from Nothing: Why There Is Something Rather Than Nothing* London: Simon & Schuster, 2012, s. 18.

14 miliard let, současnost. Podle odhadů se nyní v našem současném vesmíru nachází 72% temné energie, 23% temné hmoty a 4% atomární látky, ze které vznikly mlhoviny, hvězdy, galaxie, a kupy galaxií. Současné složení vesmíru můžeme na obrázku 4 porovnat s obdobím, kdy byl vesmír 380 tisíc let starý.



Obrázek 4: Složení vesmíru (WMAP 2008)

Existenci *temné hmoty* předpověděl v roce 1934 americký astronom Fritz Zwicky (1898–1974), který stejně jako Edwin Hubble pracoval na dalekohledu na hoře Mt. Wilson. Zjistil na konkrétním příkladu kupy galaxií, že jednotlivé galaxie mají vyšší rychlost než vyplývá z gravitačního zákona. v roce 1968 ukázala americká astronomka Vera Rubinová (1928–2016), že tento jev platí také pro jednotlivé galaxie a jejich hvězdy. Zjistila, že na periferii se hvězdy pohybují rychleji v rozporu s Keplerovými zákony, či gravitačním zákonem. Z úvah plyne, že pokud se pohybují tyto hvězdy rychleji, měla by je odstředivá síla vypudit pryč z galaxie, to se však neděje. A proto musí existovat nějaká neviditelná hmota, která je na svých drahách drží. Této hmotě se začalo říkat temná hmota, kterou si představujeme složenou z dosud neobjevených exotických částic, které dokáží hmotou procházet.⁵⁷ Tyto částice nevyzařují ani nepohlcují žádné světlo.⁵⁸

Většina historie vesmíru (alespoň ta, do které můžeme nahlédnout) je ve znamení zpomalování rozpínání vesmíru a to z toho důvodu, že veškerá hmota ve vesmíru je ovlivněná gravitací, která je za toto zodpovědná.⁵⁹ Na základě pozorování v roce 1998 se však

⁵⁷Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 16.

⁵⁸Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 17.

⁵⁹Tamtéž, s. 17.

zjistilo, že od určité doby dochází ke zrychlené expanzi vesmíru. Gravitační síla, jakožto přitažlivá síla může expanzi pouze brzdit. Proto musí existovat něco, co toto rozpínání vesmíru způsobuje. Je to něco, co prostupuje celý vesmír. Je homogenní a hustota se vůbec, nebo jen málo mění. Fyzikové tuto entitu nazvali *temnou energií*. V současné době neznáme odpověď, co se za touto temnou energií skrývá. Je více navržených variant, ale musíme si počkat na další vědecké řešení tohoto problému. Jisté je, že tato temná energie je nejvíce zastoupenou složkou našeho současného vesmíru.⁶⁰

Jak jsme si nyní krátce vysvětlili, vývoj vesmíru má svá daná pravidla a přesné mechanismy, jakým způsobem se vytváří a funguje. Od formování prvních atomů, až po celé galaxie, které můžeme vidět dnešními dalekohledy. Už tyto dílčí a základní informace by nás mohly vést k přesvědčení, že vesmír je místem, který nemůže fungovat jen čistou náhodou. Je to však pouhý začátek. V následující kapitole, která je jádrem našeho důkazu v hledání nejlepšího možného vysvětlení Boží existence, si představíme myšlenku, která nás v tomto našem úsudku může pevněji přesvědčit. Je to právě řád věcí, který má svá jasná pravidla a který je reprezentován určitým souborem jemně sladěných detailů, jež umožňují fungování vesmíru a vývoj života ve formě, kterou známe.

⁶⁰Srov. KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 18–19.

3 Jemně vyladěný vesmír (Fine-Tuned Universe)

Dříve než Albert Einstein zveřejnil svou obecnou teorii relativity a rozvinula se teorie Velkého třesku, nebylo vůbec nutné uvažovat o stvoření vesmíru. Na základě Newtonových poznatků neměnného a statického vesmíru existoval nekonečný vesmír nekonečně dlouho, s nespočetnými možnostmi pro utvoření vhodné kombinace podmínek pro vesmír v podobě, kterou vidíme dnes. Standardní kosmologický model ovšem tento pohled od základu změnil. Jelikož má vesmír svůj počátek, je jeho vývoj závislý na podmínkách utvořených při Velkém třesku.⁶¹

Zaměříme se nyní na některé vědecké poznatky, které by nás mohly vést k přesvědčení, že vesmír je místo, účelově stvořené pro vznik života. Jednou z věcí, kterou argumentují vědci, je výskyt univerzálních kosmologických konstant, kterými je popisován náš vesmír:

- Hodnoty kosmologických konstant, které upravují vztah mezi hmotou, prostorem a energií tak, aby v daném čase mohl vzniknout život, musí být ve velmi omezeném a pevně daném rozmezí.
- Mnohem vyšší je pravděpodobnost, že konstanty budou nabývat hodnot v podstatě jakýchkoliv, a z toho důvodu nevytvoří podmínky pro vznik života.
- Z těchto dvou předpokladů vyplývá, že šance na vznik vesmíru, ve kterém by byly vhodné podmínky pro život v jakékoliv formě, je mizivá. Proto je velmi nepravděpodobné, že by se tyto podmínky vytvořily pouhou náhodou.⁶²

3.1 Co znamená jemné vyladění vesmíru?

Z pozorování vesmíru můžeme vidět, že to, jak funguje a jakým způsobem se utvářel, muselo být dáno na základě velmi přesných pravidel a kroků. Je mnoho vlastností vesmíru, které mohly být různé a v kombinaci s ostatními mohly vést k formování vesmíru s úplně jiným charakterem. Hodnoty určitých kosmologických konstant a jejich charakter jsou zásadními základními kameny vzniku vesmíru takových vlastností, které umožňující vznik života.

Již v roce 1973 poznamenal Stephen Hawking (1942–2018), že ze všech možných hodnot základních fyzikálních konstant, pouze relativně malý rozsah počátečních podmínek může vést ke vzniku vesmíru, jaký vidíme.⁶³ Tyto konstanty mají velmi přesné číselné

⁶¹Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 49.

⁶²Tamtéž, s. 50.

⁶³Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 116.

hodnoty, které jsou známy z fyzikálních měření. Z toho můžeme vyvodit, jaká je pravděpodobnost vzniku vesmíru umožňující vznik života a také důsledek případných odchylek, jestliže by jich tyto konstanty nabývaly.

Zaměříme se tedy blíže na nejdůležitější kosmologické konstanty, které jsou zásadní ve vývoji našeho vesmíru. V další části této kapitoly si nejprve kosmologické konstanty představíme, vysvětlíme si, jakou roli ve vesmíru sehrávají a poté si uvedeme důležité důsledky pro vznik a vývoj vesmíru, pokud by velikost jejich hodnot byla odlišná.

3.2 Kosmologické konstanty a jejich vliv na utváření a vývoj vesmíru

V této kapitole si na hodnotách kosmologických konstant dokážeme fakt, že možností vzniku vesmíru podporující život je mnohem méně, než vzniku jakéhokoliv jiného vesmíru (vesmír plný černých děr; jiný, který by se měnil tak rychle, že by neumožňoval vznik složitějších struktur atd.)

Aby se utvořil vesmír, který by v sobě dokázal zformovat větší struktury (planety, hvězdy, galaxie) a později také umožnil vznik životních forem, je zapotřebí, aby z dlouhodobého hlediska byl stabilní a interakce mezi hmotou a formačními silami se v čase řídily podle určitých zákonitostí a dlouhodobě trvajících parametrů. Tyto parametry nazýváme kosmologické konstanty. Jsou to právě ony, které „kontrolují“ vzájemné působení všeho ve vesmíru a jsou vyjádřeny pomocí fyzikálních rovnic. Fyzikální rovnice se liší od matematických. Ty jsou založeny na vztahu mezi axiomaticky definovanými vlastnostmi, které můžeme dokázat pomocí důkazu. Naproti tomu fyzikální rovnice popisují přesný a neměnný vztah mezi hmotou, silami a časem, následkem empirického pozorování. Z toho tedy vyplývá, že kosmologické konstanty mají velmi přesné a stejné hodnoty v každém místě a v každém čase.⁶⁴

Můžeme se ptát, proč má prostor tři dimenze? Proč je gravitace tak slabá? Proč je proton 1836 krát těžší než elektron? A tak dále. Číselné hodnoty, které příroda přiřadila základním konstantám, jakým je elektrický náboj elektronu, hmotnost protonu, gravitační konstanta a další, mohou být záhadné, ale jsou rozhodující pro stavbu a složení vesmíru, který vnímáme. Jak hlouběji pronikáme do poznání světa kolem nás, od atomů až po galaxie, zjišťujeme, že hodně vlastností jsou pozoruhodně citlivé na přesné hodnoty základních konstant. Hodnoty těchto konstant určují, jak vesmír vypadá a jakým způsobem se vyvíjí. Kdyby si příroda zvolila trochu jinou sadu čísel, svět by byl velmi odlišným

⁶⁴Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 52.

místem. Současné objevy nás stále více přivádějí k uznání, že vývoj vesmíru byl nastaven s udivující přesností. Pokud by se velikost těchto konstant změnila, vedlo by to k formování vesmíru za naprosto odlišných podmínek. Vesmír by tedy vypadal úplně jinak a vznik života by nebyl třeba vůbec možný.⁶⁵ Představme si tedy nyní podrobněji tyto důležité kosmologické konstanty.

První z nich je Newtonova *gravitační konstanta* $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$. Ta má důležitý význam, protože předurčuje strukturu gravitačních systémů. Je zodpovědná za určení velikosti gravitační síly, která působí mezi hmotnými tělesy. Pokud máme dvě tělesa o hmotnosti jednoho kilogramu ve vzdálenosti jednoho metru, pak gravitační síla, která mezi nimi působí má hodnotu $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$. Gravitační konstanta G je univerzální konstantou. Z toho vyplývá, že kdekoliv ve vesmíru má a měla konstanta G stejnou hodnotu. Ve 20. století byla Newtonova gravitační teorie nahrazena novou teorií zvanou obecná teorie relativity, jelikož Newtonova teorie nebyla schopna popsat jevy způsobené silnými gravitačními poli. Ačkoliv se však výsledky Newtonovy teorie liší od teorie obecné relativity v případě silných gravitačních polí, pro slabší gravitační pole je stále dostačující a platná.⁶⁶

Druhou konstantu, kterou si představíme je *kosmologická konstanta* Λ (Lambda). Ta byla nejprve zavedena Albertem Einsteinem do rovnic obecné relativity proto, aby zachovala neměnnost vesmíru. Poté, co Edwin Hubble zjistil, že vesmír není statický, ale rozpíná se, byla tato konstanta odstraněna. Zjistilo se však, že ukvapeně. Moderní kvantová teorie s touto konstantou počítá. Tato konstanta má hodnotu $1,11 \cdot 10^{-53} \text{ m}^{-2}$ a charakterizuje velikost odpudivé síly ve vesmíru. Z velikosti konstanty vyplývá, že dvě jednokilogramová tělesa ve vzdálenosti jednoho metru cítí přitažlivou sílu, která je 10^{25} krát větší než vesmírná odpudivá síla. Za to na dvě galaxie o hmotnosti 10^{41} kg , které by byly vzdáleny 10^6 světelných let (10^{22} m), by působila přitažlivá i odpudivá síla stejná.⁶⁷

Nyní se zaměříme na dvě důležité konstanty, které souvisí s elektromagnetickou silou. Elektřina a magnetismus jsou jevy úzce propojeny a vděčí svému původu *elektrickému náboji* e . Síla interakcí (vzájemného působení) mezi dvěma elektrickými náboji závisí komplikovaně na jejich vzájemné pozici a pohybu. Pokud si představíme, pro zjednodušení, dva elektrické náboje e_1, e_2 , které jsou v klidu, pak vzájemná síla, která mezi nimi působí, je dána vztahem

$$F = \frac{e_1 e_2}{4\pi\epsilon r^2},$$

⁶⁵Srov. DAVIES, Paul. *The Accidental Universe*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009, s. 7.

⁶⁶Tamtéž, s. 9–10.

⁶⁷Tamtéž, s. 11.

kde ε (epsilon) je universální konstanta nazvána *permitivita vakua*, která rozhoduje o síle elektromagnetických účinků a má hodnotu $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$. A proto mezi dvěma elektrickými náboji o velikosti 1 Coulombu, umístěných 1 m od sebe, bude působit elektrická síla $8,99 \cdot 10^9 \text{ N}$. Je známo, že elektrický náboj nesou různé elementární částice. Mezi nejznámější patří proton a elektron. Hodnota jejich elektrického náboje je vždy stejná a patří také mezi důležité univerzální konstanty přírody. Hodnota elementárního náboje e má hodnotu $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Rozdílem je pouze kladné a záporné rozlišení náboje. Podle domluvy má proton kladný náboj, elektron záporný. Pokud se zmíníme o magnetické síle, pak není experimentální důkaz o magnetickém náboji. Magnetické síly jsou generovány zcela elektrickým proudem (pohybem elektrických nábojů). Nové moderní teorie, zabývající se sjednocením všech sil, sice předpovídají existenci i magnetického náboje, ale britský fyzik Paul Dirac (1902–1984) ukázal, že i přesto není třeba zavádět novou základní jednotku, protože množství magnetického náboje, který by tato částice nesla, může být pouze násobkem elementárního elektrického náboje.⁶⁸

Zmínili jsme se již o konstantách sil gravitační a elektromagnetické. Obrátme nyní svou pozornost na zbylé dvě síly, které ve vesmíru působí. Těmi jsou slabá a silná jaderná síla. Slabá jaderná síla je zodpovědná za mnoho jaderných procesů a projevuje se skrze změnu identity částic. Jedním z těchto procesů je například přeměna neutronů na protony. Slabá jaderná síla je charakterizována *konstantou slabé vazebné síly* g_w a má hodnotu $1,43 \cdot 10^{-62} \text{ J m}^{-1}$, která určuje míru transformace, jakým je třeba neutronový rozklad. Silná jaderná síla je považována za sílu komplikovanější. Je ve své podstatě zodpovědná za vazbu protonů a neutronů v atomovém jádru. Bez této síly by se jádro rozpadlo vlivem elektrické odpudivé síly protonů. Silná jaderná síla působí ve velmi malých vzdálenostech ($< 10^{-15} \text{ m}$) a její účinnost s přibývajícím vzdáleností prudce klesá. Ve výpočtech v tomto případě figuruje *konstanta silné vazebné síly* g_s .⁶⁹

Veškerý pohyb těles ve vesmíru je dán přírodními zákony. Z naší zkušenosti vyplývá, že tento pohyb je dostatečně a správně popisován Newtonovou klasickou mechanikou. Jsou však i takové situace, kdy Newtonovy zákony selhávají a k popisu reality je zapotřebí jiných postupů. Tyto situace nastávají ve dvou případech. Jednak, pokud se rychlost zkoumaných těles blíží rychlosti světla. V tomto případě je potřeba využít k popisu speciální teorii relativity. A zadruhé, když hraje roli přítomnost velmi silného gravitačního pole. To pak musíme opustit nejen klasickou mechaniku, ale i newtonovy gravitační zákony. Na řadu přichází obecná teorie relativity. Podle této teorie je gravitace projevem časoprostorového zakřivení. Pokud se vrátíme k prvnímu případu, velkou roli zde

⁶⁸Tamtéž, s. 12–13.

⁶⁹Tamtéž, s. 13.

hraje *rychlost světla*. Jedná se o absolutní limit rychlosti našeho vesmíru a má hodnotu $c = 300\,000 \text{ km s}^{-1}$. Těto rychlosti nemůže dosáhnout žádné těleso s nenulovou hmotností, jak si ukážeme dále. Základním kamenem speciální teorie relativity je fakt, že rychlost světla je pro všechny pozorovatele stejná, bez ohledu na to, kam a jak se pohybují. Z toho důvodu má mechanika rychle se pohybujících těles vlastní zajímavé vlastnosti (dilatace času, délková kontrakce). Proto je i rychlost světla univerzální konstantou, která má velký význam pro uspořádání našeho vesmíru. Konstanta rychlosti světla se také objevuje v asi nejznámější rovnici v dějinách fyziky, která popisuje vztah energie a hmotnosti tělesa

$$E = mc^2,$$

kde $m = m_0\sqrt{(1 - v^2/c^2)}$ se nazývá relativistická hmotnost, E je energie tělesa, m_0 je klidová hmotnost tělesa a v je rychlost pohybujícího se tělesa. Potom energii tělesa o klidové hmotnosti m_0 , které se vzhledem k pozorovateli pohybuje rychlostí v můžeme vyjádřit vztahem

$$E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}}.$$

Z tohoto vztahu můžeme dokázat, že rychlost světla, je rychlostí, pro hmotné objekty, nedosažitelnou. Pokud totiž uvažujeme těleso, které se pohybuje rychlostí blížíící se rychlosti světla, je ze vztahu patrné, že energie takového tělesa se blíží nekonečnu. Jinými slovy, pokud bychom chtěli, aby těleso dosáhlo rychlosti světla, museli bychom mu dodat nekonečné množství energie. V opačném případě, pokud je těleso v klidu, tzn. $v = 0$, je energie tělesa rovna hodnotě $E_{rest} = m_0c^2$. Tato klidová energie je tedy dána výhradně hmotností tělesa, ne jeho pohybem. Někdy je tento vztah hmoty a energie vyjádřen tím, že energie a hmota jsou ekvivalentní. Nebo také, že energie má hmotnost a hmotnost má energii. Jako příklad můžeme uvést Slunce, které vyzařuje energii 10^{26} J (joulů) za sekundu. Tato ztráta energie je ekvivalentní hmotnosti $4 \cdot 10^6$ tun. Z toho tedy vyplývá, že Slunce je každou sekundu o 4 miliónů tun lehčí.⁷⁰

Albert Einstein zavedl v roce 1905 pojem dualita částic a vlnění. Tento pojem se vztahuje ke skutečnosti, že světlo (což je forma elektromagnetického záření) vykazuje v některých případech vlnový charakter (ohyb světla) a jindy zase částicový charakter (fotoelektrický jev). Důležitým objevem kvantové fyziky bylo, že tuto vlastnost vykazují všechny částice, nejen světlo, a tudíž můžeme i částice popsat pomocí vlnových délek.⁷¹ K

⁷⁰Tamtéž, s. 13–15.

⁷¹Srov. *Wikipedie: Dualita částice a vlnění* [online]. ©2017 [cit. 20.3.2018]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Dualita_částice_a_vlnění&oldid=15394159

tomuto popisu se využívá další univerzální konstanta, tzv. *Planckova konstanta* h , která má hodnotu $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js. V tom kontextu, kdy se částice chová jako vlna, vystupuje h v poměru energie a frekvence fotonu, $E = hf$. Pro popis vlny jako částice, je Planckova konstanta ve vztahu s hybností částice p a její vlnovou délkou λ , zapsáno jako $p = h/\lambda$.⁷²

Další univerzální konstantou, kterou si jen krátce představíme je, *Boltzmannova konstanta* $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ JK⁻¹, která je činitelem převodu mezi jednotkami tepelné energie a teploty.⁷³ Posledními dvěmi konstantami je hmotnost elektronu m_e a protonu m_p .

Mimo tyto základní kosmologické konstanty je také důležité uvést některé konstanty, které na těchto základních závisí a sehrávají také důležitou roli v popisu fyzikálních dějů našeho vesmíru.

V jaderných procesech zahrnujících vyzařování a pohlcování fotonů je nutné uvažovat společné účinky kvantové teorie a elektromagnetismu. Z toho vyplývá, že chování v takovýchto procesech závisí na všech konstantách s těmito silami spojenými. Velikost elementárního náboje e , Planckova konstanta h , rychlost fotonu c a permitivita ϵ . Vztah všech těchto veličin se dá vyjádřit pomocí konstanty α . Tato konstanta vstupuje do všech procesů zahrnujících interakci hmoty a záření a nazýváme ji *konstantou jemné struktury*.⁷⁴

Z kvantové teorie víme, že energie se ve vesmíru nepředává spojitě, ale po určitých „kouscích“ energie, neboli kvantech⁷⁵. Toto kvantum musí mít tedy určité minimální vlastnosti. Kombinací Planckovy konstanty h , rychlostí světla c a gravitační konstanty G můžeme vyjádřit minimální jednotky pro hmotnost, délku a čas. Těmito odvozenými konstantami jsou:

$$\text{Planckova délka } l_p = 1,62 \cdot 10^{-33} \text{ m,}$$

$$\text{Planckova hmotnost } m_p = 2,18 \cdot 10^{-8} \text{ kg,}$$

$$\text{Planckův čas } t_p = 5,39 \cdot 10^{-44} \text{ s.}$$

Vzhledem k tomu, že konstanty l_p a t_p jsou téměř o dvacet řádů menší, než je možno současnými technologickými prostředky změřit, nemohou být tyto hodnoty přímo ověřeny.⁷⁶

Uvedli jsme si základní charakteristiky nejdůležitějších univerzálních přírodních konstant, které důležitým způsobem ovlivňují chování fyzikálních struktur v našem vesmíru.

⁷²Tamtéž, s. 16.

⁷³Tamtéž, s. 38.

⁷⁴Tamtéž, s. 20.

⁷⁵Srov. HALLIDAY, David, JEARL, Walker, RESNICK, Robert. *Fyzika: Vysokoškolská Učebnice Obecné Fyziky*. Brno: VUTIUM, 2003, s. 1034.

⁷⁶Srov. DAVIES, Paul. *The Accidental Universe*, s. 21.

Jejich stálost byla také testována různými experimenty a kosmologickým pozorováním, aby se případně zjistilo jejich kolísání v čase vývoje vesmíru. Lokální experimenty se prováděly na základě ověřování pomocí geologického zkoumání. Například změny konstant g_s a e by byly patrné v jaderné stabilitě a poločasu rozpadu jednotlivých prvků. Odlišnost konstanty G by zase ovlivnila svítivost Slunce a pohyb Země kolem Slunce. Pro tyto změny, by existoval geologický záznam. Pro zkoumání prostorových i časových změn, se vychází z pozorování odlehlých oblastí vesmíru, které můžeme pozorovat díky světlu, které k nám dnes z těch vzdálených částí vesmíru přichází. Změna konstanty e a m_e by ovlivnila spektra vzdálených galaxií a tuto změnu bychom zaregistrovali. Změna v G by zase zapříčinila patrnou změnu v galaktické struktuře. Žádná z těchto důkladných analýz neposkytla zatím žádný důkaz, ze kterého bychom usoudili, že došlo ke změnám hodnot základních kosmologických konstant v průběhu vývoje vesmíru.⁷⁷

Pro ucelenou představu můžeme v tabulce níže vidět souhrn všech základních a odvozených kosmologických konstant i s jejich označením a číselnými hodnotami:

Základní kosmologické konstanty		
Název	Označení	Hodnota
Rychlost světla	c	$300\,000\text{ km s}^{-1}$
Newtonova gravitační konstanta	G	$6,67 \cdot 10^{-11}\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}\text{ s}^{-2}$
Planckova konstanta	h	$6,6 \cdot 10^{-34}\text{ J s}$
Kosmologická konstanta	Λ	$1,11 \cdot 10^{-53}\text{ m}^{-2}$
Hubbleova konstanta	H_0	$73,45 \pm 1,66\text{ km s}^{-1}\text{ Mpc}^{-1}$
Konstanta slabé vazebné síly	g_w	$1,43 \cdot 10^{-62}\text{ J m}^{-1}$
Konstanta silné jaderné vazebné síly	g_s	$\approx 14,6$
Klidová hmotnost protonu	m_{pr}	$1,67 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$
Klidová hmotnost elektronu	m_{el}	$9,11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$
Elementární náboj	e	$1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
Boltzmannova konstanta	k	$1,38 \cdot 10^{-23}\text{ J K}^{-1}$
Poměr fotonů/protonů	S	10^9
Permitivita vakua	ε_0	$8,85 \cdot 10^{-12}\text{ F m}^{-1}$
Odvozené konstanty		
Planckova délka	l_p	$1,62 \cdot 10^{-33}\text{ m}$
Planckova hmotnost	m_p	$2,18 \cdot 10^{-8}\text{ kg}$
Planckův čas	t_p	$5,39 \cdot 10^{-44}\text{ s}$
Elektromagnetická konstanta jemné struktury	α	$7,30 \cdot 10^{-3}$

Tabulka 1: Seznam základních kosmologických a odvozených konstant

⁷⁷Tamtéž, s. 40.

Představili jsme si základní univerzální kosmologické konstanty, které hrají důležitou roli ve vývoji vesmíru. Jsou to konstanty, které mohou nabývat enormních hodnot, jakou je rychlost světla. Nebo naopak hodnot zcela minimálních, například hmotnost elementárních částic. Rozsah je to opravdu značný, ale vidíme, že každá konstanta má svou přesnou hodnotu a důležité místo ve fungování celkového vesmíru. Zaměřme se nyní na potenciální možnost a připuštěme myšlenku, že tyto univerzální konstanty budou nabývat hodnot odlišných. Stalo by se něco zásadního při těchto změnách? V následující kapitole si vysvětlíme, zda opravdu fungování vesmíru a jeho vývoj záleží na přesných hodnotách univerzálních konstant nebo by tyto hodnoty mohly být libovolné.

3.3 Důsledky změn kosmologických konstant

Mikrostruktury (jádra, atomy, molekuly), makrostruktury (pevná tělesa, planety, hvězdy, galaxie), to vše je předurčeno malým počtem univerzálních konstant. Pokud by tyto konstanty nabývaly jiných číselných hodnot, než těch kterých nabývají, pak by tyto struktury vypadaly zcela jinak. Co je zvláště zajímavé, že v mnoha případech jenom malá změna hodnot by velkým způsobem proměnila celý systém. Je tedy evidentní, že uspořádání vesmíru je založeno na přesném a velmi citlivém, vzájemném vyladění kosmologických konstant. V této části si ukážeme konkrétní závěry, které by vyplynuly z hypoteticky odlišných hodnot jednotlivých konstant.

Nejčastějšími objekty v celém vesmíru jsou neutrina. Teorie naznačuje, že Velký třesk vyprodukoval asi 10^9 neutrin pro každý proton a elektron. Neutrina nemají elektrický náboj a proto reagují velice slabě s běžnou hmotou. Země je pro ně téměř průhledná. Kvůli enormnímu počtu neutrin jsou velké struktury velmi citlivé na jejich vlastnosti. Předpokládalo se, že neutrina jsou částice, která nemají klidovou hmotnost a cestují rychlostí světla, nebo dokonce nadsvětelnou rychlostí. Tato teorie však byla v roce 2012 vyvrácena. Bylo zjištěno, že na základě jejich pozorovaných oscilací, musí nějakou nenulovou hmotnost mít. Předpokládá se, že tato hmotnost je přibližně $5 \cdot 10^{-35}$ kg. Oproti hmotnosti jiných částic, je to hmotnost velmi malá. Pokud by však byla všechna neutrina shromážděna na jedno místo, jejich celková hmotnost by převážila hmotnost všech hvězd ve vesmíru. Pokud by hmotnost neutrin byla větší o jeden řád, či-li $5 \cdot 10^{-34}$ kg, potom by velikost gravitační síly v raném období vesmíru mohla zapříčinit výraznou změnu v rozpínání vesmíru nebo toto rozpínání úplně zastavit. Na tomto příkladu je důležité si uvědomit, že zdánlivě bezvýznamná změna hmotnosti i malých objektů, je schopna vyvolat ohromnou změnu podmínek při vývoji vesmíru. Během rané fáze vesmíru, konkrétně než uběhla první

sekunda, přesahovala teplota vesmíru 10^{10} K. Probíhala interakce mezi protony, elektrony a neutriny, která umožňovala přeměnu protonů a neutronů navzájem. Pokud by rychlost těchto reakcí byla výrazně vyšší než rychlost rozpínání vesmíru, umožnilo by to udržovat termodynamickou rovnováhu mezi neutrony a protony. Jak se však vesmír rozpínal, rychlost rozpínání klesala. Přitom klesala také rychlost interakcí, vesmír se ochlazoval. Když rychlost reakcí klesla pod úroveň rychlosti expanze, termodynamická rovnováha byla narušena, reakce ustala a poměr protonů a neutronů zůstal zachován v tom stavu, který byl při překročení kritické teploty (13% neutrony, 87% protony). Přeměna protonů a neutronů je určena silou slabé interakce g_w a teplotou. Když teplota klesla pod 10^9 K, volné neutrony se začaly kombinovat s volnými protony a vytvořily deuterium, ze kterého poté vzniká helium, které má stejný počet protonů a neutronů. Předpokládáme-li, že všechny dostupné neutrony se začlenily do tvorby hélia, pak zbytek nespárovaných protonů byl využit ke vzniku vodíku. Vodík tedy vznikl jen díky tomu, že v rané fázi vesmíru se ustálil poměr nukleonů ve prospěch protonů.⁷⁸

Vodík hraje velkou roli v celé chemii vesmíru. Bez vodíku by nebyl organický materiál ani žádná voda. Planety jako Země, s velkými oceány, by nemohly existovat. Vodík je také palivem všech běžných hvězd, jakou je i naše Slunce. Bez tohoto paliva by se sice mohly formovat, ale vznik a vývoj by byl hodně odlišný. Pokud by hlavním palivem hvězd byl místo vodíku helium, pak by se hvězdy dožívaly výrazně kratšího života. Existence hvězd, závisí na náhodném číselném vztahu mezi základními konstantami (T , m_e , m_p , c , G , g_w). Existence vodíku je velice pozoruhodná. Vděčíme za jeho výskyt vlastnostem elementárních částic. Vlastnosti protonů a neutronů se liší jen velmi nepatrně. Hmotnost je téměř totožná. Rozdíl činí řádově 10^{-3} hmotnosti protonu. Kdyby tato odchylka byla pouhou jednou třetinou této hodnoty, potom by se volné neutrony nebyly schopny rozpadat na protony, protože by neměly dostatek hmotnosti k vytvoření požadovaného elektronu. Jestliže by hmotnost neutronu byla pouze 0,998 své aktuální hodnoty, potom by se volné protony rozpadaly na neutrony a pozitrony a v takovémto případě by nevznikaly žádné atomy.⁷⁹

Galaktickým materiálem raného vesmíru je převážně vodík a helium. Nabízí se tedy otázka, odkud jsou všechny těžší prvky. Nyní je známo, že se tyto prvky vytváří v jádrech hvězd jadernými reakcemi a následná exploze těchto hvězd rozpráší tyto elementy po celé galaxii. Tyto hvězdné exploze se nazývají supernovy. Další generace hvězd a planet obsahují pozůstatky těchto dlouho mrtvých hvězd a vděčíme jim za výskyt prvků, jakými

⁷⁸Srov. DAVIES, Paul. *The Accidental Universe*, s. 60–64.

⁷⁹Tamtéž, s. 65.

jsou např. uhlík, železo, uran, atd., které se objevily před formováním naší Sluneční soustavy. Bez supernov by planety jako Země neexistovaly. Z toho důvodu je důležitá hodnota konstanty g_w , která se týká chemických procesů při vzniku supernov, jež jsou hlavními zdroji chemických prvků v přírodě. Když těžká hvězda vyčerpá své jaderné palivo, jádro hvězdy začne být nestabilní kvůli gravitačnímu smršťování. Již není schopna vytvářet teplo, aby udržela vnitřní tlak a jádro se začne zmenšovat pod svou vlastní tíhou. Za určitých okolností dojde k implozi jádra. Tato imploze uvolní ohromnou gravitační energii, z níž většina je transportována neutriny. Tlak těchto neutrin může odhodit vnější slupku hvězdy do vesmíru a tak vymrstit ohromné množství prvků, které vznikly v průběhu života hvězdy. Tato exploze je tak velká, že záře tohoto výbuchu může na několik dní přesvítit celou galaxii. Pokud by byla slabá jaderná síla slabší, nevyvinula by neutrina dostatečný tlak v plášti supernovy a k výbuchu by nedošlo. Naopak, pokud by byla velikost větší, byla by neutrina uvězněna v jádře supernovy.⁸⁰

Oproti tomu silná jaderná síla je zodpovědná za poutání nukleonů v atomovém jádru. Je to síla, která působí na krátké vzdálenosti, pouze mezi nejbližšími jadernými částicemi. Elektrická síla oproti tomu působí mezi všemi protony v jádru. Jinými slovy, proton je v jádru udržován jadernou silou pouze k nejbližším sousedům, ale odpuzován nahromaděným elektrickým polem všech dalších protonů. Ve velkých těžkých jádrech s mnoha protony a neutrony, není jaderná síla větší než v jádrech lehčích. Za to odpovídá je silnější, kvůli většímu počtu protonů. Pokud je jádro dost velké, elektrické síly překročí jadernou přitažlivost a jádro se rozpadne. Všechna jádra těžší než uran mají průměrný čas života značně kratší než je věk Země. Pokud by silná jaderná síla byla slabší, potom by bylo méně stabilních chemických prvků. Je pravděpodobné, že pokud by konstanta g_s byla poloviční, jádra jako je železo a uhlík by nepřežily dlouho. Pokud by byla silná jaderná síla jen o pět procent slabší, tak by také deuterium vůbec neexistovalo. A bez deuteria by hlavní termonukleární reakce nemohly ve Slunci vůbec proběhnout. Jaderná struktura a reakce také závisí samozřejmě na velikosti elektrických sil, Pokud by byl náboj protonu větší, pak by stabilita těžkých prvků byla ohrožena stejným způsobem, jako kdyby silná jaderná síla byla slabší.⁸¹

Pokud by konstanta g_s byla různá o pouhé 2%, život ve vesmíru by se vůbec nedokázal vyvinout. Velikost konstanty o 2% větší by způsobil, že všechen vodík by se ihned na začátku přeměnil v hélium a poté další těžší prvky. Tímto by nemohla vzniknout voda a také dostatek dlouhodobé zásoby paliva pro termonukleární reakce, které probíhají uvnitř hvězd. Naopak, pokud by byla silná jaderná síla a její konstanta o 2% menší, vedla

⁸⁰Tamtéž, s. 65–68.

⁸¹Tamtéž, s. 68–71.

by tato vlastnost k formování atomových jader s větším počtem protonů a tím by bylo zabráněno zformování těžších prvků než je vodík. Absolutní hodnota silné jaderné síly není předepsána žádnou fyzikální teorií, ale je to důležitá podmínka pro vznik vesmíru schopného vytvářet životní formy.⁸²

Všechny prvky těžší než helium vznikají uvnitř hvězd na základě termonukleárních reakcí. V případě uhlíku jsou navíc nutné speciální podmínky, jinak by uhlík vůbec nevznikl. Tento *excitovaný stav* uhlíku byl poprvé zkoumán F. Hoylem v roce 1954 a děj, při kterém uhlík vzniká nazývají vědci 3α proces. Tento proces může proběhnout jen díky přesným vlastnostem helia, ze kterého uhlík vzniká.⁸³ Více si o tomto procesu povíme v páté kapitole.

Struktura hvězd také ovlivňuje schopnost vytvářet teplo a transportovat jej z jádra ve formě záření. Velmi těžké hvězdy, které rychle spotřebují vodík jako své palivo a poté v nich probíhají další termonukleární reakce, jsou hvězdy extrémně horké a vyzařují velké množství energie. Ty jsou nazývány modrými obry. V podstatně lehčích hvězdách tento mechanismus selhává. Jelikož kvůli své nízké hmotnosti nebyly schopny zažehnout termonukleární reakce helia a jejich jediným palivem zůstane vodík, jsou tyto hvězdy mnohem chladnější. Naše Slunce a mnoho dalších stabilních hvězd leží v úzkém pásmu mezi modrými obry a červenými trpaslíky. Tato okolnost je důsledkem zdánlivě náhodného vztahu gravitační a elektromagnetické síly. Pokud by gravitace byla o málo slabší a elektromagnetická síla o něco málo silnější (nebo elektron lehčí vzhledem k protonu), všechny hvězdy by byly červenými trpaslíky. Podobná změna opačným způsobem by zapříčinila vznik pouze modrých obrů.⁸⁴

Ukažme si konkrétní situaci našeho Slunce. Hmotnost Slunce ovlivňuje jeho svítivost. S využitím fyziky můžeme spočítat, že život jak ho známe na Zemi, je možný jen pokud je hmotnost Slunce v úzkém rozmezí $1,6 \cdot 10^{30}$ kg – $2,4 \cdot 10^{30}$ kg. Jinak by klima bylo chladnější než na Marsu, nebo teplejší než na Venuši. Naměřená hodnota hmotnosti Slunce je přibližně $2,0 \cdot 10^{30}$ kg. Tato hodnota je o to překvapující, že hvězdy mohou existovat v mnohem širším rozsahu hmotností 10^{29} kg – 10^{32} kg.⁸⁵

Pokud by se konstanta jemné struktury α změnila o 4%, hvězdy by nebyly schopny produkovat uhlík. Tím pádem by život na základě uhlíku nemohl vůbec existovat. Kdyby

⁸²Srov. BRADLEY, Walter L. *Designed or Designoid*. [online]. [cit. 20.1.2018]. Dostupné z: <http://www.leaderu.com/offices/bradley/docs/created.html>

⁸³Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 64.

⁸⁴Srov. DAVIES, Paul. *The Accidental Universe*, s. 71–73.

⁸⁵Srov. TEGMARK, M. *Our Mathematical Universe: My Quest for the Ultimate Nature of Reality*. London: Penguin Books, 2015, s. 145

$\alpha > 0, 1$, jaderné reakce by ve hvězdách vůbec neprobíhaly a ve vesmíru by nebylo dostatek tepla na to, aby mohl existovat život ve formě jaký známe.⁸⁶

Kdyby velikost gravitační konstanty G , konstanty slabé vazebné síly g_w a kosmologické konstanty Λ vzhledem k rychlosti rozpínání vesmíru nabývaly jiných hodnot, byl by vesmír velmi odlišný. Kdyby byla kosmologická konstanta Λ o několik řádů větší, rozpínání vesmíru by bylo velmi prudké a formování galaxií by vůbec nebylo možné. Pokud by měla konstanta Λ zápornou hodnotu, vesmír by se místo rozpínání začal opět rychle smršťovat. Z obou variant vyplývá, že za těchto podmínek by vůbec nedošlo ke zformování galaxií a tím i podmínek ke vzniku životních forem. Je velmi zajímavé, že tyto změny by nastaly, kdyby se buď velikost gravitační síly, nebo slabé vazebné síly změnila o méně než $1/10^{40}$.⁸⁷

Uvedli jsme si několik argumentů, které poskytují přesvědčivý důkaz, že povaha vesmíru závisí citlivě na zdánlivě náhodné spolupráci jemně vyladěných konstant. Mnoho základních rysů vesmíru je předurčeno hodnotami základních kosmologických konstant. Tyto rysy by byly jiné, pokud by tyto konstanty nabývaly jiných hodnot. Je zřejmé, že k tomu, aby byl vytvořen vesmír, který by se jen vzdáleně podobal našemu, musí mnoho fyzikálních dějů spolupracovat v pozoruhodném měřítku. To vše vyvolává otázku, proč z nekonečné řady možných hodnot, které mohla příroda zvolit pro základní konstanty a z nekonečné řady výchozích podmínek, které mohly charakterizovat raný vesmír, se vytvořily nakonec tyto hodnoty a podmínky, jež vytvořily vesmír, který pozorujeme. Náš vesmír je velmi speciální místo. Je extrémně homogenní ve velkém měřítku, ale ne tak, aby se nemohly vytvořit galaxie s extrémně nízkou entropií. Je místem dostatečně chladným pro vznik základních chemických prvků a rychlost jeho rozpínání je vyladěná na neuvěřitelnou přesnost. Hodnoty sil umožňují existenci atomového jádra. Mohli bychom dále pokračovat ve výčtu těchto zjevných „šťastných náhod“, ale to pro tuto chvíli není potřeba.⁸⁸

Představili jsme si několik důležitých konstant, které ovlivňují vznik a vývoj vesmíru. Z jejich přesných hodnot a vztahů je patrné, že kosmologické konstanty hrají velmi důležitou roli na utváření vesmíru a života. Jen nepatrné odchylky hodnot nebo jiná kombinace faktorů by zapříčinily vznik vesmíru neschopného pro vytvoření podmínek ke vzniku, nám známých, forem života. Pokud by tyto hodnoty nebyly již od začátku přesně nastaveny, vesmír by se mohl vyvinout plný černých děr, či jako jedna univerzální černá díra,

⁸⁶Srov. BARROW, J.D. *Cosmology, Life, and the Anthropic Principle*. Annals of the New York Academy of Sciences. 950 (1), 2001, s. 139–153.

⁸⁷Srov. DAVIES, Paul. *The Accidental Universe*, s. 108.

⁸⁸Tamtéž, s. 111.

vesmír plný rozptýlených částic, nebo vesmír bez vodíku, těžkých prvků, či jako vesmír plných červených trpaslíků a modrých obrů a mnoho dalších náhodných variant. Zkrátka vesmír, ve kterém by život nevznikl. Příklady, které jsme si představili nám mohou sloužit k tomu, abychom si uvědomili, jak úzký je rozsah hodnot, kterých musí konstanty nabývat, abychom mohli pozorovat vesmír ve kterém žijeme. Nezáleží jen na samotných hodnotách konstant, ale také na vztazích jednotlivých sil působících ve vesmíru, které konstanty reprezentují. Například gravitační síla souvisí nejen se slabou jadernou silou, ale také úzce se silou elektromagnetickou a dále s poměrem hmotnosti protonu a neutronu. Také tento poměr má důležitou souvislost se slabou jadernou silou. Mohli bychom uvést další příklady vzájemných vztahů, ale pro názornost je myslím dostatečně vidět následující. Ke vzniku vesmíru podporujícím život je potřeba, aby kosmologické konstanty nabývaly hodnot z velmi úzkého pásma. Z rozsahu, v podstatě nekonečného množství možných hodnot, nabývají kosmologické konstanty právě takových, které zaručují vznik života.⁸⁹

Je to všechno jen neuvěřitelná shoda okolností, nebo přesně vypočtená varianta? Je možné, aby z tolika nekonečných možností vznikl vesmír tak, jak vznikl? Můžeme být ohromeni tím, že naše existence závisí na tak jemném vyladění fyzikálního světa. Pokud by tyto velmi citlivě nastavené podmínky nebyly splněny, nebyla by naše existence vůbec možná. Objevují se však i teorie, které vysvětlují vznik a vývoj vesmíru jiným způsobem. Podívejme se proto na tyto argumenty podrobněji v následující kapitole a hledejme dále nejlepší možné vysvětlení pro vznik a vývoj vesmíru.

⁸⁹Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 65.

4 Jiné argumenty hledající vysvětlení vzniku a vývoje vesmíru

V této kapitole se podíváme na další teorii, která se zabývá vznikem vesmíru. Jsou to alternativní úvahy vědců, kteří se zamýšlí nad tím, jak vesmír funguje. Snaží se hledat jiný popis vzniku a vývoje vesmíru. Důvodem je, že se částečně, nebo úplně neztotožnili s myšlenkou Velkého třesku, nebo vesmírem, který je jediným, a který je stvořen na základě předem určených pravidel a řádu. Jejich pozornost se proto obrací k jiným vysvětlením a snaží se svými argumenty vyvrátit stvoření vesmíru Bohem, jakožto jeho jediným Tvůrcem.

4.1 Inflační teorie vzniku vesmíru

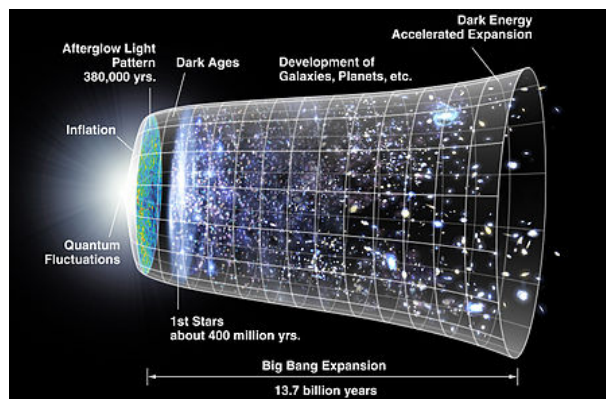
V sedmdesátých letech minulého století model Velkého třesku velmi úspěšně vysvětlil většinu historie našeho vesmíru. Vysvětlil, jak se po explozi Velkého třesku vesmír ochlazoval, jak se vytvářelo hélium a další lehké prvky. Dále vysvětlil původ reliktního záření, které můžeme pozorovat do dnešní doby, formování prvních hvězd, planet a galaxií. Stále však zůstávají některé nezodpovězené otázky. Co se stalo na počátku vzniku vesmíru? Vznikl vesmír jen tak z ničeho? Kde jsou všechny super těžké částice známé jako magnetické monopoly, které předpovídá částicová fyzika a doposud nebyly objeveny (monopole problem)? Proč je prostor tak velký a plochý, když standardní počáteční podmínky předpovídají větší zakřivení (flatness problem)? Co je příčinou toho, že reliktní záření má stejnou teplotu a je téměř identické v každém místě prostoru (horizon problem)? Který mechanismus vytvořil zárodky v měřítku 10^{-5} (fluktuace prostoru), ze kterých se později zformovaly struktury, kterými jsou galaxie?⁹⁰

Tyto otázky byly hlavní motivací ke zrodu *Inflační teorie* vzniku vesmíru. Základní myšlenku této teorie jako první formuloval americký teoretický fyzik Alan Guth v roce 1981, aby vyřešil nezodpovězené otázky standardního kosmologického modelu a vyřešil problémy teorie Velkého třesku. Vše co pozorujeme, bylo na počátku vměstnáno do velmi malého prostoru a inflací (rychlou expanzí) došlo k roztažení tohoto prostoru. Prostor se stává plochým a uniformním stejně tak, jako povrch nafukujícího se balónu. Podle tohoto modelu došlo k enormní expanzi vesmíru. Prostor se zvětšil řádově 10^{50} krát ve velmi krátkém časovém okamžiku 10^{-35} sekundy.⁹¹ Pro představu, prostor, který původně

⁹⁰Srov. KRAUSS, Lawrence M. *A Universe From Nothing*, s. 93.

⁹¹Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 123.

není větší než proton, se zvětšil do velikosti objemu současně pozorovatelného vesmíru.⁹² Jeho přístup otevřel cestu k vyřešení a vysvětlení otázek, co se událo na počátku Velkého třesku. Guth přemýšlel o procesech, které musely nastat v raných fázích života vesmíru



Obrázek 5: Inlace vesmíru

a přišel se zajímavým vysvětlením. Když se vesmír začal ochlazovat, prošel nějakým způsobem fázovým posunem, něčím podobným, jako když se například voda mění v led, nebo když železo ochlazením získá magnetické vlastnosti. Pak by všechny problémy (monopol problem, flatness problem i horizon problem) měly své vysvětlení. Jak k takovému fázovému posunu může dojít si představme na příkladu vychlazeného piva. Když vezmeme pořádně vychlazené pivo z ledničky a otevřeme ho, uvolní se tím tlak, který je ve sklenici a pivo najednou zcela zmrzne. Může dokonce prasknout i samotná láhev. Je to proto, že při vysokém tlaku je tekuté skupenství stavem s nejnižší energií, zatímco při snížení tlaku je preferovanějším stavem s nejnižší energií skupenství pevné. Během tohoto fázového posunu, může být uvolněna energie (skryté teplo), protože energetický stav v jedné fázi může mít nižší energii než energetický stav v další fázi. Když se tedy vesmír rozpínáním ochlazoval, pak uspořádání hmoty a záření mohlo uvíznout v nějakém mezistavu, dokud vesmír ještě dále neochladl. Toto rozložení pak podstoupilo fázový posun do energeticky preferovanějšího stavu. Energie, která byla uchována předtím než byl tento fázový posun dokončen, mohla dramaticky ovlivnit rozpínání vesmíru během období před touto změnou.⁹³

Tento model má velmi významné důsledky pro pochopení fungování našeho vesmíru. Důsledkem této obrovské vesmírné expanze je to, že se prostor rozšířil do ohromných rozměrů, mnohokrát větších, než je náš pozorovatelný vesmír. Z toho důvodu nejsme schopni dohlédnout do všech oblastí. A to z jednoduchého důvodu. Světlo, které přichází

⁹²Srov. DAVIES, Paul. *God & The New Physics*, s. 184.

⁹³Srov. KRAUSS, Lawrence M. *A Universe From Nothing*, s. 95–96.

z těchto oblastí, nemělo ještě dostatečný čas na to, aby k nám doputovalo. Navíc pokud se rozpínání vesmíru stále zrychluje, světlo k nám z těchto oblastí nikdy nestihne dorazit a tyto oblasti nikdy neuvidíme.⁹⁴

V posledních dvou desetiletích byla Teorie inflace z teoretické spekulace povýšena na základní kámen moderní kosmologie. Ale ne každý s tímto souhlasí, zvláště, když tato teorie je důsledkem vzniku a existence nekonečného množství paralelních vesmírů. Jak jsme zmínili, tato teorie předpovídá, že vesmír má být skoro dokonale jednotný. Tyto odchylky jsou vyvolány kvantovou mechanikou a tento předpoklad se potvrdil objevem a studiem kosmického mikrovlnného záření v posledních letech. Inflace je poháněna zvláštním typem energie, která má antigravitační vlastnosti. Množství této energie se pomalu snižuje s rozpínajícím se vesmírem, pokud ji už není dostatek, tato expanze končí. V některých oblastech kvantová fluktuace tento trend zvrátí a tyto oblasti poté mají více energie k tomu, aby zde mohla expanze ještě pokračovat. v roce 1986 americký fyzik Andrei Linde vypočítal, že pokud má inflace dostatečně vysokou energii, vždy se pak budou vyskytovat místa, kde dochází k tomu, že inflace pokračuje věčně, naopak jsou místa, kde energie klesá a tyto místa se pak stávají individuálními vesmíry, jako je ten náš. Z předpokladu inflace a prostoru bez hranic se dá soudit, že náš vesmír není jedinečný, ale objevuje se mnoho různých vesmírů, možná s různými zákony fyziky a chemie a my žijeme v tom vesmíru, který jsou podmínky příhodné ke způsobu života, jaký známe.⁹⁵

Model proto hovoří o našem viditelném vesmíru jako o oblasti (bublině), která je součástí rozsáhlé prostorové struktury obsahující další množství podobných oblastí. V těchto oblastech mohla inflace probíhat různě dlouhou dobu a za různých podmínek, které daly vzniknout různým fyzikálním parametrům těchto oblastí.⁹⁶ Inflace radikálně změnila pohled na náš původ a nahradila nezodpovězené otázky jednoduchým mechanismem.⁹⁷ Z tohoto důvodu se také inflační teorie stala základem teorie paralelních vesmírů, kterou si představíme v následující kapitole.

4.2 Teorie paralelních vesmírů

Zaměřme se nyní na teorii, která vychází z předpokladu, že vesmír ve kterém žijeme je pouhou součástí mnohem většího počtu, ne-li nekonečného počtu, jiných vesmírů. Tato teorie se začala objevovat v minulém století a nyní si v krátkosti představme základní

⁹⁴Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 123.

⁹⁵Srov. HAWKING, Stephen. *The Breave History of Time*, s. 228–230.

⁹⁶Srov. MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe*, s. 123.

⁹⁷Srov. TEGMARK, M. *Our Mathematical Universe*, s. 112.

charakteristiku a rozdělení podle švédsko-amerického kosmologa Maxe Tegmarka (1967). Ten ve své teorii rozdělil paralelní vesmíry celkem do čtyř úrovní.

4.2.1 První úroveň: Oblasti vyskytující se za našim kosmickým horizontem

Fyzikální popis světa se děje na základě dvou věcí a tím jsou počáteční podmínky a fyzikální zákony, podle kterých se tyto podmínky dále rozvíjejí. Paralelní vesmíry této úrovně mají stejné fyzikální zákony, ale různé počáteční podmínky. Podle současných teorií jsou počáteční podmínky vytvořeny tzv. kvantovou fluktuací v období inflačního stádia vzniku vesmíru, které jsme si vysvětlili v předešlé kapitole. Inlace tedy tvoří všechny možné počáteční podmínky, které jsou si podobné a z toho důvodu se za hranici našeho pozorovatelného vesmíru objeví všechny možné konfigurace hmoty. Jinými slovy, nekonečně mnoho paralelních vesmírů, které mohou být i velmi podobné našemu, jestliže mají podobné počáteční podmínky.⁹⁸

4.2.2 Druhá úroveň: Vesmír plný bublin

Řekli jsme si, že paralelní vesmíry první úrovně jsou založeny na stejných fyzikálních zákonech s pouhou změnou základních počátečních podmínek. Na rozdíl od toho, nekonečná množina paralelních vesmírů druhé úrovně jsou vesmíry nekonečně vzdálené a zcela odlišné. Rozdílné v počtech prostorových dimenzí nebo v různých fyzikálních vlastnostech. Důvodem, proč jsou tyto vesmíry nekonečně vzdálené a nikdy se k nim nedostaneme je ten, že se prostor mezi nimi stále nafukuje a tím se zvětšuje rychleji, než abychom byli schopni přes něj cestovat rychlostí světla. Paralelní vesmíry této úrovně jsou založeny na teorii známé pod názvem *chaotic inflation* (chaotická inflace), kterou představil ruský teoretický fyzik Andrei Linde v roce 1986. Ten na základě inflační teorie, vytvořil svou představu multiverza. Vesmír, ve kterém žijeme, je jedna bublina, která je spolu s dalšími bublinami součástí jednoho multiverza. Čím více se vesmír rozpíná, tím více vzniká bublin, čili nových vesmírů.⁹⁹ Podle této teorie je ukončená inflace základem paralelních vesmírů druhé úrovně a prostoru umožňující život, který známe. Jsou však další oblasti, které se nafukují dále a rychleji a to na základě působící kvantové fluktuace. Můžeme si tento děj představit tak, že jedna nafukující bublina dává růst dalším, které v nekonečné řetězové reakci dává opět vzniknout dalším bublinám. Z této teorie také vyplývá, že čas jako takový nemá počátek a vesmír nevznikl jako jeden absolutní Velký třesk. Vždy zde

⁹⁸Srov. TEGMARK, M. *Parallel Universes*. in *Science and Ultimate Reality: From Quantum to Cosmos*. Cambridge University Press, 2003, s. 3.

⁹⁹Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 70.

bylo, je a bude nekonečně mnoho nafukujících se bublin a pak prostory, ve kterých žijeme, ve kterém již inflace skončila.¹⁰⁰

Pokud bychom chtěli připodobnit tento proces k něčemu nám známému, můžeme si takovýto vesmír představit jako vařící se ovesnou kaši. Při vaření dochází k tomu, že se na povrchu vařící kaše objevují bubliny plynu. Jsou to oblasti, kde tekutina o vyšší teplotě dokončuje svou přeměnu na páru. Mezitím se ovesná kaše mezi těmito bublinami dále víří a proudí. Ve vyšším měřítku je zde pravidelnost – jsou zde bubliny, které se někde objevují. Z bližšího pohledu však vidíme, že bubliny a děj je rozdílný a záleží, do kterého místa se zrovna díváme. Z tohoto pohledu můžeme říct, že inflace je věčná a většina prostoru se bude rozpínat vždy. Ale jsou takové části vesmíru, které z této inflace unikly, oddělily a staly se samostatnými vesmíry. Tyto vesmíry však vznikaly za jiných podmínek, a proto i charakter fyzikálních zákonů v různých takto vzniklých vesmírech může být rozdílný. A například v jednom takovém mohly vzniknout příznivé podmínky pro vznik galaxií, planet a života.¹⁰¹

Jinou variantou, se kterou přichází fyzik Lee Smolin (1997), je vznik vesmírů podobným způsobem. Nikoli však díky inflaci, ale důležitou úlohu zde sehrávají černé díry, jejichž kolaps způsobuje vznik vesmírů na „druhé straně“.¹⁰²

Američtí fyzikové Tolman a Wheller a později fyzikové Steinhardt a Turok rozpracovali teorii *oscilačního vesmíru* (2002), vycházející z předpokladu, že vesmír se nemusí rozšiřovat do nekonečna, ale může se opět začít smršťovat. Dojde k tzv. velkému krachu (big crunch). Někteří vědci spekulují, že vesmír se místo toho, aby skončil v časoprostorové singularitě, začne opět ze stavu obrovské hustoty rozpínat a případně smršťovat v nové cyklu. Tímto způsobem vesmír osciluje mezi stavy třesku a krachu podobně, jako se nafukuje gumový balónek. Při tomto pohledu vesmír na začátku nového cyklu mění své vlastnosti i fyzikální podmínky nahodile a vzniká takto nový vesmír.¹⁰³

4.2.3 Třetí úroveň: Hodně světů kvantové fyziky

Nyní si představme třetí typ paralelních světů, které nejsou daleko a v jistém smyslu jsou právě zde a nyní. Jak již název napovídá, tyto paralelní vesmíry jsou založeny na základech kvantové fyziky. V kvantové fyzice není stav vesmíru dán klasickým popisem

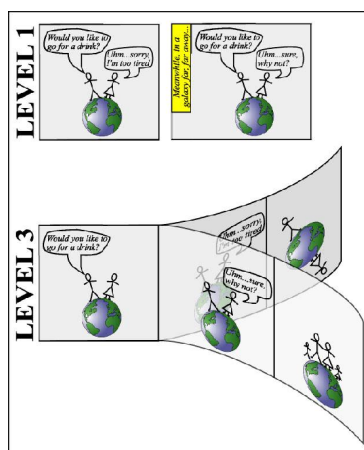
¹⁰⁰Srov. TEGMARK, Max. *Parallel Universes*, s. 5–6.

¹⁰¹Srov. KRAUSS, Lawrence M. *A Universe From Nothing*, s. 128–129.

¹⁰²Srov. TEGMARK, Max. *Parallel Universes*, s. 6.

¹⁰³Srov. DAVIES, Paul. *God & The New Physics*, s. 140.

(pozice, rychlosti částic, atd.), ale matematickými objekty, které nazýváme vlnové funkce. Kvantová teorie předpokládá, že se jedna klasická realita postupně rozděluje do více realit a pozorovatelé subjektivně zakoušejí toto rozdělení jako nepatrnou nahodilost. Tuto situaci si můžeme ukázat na obrázku 6, kde můžeme názorně vidět rozdíl mezi paralelním vesmírem první a třetí úrovně. Mohlo by se zdát, že kvantová událost má v případě vesmíru třetí úrovně nahodilý výstup, ve skutečnosti však nastanou všechny možné události, každá v jiné větvi. Tyto varianty klasických světů jsou paralelními vesmíry třetí úrovně.¹⁰⁴



Obrázek 6: Paralelní vesmíry první a třetí úrovně

Pokud chceme diskutovat o paralelních vesmírech, je třeba rozlišit dva způsoby názírání na fyzikální teorie. Prvním způsobem je vnější pohled (bird perspective – ptačí perspektiva) – způsob popisu světa pomocí základních matematických rovnic a vnitřní pohled (frog perspective) pozorovatele, který žije ve světě popisovaném těmito rovnicemi. Z ptačí perspektivy je paralelní vesmír třetí úrovně jednoduchý. Existuje pouze jedna vlnová funkce, které se plynule vyvíjí v průběhu času bez jakéhokoli rozštěpení. Abstraktní kvantový svět, popsáný touto vlnovou funkcí v sobě obsahuje obrovský počet paralelních klasických dějů, které se neustále rozdělují a slučují. Z vnitřního pohledu vnímá každý pozorovatel pouze svou část této reality. Pokud si pozorovatel položí otázku a udělá rozhodnutí, pak kvantové efekty v jeho neuronové síti vedou k mnohonásobným výstupům. Z vnějšího pohledu se tedy jeho minulost větví do několika jiných budoucností. Z vnitřního pohledu o sobě tyto větve neví.¹⁰⁵

¹⁰⁴Srov. TEGMARK, Max. *Parallel Universes*, s. 9.

¹⁰⁵Tamtéž, s. 10.

Otázkou je, zda je důležitější vnitřní nebo vnější pohled. Jsou zde dva obhajitelné, ale diametrálně rozlišné postoje vztahující se k fyzikální realitě a statutu matematiky. Tento rozpor sahá až daleko do antiky k Platonovi a Aristotelovi a otázkou je, který z těchto postojů je pravdivý:

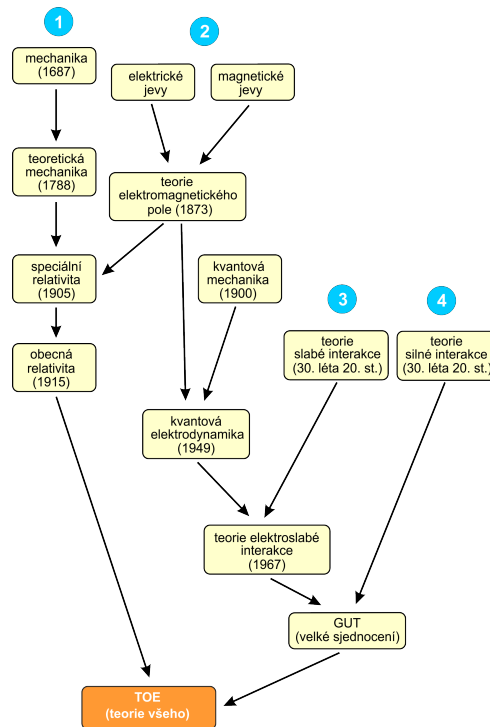
- **Aristotelovo paradigma:** Subjektivně chápána vnitřní představa je fyzikálně reálná a vnější pohled a celý její matematický jazyk je pouze užitečná aproximace.
- **Platónovo paradigma:** Vnější pohled a jeho matematická struktura je fyzikálně reálná a vnitřní pohled a sním i lidský jazyk, který slouží k popisu, je pouze užitečná aproximace našeho subjektivního pohledu.

Co je tedy základem? Vnitřní nebo vnější pohled? Lidský nebo matematický jazyk? Tyto otázky jsou důležité a předurčují, zda jsme ochotni přijmout teorii a existenci paralelních vesmírů, nebo ne. Pokud dáváme přednost Platónovu paradigmatu, měli bychom vnímat paralelní světy jako přirozené, protože náš pocit, který říká, že vesmír třetí úrovně je divný, jen odráží to, že vnější a vnitřní pohled jsou velmi odlišné. Přikláníme-li se k druhému postoji, je to proto, že jsme byli Aristotelovým paradigmatem zasaženi již jako děti a to dříve, než jsme vůbec slyšeli o matematice. Platónský pohled je však poté „osvojená chuť“. V Platónově paradigmatu platí, že vše ve fyzice je nakonec eliminováno na matematický problém a nekonečně inteligentní matematik, který by znal základní rovnice vesmíru, by mohl vypočítat, co uvidí vnitřním pohledem. Jinými slovy vypočítat, co by vesmír obsahoval, co by vnímal, vymyslel by jazyk, kterým by tuto danou realitu popsal. Znamená to tedy, že by existovala teorie všeho (obrázek 7), jejichž axiomy jsou čistě matematické. Naopak v Aristotelově paradigmatu žádná teorie všeho neexistuje a vyvstává zde problém, který se nazývá nekonečný problém regrese (infinite regress problem) – ústní prohlášení jsou vysvětlena dalšími slovními prohlášeními, která jsou vysvětlena dalšími, atd.¹⁰⁶

4.2.4 Čtvrtá úroveň: Další matematické struktury

Vycházejme nyní z předpokladu, že je nám bližší Platónské paradigma, které jsme si vysvětlili v předcházející kapitole a věříme, že teorie všeho existuje, jen jsme ji ještě nedokázali správně definovat a nalézt ty správné rovnice, které by popisovaly veškeré fyzikální procesy. Zamysleme se však nad otázkou, kterou položil americký fyzik John Wheeler: „Proč by to měly být tyto konkrétní rovnice a ne jiné?“ Než si na tuto otázku odpovíme, je třeba si vysvětlit, co se skrývá pod pojmem matematická struktura. Mnoho lidí si o matematice myslí, že je to nějaký soubor triků a pravidel, který nám pomáhá

¹⁰⁶Tamtéž, s. 12.

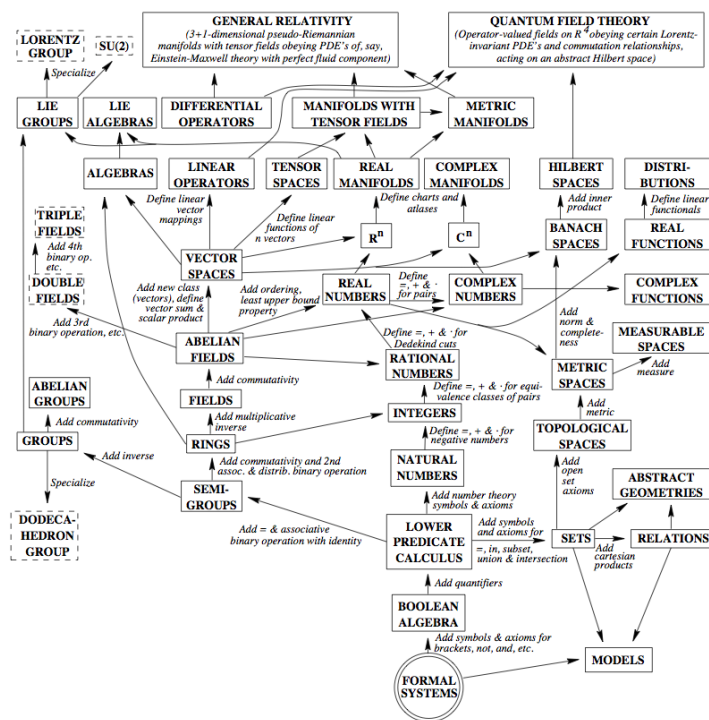


Obrázek 7: Teorie všeho

k tomu, abychom se naučili manipulovat s čísly. Většina matematiků má samozřejmě na jejich obor odlišný názor. Max Tegmark na vysvětlenou uvádí:

„Matematici studují mnohem abstraktnější objekty, jako jsou funkce, množiny, prostory, operátory a zkouší dokázat věty o vztazích mezi nimi. Vskutku, některé moderní matematické články jsou tak abstraktní, že jediné čísla, která v nich najdete jsou čísla stránek.“

Matematické struktury jsou pak speciálními příklady jedné a též věci, které se nazývají formální systémy. Ty obsahují abstraktní symboly a pravidla, podle kterých se s nimi manipuluje. Dále specifikují, jak nové řetězce symbolů označované jako věty, mohou být odvozeny od těch, které jsou označovány jako axiomy. Na obrázku 8 si můžeme prohlédnout jednotlivé základní matematické struktury a jejich vztahy. Matematikové právě takovéto matematické struktury objevují. Připusťme si nyní myšlenku, že náš reálný svět je matematická struktura. To znamená, že matematické rovnice popisují nejen nějaké limitující aspekty reálného světa, ale všechny jeho aspekty. Je zde tedy nějaká matematická struktura, kterou matematikové nazývají izomorfní a proto ekvivalentní našemu reálnému světu. To znamená, že každá fyzická entita reálného světa má v matematické struktuře



Obrázek 8: Matematické struktury

jedinečný protějšek a naopak.¹⁰⁷

Pokud je tedy náš reálný svět matematická struktura, je jedna buňka v matematickém stromě¹⁰⁸ naším vesmírem. Jinými slovy, konkrétní matematická struktura se netěší pouze matematické existenci, ale stejně tak i reálné. A co ohledně dalších buněk ve stromu? Ty si taky užívají své reálné existence, protože pokud by to tak nebylo, byla by zde nevy-světlitelná asymetrie, rozdělující matematické struktury do dvou tříd: jedny s reálnou existencí a druhé bez reálné existence. Východiskem z této filosofické hádanky by mohla být takzvaná kompletní *matematická demokracie*, která říká, že matematická a reálná existence jsou ekvivalentní. Tedy, že matematické struktury existují taktéž reálně a tyto jsou tedy paralelními vesmíry čtvrté úrovně. To, že je reálný svět matematická struktura, může podporovat fakt, že matematika dokáže popsat reálný svět a my jej můžeme odhalovat kousek po kousku. Různé aproximace které vytváří naše současné fyzikální teorie jsou úspěšné, protože jednoduché matematické struktury mohou poskytnout jejich dobrou aproximaci. Jinými slovy, naše úspěšné teorie nejsou matematické aproximace fyzikálních, ale matematické aproximace matematických. Dalším argumentem podporujícím předpo-

¹⁰⁷Tamtéž, s. 13.

¹⁰⁸Kompletní strom je pravděpodobně nekonečný, proto náš box není ani jeden z těch, který je zde zakreslen.

klad, že je reálný svět matematická struktura je, že abstraktní matematika je tak obecná, že jakákoliv teorie všeho, která je definovaná v čistě formálních termínech, je také matematická struktura. Druhým předpokladem reálného světa jako matematické struktury je již zmíněná matematická demokracie, která říká, že všechny struktury existují ve stejném smyslu. Toto nám také dává odpověď na otázku Johna Whellera, kterou jsme si položili na začátku této kapitoly. Paralelní vesmíry, které se řídí všemi možnými matematickými rovnicemi také řeší problém jemného vyladění. Protože ačkoliv hodně, ne-li většina matematických struktur jsou pravděpodobně bez života, mají slabiny v komplexnosti, stabilitě a předvídatelnosti. Dá se samozřejmě očekávat, že se 100% pravděpodobností obýváme takovou matematickou strukturu, která tyto nutné podmínky splňuje a je schopna život ve formě, jaký známe, vytvořit.¹⁰⁹

4.2.5 Existují tedy paralelní vesmíry?

Poté, co jsme si představili hlavní myšlenky teorie paralelních vesmírů a ukázali jejich základní rozdělení podle fyzika Maxe Tegmarka, můžeme se v závěru této kapitoly zamyslet nad reálnou možností existence takového vesmíru. Je reálná možnost, že tyto paralelní vesmíry opravdu existují? Je náš vesmír jen jedním z mnoha dalších? Zamysleme se proto nyní nad několika argumenty podporující tuto teorii, nebo nad těmi, které ji naopak vyvrací.

Kosmologické pozorování vesmíru podporuje existenci paralelních vesmírů první úrovně, protože ukazují plochý nekonečný prostor s ergodickým¹¹⁰ rozdělením hmoty.¹¹¹ Z pozorování reliktního záření, které probíhalo v nedávné době pomocí projektu Planck 2015 (o kterém se podrobněji zmíníme v páté kapitole) se zjistilo, že prostor je velmi plochý a že počáteční fluktuační jsou také ve shodě s inflační předpovědí.¹¹²

Připustíme-li existenci paralelních vesmírů první úrovně, poté spolu s inflací vesmíru eliminuje problém počátečních podmínek. Paralelní vesmír druhé úrovně, spolu s inflační teorií, zase může vysvětlit jemné vyladění fyzikálních parametrů. Existence vesmírů třetí úrovně je podpořena jak teoretickým, tak experimentálním důkazem jednotnosti¹¹³ a vy-

¹⁰⁹Srov. TEGMARK, Max. *Parallel Universes*, s. 15.

¹¹⁰*Ergodický* znamená, že pokud si představíme soubor vesmírů, každý s vlastními náhodnými počátečními podmínkami, pak pravděpodobnostní rozdělení výsledků v daném objemu je totožné s rozdělením, které získáme ze vzorků z různých objemů v jediném vesmíru. Jinými slovy to znamená, že všechno, co se v principu mohlo stát zde, se ve skutečnosti stalo někde jinde.

¹¹¹Srov. TEGMARK, Max. *Parallel Universes*, s. 17.

¹¹²Tamtéž, s. 5.

¹¹³*Jednotnost (Unitarita)* je pojem vyskytující se v kvantové fyzice a zajišťuje, že součet pravděpodobností všech možných výsledků každé události se vždy rovná.

světluje zdánlivou kvantovou nahodilost. Vesmír úrovně čtvrté zase vysvětluje bezdůvodnou účinnost matematiky pro popis fyziky a odpovídá na otázku „proč tyto určité rovnice a ne jiné?“¹¹⁴

Základními námitkami proti existenci paralelních vesmírů jsou, že tyto vesmíry jsou zbytečné a zvláštní. První argument nám jinými slovy říká, že teorie paralelních vesmírů je zranitelná a citlivá vůči principu Ockhamovy břitvy, protože zavádí existenci jiných světů, které ovšem nedokážeme pozorovat. Proč by si příroda dopřávala takový luxus a obsahovala by nekonečné množství tak rozdílných světů? A proč by neobsahovala? Na druhou stranu, pokud přijímáme standardní model nekonečného plochého vesmíru, jeví se nám tato obava lichá, jelikož zde také předpokládáme, že je vesmír nekonečný.

Podívejme se nyní také na otázku jednoduchosti celého systému paralelních vesmírů. Uvedme si nejprve příklad, na kterém budeme tuto jednoduchost demonstrovat. Algoritmická informace (počet bitů potřebných k binárnímu zapsání čísla), kterou obsahuje obecné celé číslo n je řádově $\log_2 n$. Tedy množina všech celých čísel 1,2,3,... může být generována rychlým a triviálním počítačovým programem, takže algoritmická složitost celé množiny je menší než obecného členu. Můžeme tedy říci, že se informační obsah zvyšuje, pokud omezujeme naši pozornost na jeden konkrétní prvek v souboru, a tím pádem ztrácíme symetrii a jednoduchost, která je vlastně spojena se souhrnem všech prvků dohromady. V tomto smyslu mají paralelní vesmíry vyšších úrovní menší algoritmickou složitost. Přejítí z našeho vesmíru do vesmíru první úrovně odstraňuje potřebu specifikovat počáteční podmínky. Přejítí na úroveň dva odstraňuje potřebu specifikovat fyzikální konstanty a paralelní vesmír čtvrté úrovně, tedy všech matematických struktur, nemá vůbec žádnou algoritmickou složitost. Vzhledem k této skutečnosti se zdá, že teorie paralelních vesmírů je pravděpodobně ekonomičtější, než je tomu v případě jediného nám známého vesmíru s fyzickou existencí. Druhým důvodem, který jsme zmiňovali, je zvláštnost paralelních vesmírů. Spíše se jedná o estetickou námitku, než o podloženou vědeckou hypotézu a dává smysl v Aristotelském vnímání světa. Pokud ale souhlasíme s Platónským paradigmatem, mohli bychom očekávat, že by si pozorovatelé stěžovali, že by správná Teorie všeho byla divná, kdyby vnější pohled nebyl dostatečně odlišný od pohledu vnitřního. A takové náznaky v našem případě existují. To, že nedokážeme vnímat tyto zvláštnosti, není až tak překvapující. Evoluce nám poskytla intuici pouze pro každodenní fyzikální děje, které pro naše předky představovaly důležitou hodnotu k přežití, ale díky našemu vědeckému bádání a velkému posunu v oblasti vynálezů vidíme trochu více, než z původní vnitřní perspektivy, která nám byla dána. Pokud se jen trochu odchylíme od každodenní

¹¹⁴Srov. TEGMARK, Max. *Parallel Universes*, s. 17.

ních lidských měřítek, můžeme říci, že jsme odhalili spoustu fyzikálních dějů, které nám otevírají dveře k dalším a dalším poznáním. Například při vysokých rychlostech se čas zpomaluje. V malých měřítkách je zjištěno, že kvantové částice mohou být na několika místech zároveň. Pokud se podíváme naopak do hlubokého vesmíru, můžeme vidět svět černých děr. A to je jen malá část fyzikálních dějů, o kterých z vlastní zkušenosti nemůžeme mít vůbec žádnou představu.¹¹⁵

Na druhou stranu, jednotlivé příklady typů paralelních vesmírů mají několik problémů, které ubírají na jejich prokazatelnosti a věrohodnosti. Můžeme si všimnout, že se nedrží principu Ockhamovy břitvy, který jsme si vysvětlili na začátku první kapitoly. Dále jsou to modely pouze teoretické, bez možnosti dalšího ověření. A konečně, objevují se zde významné nesrovnalosti, které plynou z kosmologického pozorování.¹¹⁶ Existují proto kritické teorie paralelních vesmírů, kteří s vysvětlením vzniku a vývoje vesmíru podle této teorie nesouhlasí. Podívejme se proto na jejich argumenty, které nám přiblíží jejich pohled na teorii paralelních vesmírů.

Zaměříme se nyní na paralelní vesmíry vzniklé díky chaotické inflaci. Tedy vesmíry, které vznikly nekonečnou expanzí jako bubliny. Představíme-li si i náš vesmír, jako jednu z těchto bublin, pak můžeme říci, že byl stvořen. Toto stvoření můžeme vnímat v rámci nějakých fyzikálních procesů, které proběhly v mateřské bublině a daly vzniknout našemu vesmíru na základě určitého mechanismu zcela přirozeně, bez zásahu nadpřirozené síly (Boha). Mateřská bublina je nám nepřístupná, je mimo náš časoprostor. Jinými slovy, v našem vesmíru není žádná příčinná existence, která by vznik našeho vesmíru měla na svědomí. Náš vesmír je pouze fragmentem časoprostoru a mohlo by existovat nekonečně mnoho jiných, které jsou nám nepřístupné. Mechanismus vzniku těchto bublin byl navržen v řadě teorií, které říkají, že za extrémního tepla by se mohl prostor skutečně takto chovat. Nicméně kritici namítají, že vysvětlení teorie není úplné a to z toho důvodu, že nezahrnuje vysvětlení příčiny vzniku všech bublin (mateřské bubliny). Je pravdou, že to, co můžeme vnímat v našem vesmíru, mohlo být vytvořeno přírodními zákony. K tomu ale uvádí teolog Richard Swinburne následující:

„Bylo by chybou předpokládat, že pokud by byl vesmír nekonečně starý a každý stav vesmíru, v každém časovém okamžiku by měl úplné vysvětlení na základě jeho předchozího stavu a přírodních zákonů (bez působení Boha), že by exis-

¹¹⁵Srov. TEGMARK, Max. *Parallel Universes*, s. 17.

¹¹⁶Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 68.

tence vesmíru měla naprosté a úplné vysvětlení. To by neměla. Vesmír je zcela nevysvětlitelný.“

Paul Davies tuto myšlenku ilustruje na následujícím příkladu. Předpokládejme, že vždy existovali koně a existence každého koně by byla vysvětlena existencí jeho rodičů. Ale to ještě vůbec nedává odpověď na otázku, proč jsou vůbec koně? Proč koně spíše jsou, než nejsou. Nebo proč není místo koně třeba jednorozec? Z toho můžeme vyvodit, že přestože můžeme najít příčinu každé události, stále jsme nedokázali vysvětlit tajemství, proč má vesmír takovou povahu, nebo proč vůbec nějaký vesmír existuje.¹¹⁷

Představa fyziků, kteří rozpracovali teorii oscilačního vesmíru, dává teoretickou možnost ke vzniku vesmíru, který pozorujeme. Neexistuje však žádné vysvětlení, jakým způsobem by takto mohl vesmír fungovat. Ani empirické ověření této teorie není logicky možné. Nejsme totiž schopni získat žádnou informaci z předešlých vesmírů, případně předat poznatky do budoucího, který by dle této teorie měl vzniknout.¹¹⁸ Navíc se podle současných kosmologických pozorování rozpínání vesmíru zrychluje a není důvod se domnívat, že by měla nastat fáze smršťování.

Problém s vesmírem, vzniklým přechodem kvantových stavů, který jsme si představili jako vesmír třetí úrovně, je v jeho vysoce teoretickém charakteru. Nesplňuje také zásadu jednoduchosti Ockhamovy břitvy, ke které tíhnou všechny přirozené zákony a uspořádání v přírodě.¹¹⁹ Dalším důležitým argumentem je opět to, že nejsme schopni detekovat žádný z potenciálních paralelních vesmírů, jelikož přechody mezi těmito stavy nejsou možné.¹²⁰

Anglický astrofyzik Stephen Hawking, který byl považován za nejlepšího teoretického fyzika od dob Alberta Einsteina, v závěru své knihy *Stručná historie času* uvádí:

V posledních letech byl pokrok v kosmologii rychlý a neustále zdokonalování našeho chápání prvních okamžiků našeho vesmíru nás stále silněji vede k myšlence, která se možná pro mnohé jeví jako zcela nevyhovující. Myšlenka vesmíru bez hranic, nekonečné inflace a toho, že náš vesmír je jen jeden z mnoha. Koperník v 16. století přišel s převratnou myšlenkou, že naše pla-

¹¹⁷Srov. DAVIES, Paul. *God & The New Physics*, s. 41–43.

¹¹⁸Tamtéž, s. 172.

¹¹⁹Srov. SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God*, s. 69

¹²⁰Srov. DAVIES, Paul. *God & The New Physics*, s. 172.

neta není centrem naší Sluneční soustavy a už vůbec ne vesmíru. A my se nyní snažíme přijmout fakt, jak nepatrnou součástí celé této skutečnosti jsme.¹²¹

Ale je to opravdu tak, jak říká? Jsme opravdu jen nahodilou skutečností, obyvateli jednoho z mnoha vesmírů, o kterých nemáme tušení? Stále nevíme mnoho o vesmíru, ve kterém žijeme. Kosmologie však novými prostředky stále hledá odpovědi na naše otázky. Každým dnem vědci zjišťují nové informace o tom, jak se náš vesmír vytvářel. V následující kapitole se proto podívejme na nejdůležitější objevy poslední doby, které nám rozšiřují obzory našeho vědění a souvisí s tematikou vzniku vesmíru. Může nám přinést více světla k odpovědím na naše otázky.

¹²¹Srov. HAWKING, Stephen. *The Breave History of Time*, s. 233–234.

5 Novodobá kosmologie a její objevy

S rozvojem techniky získala kosmologie a věda obecně obrovské možnosti zvláště v posledních desetiletích. Od dob prvních dalekohledů a vědeckých pokusů urazila dlouhou cestu a je někdy až neuvěřitelné sledovat, jakých výsledků dosahuje kosmologie v posledních letech. Věda a poznání jde rychle dopředu a proto platí, zvláště v této moderní době, slova českého astrofyzika Jiřího Grygara:

Všechny podobné pokusy užít soudobých vědeckých poznatků (či ještě přesněji soudobé interpretace vědeckých poznatků) k podpoře – nebo naopak k vyvrácení – jakéhokoliv filozofického názoru však narážejí na zásadní nesnáz: věda se neustále proměňuje, někdy tak rychle, že je pro kohokoliv na světě téměř nemožné zjistit, co právě platí a co již zastaralo. Zastarávají nejen odpovědi, ale i otázky.¹²²

Tato slova jsou zvláště příhodná nyní pro nás, kteří se snažíme hledat to nejlepší vysvětlení vzniku a vývoje vesmíru. Každým vědeckým objevem se naše poznání posouvá vpřed a skládá se nám tak mozaika našeho poznání okolního světa. Představme si proto několik významných objevů, které nás mohou opět přivést blíže k nalezení odpovědí na naše otázky.

5.1 Rozpínání vesmíru se zrychluje (1998)

Na konci 20. století se pohled na vesmír proměnil. Do této doby se myslelo, že gravitační síla rozpínání vesmíru brzdí. Na přelomu let 1998 a 1999 však dva vědecké týmy, nezávisle na sobě, publikovali důkaz, že se rozpínání vesmíru zrychluje.¹²³ Oba týmy pod vedením amerických astrofyziků Adama Riese (1969) a Saula Perlmuttera (1959) tento objev učinili na základě zkoumání vzdálenosti dvou galaxií supernovy typu 1a. Spolu s Brianem Schmidtem (1967) získali za tento objev v roce 2011 Nobelovu cenu. Co je příčinou této zrychlené expanze? Astrofyzikové stále pátrají po tom, co by toto rozpínání způsobovalo. Prozatím dali této síle jméno *temná energie* a mají tři hlavní nápady, co by se za tímto pojmem mohlo skrývat. Prvním nápadem je energie vakua, druhým by to mohl být další druh interakce, který ještě neznáme a poslední možností je nepochopení celé teorie gravi-

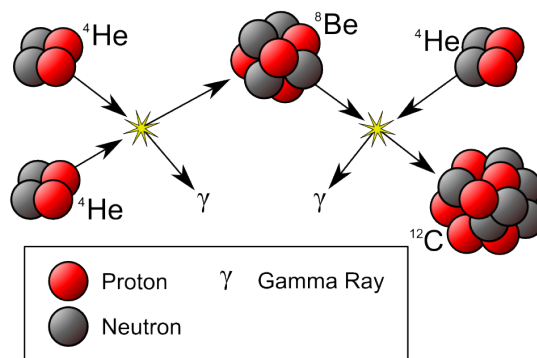
¹²²GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře*, s. 22–23.

¹²³S. PERLMUTTER et al., *Measurements of Ω and Λ from 42 high-redshift supernovae*, Adam G. RIESS et al., *Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant*

tace, která by se pak musela celá přebudovat. Podle výpočtů vědců by měla temná energie tvořit 73% z celkové hmoty a energie vesmíru.¹²⁴

5.2 Proces vznik uhlíku rozluštěn (2001)

Němečtí vědci v květnu roku 2001 publikovali odborný článek¹²⁵, ve kterém vyřešili dlouholetý problém vzniku uhlíku, základního kamene všeho živého ve vesmíru, v podobě, kterou známe. Všechny těžší prvky než helium potřebují ke svému vzniku velmi extrémní podmínky, které panují v nitru hvězd. V případě uhlíku je potřeba, aby jeho jádro prošlo přechodným stavem, kterému se říká Hoyleův stav. Tento speciální stav objevil v roce



Obrázek 9: 3α proces vzniku uhlíku

1954 anglický astronom Fred Hoyle (1915–2001), ale do této doby jej nikdo nedokázal matematicky popsat. Kdyby tento stav neexistoval, vzniklo by jen velmi málo uhlíku a jiných prvků (jako kyslík a železo) a život ve vesmíru by pravděpodobně ani neexistoval. Děj při kterém vzniká uhlík se nazývá 3α proces, při kterém se spojí nejdříve dvě jádra helia a vytvoří jádro beryllia. To reaguje s dalším jádrem helia a vzniká uhlík ve speciálním stavu s vysokou energií (excitovaný stav). Pravděpodobnost tohoto procesu by měla být velice minimální. Díky tomu, že základní stav beryllia má téměř stejnou hodnotu jako dvě částice helia a součet energie beryllia a helia je téměř rovna energii uhlíku v excitovaném stavu, může k tomuto procesu dojít. Hoyleův proces představuje vrcholek, který musí tři jádra helia překonat, aby vznikl stabilní uhlík. K matematickým výpočtům

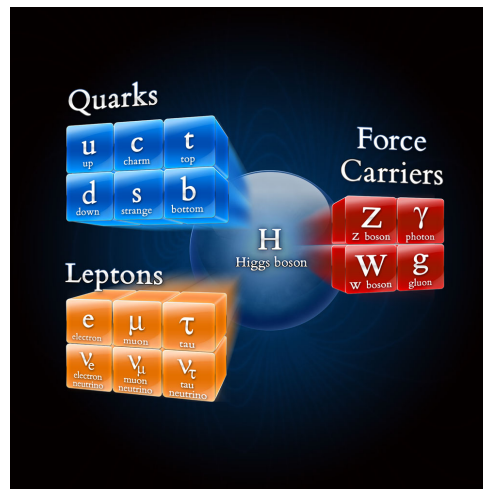
¹²⁴Srov. BOUDA, Ondřej *Nobelova cena za odhalení zrychlené expanze vesmíru*. [online]. [cit. 18.3.2018]. Dostupné z: https://www.irozhlaz.cz/veda-technologie/nobelova-cena-za-odhaleni-zrychlene-expanze-vesmiru_201110041922_mtaborska

¹²⁵E. EPELBAUM et al., *Ab Initio Calculation of the Hoyle State*. *Physical Review Letters* 106(19) (2011). Dostupné z: doi: 10.1103/PhysRevLett.106.192501

využili němečtí vědci superpočítač a výpočet trval zhruba jeden týden. Hoylův stav je dobrým příkladem toho, že fyzikální konstanty musí být ve vesmíru velmi jemně vyladěny na přesně danou hodnotu, jinak by ke vzniku uhlíku (základního kamene života) vůbec nemohlo dojít.¹²⁶

5.3 Objev Higgsova bosonu (2012)

V sedmdesátých letech dvacátého století si fyzikové uvědomili, že mezi dvěma ze čtyř základních sil (slabou silou a elektromagnetickou silou) jsou velmi úzké vazby. Obě síly mohou být popsány stejnou teorií. Tato teorie se nazývá teorií slabé interakce a tvoří základ standardního modelu. Základní rovnice sjednocené teorie správně popisují elektrickou sílu a s ním spojené částice (foton a bosony W a Z), ale s jedním problémem. Částice mají v teorii nulovou hmotnost. Zatímco foton tuto podmínku splňuje víme, že



Obrázek 10: Role Higgsova bosonu

bosony W a Z hmotnost mají, a to přibližně stokrát větší než proton. Proto fyzikové Robert Brout, François Englert a Peter Higgs předložili návrh, který měl tento problém vyřešit. Zavedli mechanismus, který dává bosonům W a Z hmotnost, a to v případě kdy interagují s neviditelným polem, nyní nazývaným – Higgsovo pole, které proniká vesmírem. Vzápětí po Velkém třesku bylo Higgsovo pole nulové. Když vesmír ochladl a teplota klesla pod kritickou hodnotu toto pole se samovolně rozrostlo tak, že částice, které s ním reagovaly, získaly hmotnost. Čím více částic interaguje s tímto polem, tím těžší je. Částice

¹²⁶Srov. KUČERA, Josef. *Vědci konečně dokázali spočítat jev bez kterého by nebyl život* [online]. [cit. 15.3.2018]. Dostupné z: https://technet.idnes.cz/vedci-konecne-dokazali-spocitat-jev-bez-ktereho-by-nebyl-zivot-p7f-/tec_vesmir.aspx?c=A110513_123112_tec_vesmir_mbo/

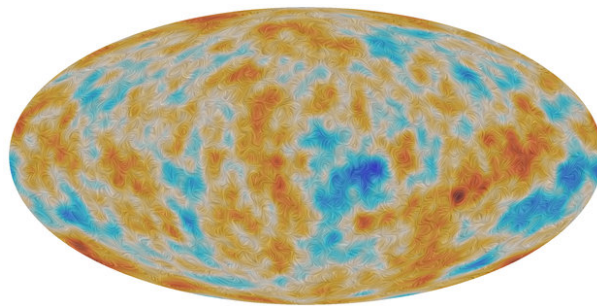
jako foton, které s tímto polem neinteragují, zůstávají bezhmotné. Jako všechna dosud známá pole, má také Higgsovo pole částice – Higgsův boson.¹²⁷

Nová částice jejichž vlastnosti byly odpovídající Higgsovu bosonu, byla experimentálně potvrzena v červenci roku 2012 při projektech na urychlovači LHC v Cernu. V roce 2013 bylo potvrzeno, že se skutečně jedná o hledaný Higgsův boson, který byl předpověděn v rámci standardního modelu.¹²⁸ V říjnu 2013 byl belgický fyzik François Englert (1932) a anglický fyzik Peter Higgs (1929) za teoretický objev mechanismu, který přispívá k porozumění původu hmoty částic, odměněni Nobelovou cenou.¹²⁹

Higgsův boson byl poslední částicí standardního modelu, která doposud nebyla objevena. Je velmi důležitá, pro pochopení původu ostatních elementárních částic.

5.4 Pozorování družice Planck (2015)

Vesmírná družice Planck, která byla vyslána vesmírnou agenturou ESA plnila svůj úkol v letech 2009–2013. Navazovala na starší projekty družic COBE (1989–1993) a WMAP (2001–2010). Tyto sondy měly velké spektrum úkolů, které měly v průběhu svého fungování splnit. Výsledky družice Planck se stále vyhodnocují, k dispozici máme ty, které byly uvolněny v roce 2016. Úplné výsledky budou známy pravděpodobně v březnu letošního roku.¹³⁰ Již teď si však můžeme uvést alespoň některé důležité závěry, které vyplývají z pozorování této sondy. Sonda Planck zpřesnila velikost Hubblovky konstanty, která ur-



Obrázek 11: Fluktuace reliktního záření (Planck 2015)

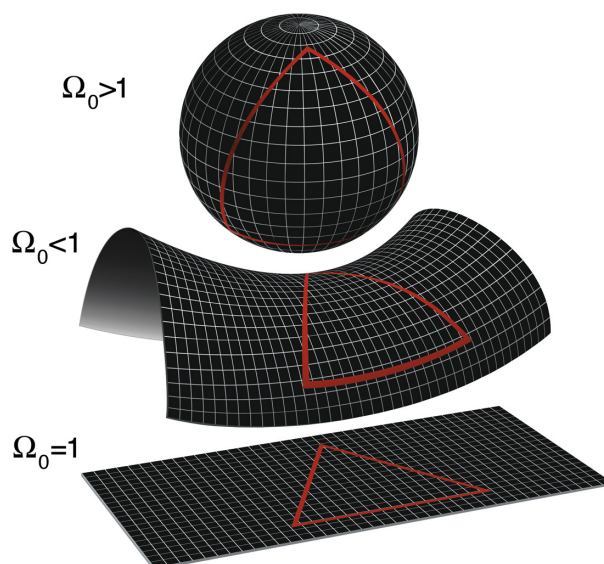
¹²⁷Srov. CERN: *The Higgs boson: The origins of the Brout-Englert-Higgs mechanism* [online]. [cit. 14.3.2018]. Dostupné z: <https://home.cern/topics/higgs-boson/origins-brout-englert-higgs-mechanism>

¹²⁸Srov. CERN: *New results indicate that new particle is a Higgs boson* [online]. [cit. 14.3.2018]. Dostupné z: <https://home.cern/about/updates/2013/03/new-results-indicate-new-particle-higgs-boson>

¹²⁹Srov. CERN: *The Higgs boson* [online]. [cit. 14.3.2018]. Dostupné z: <https://home.cern/topics/higgs-boson>

¹³⁰Srov. JODRELL BANK CENTRE FOR ASTROPHYSICS. *Royal Astronomical Society awards the 2018 Group Achievement Award to the Planck Team* [online]. [cit. 15.3.2018]. Dostupné z: <http://www.jodrellbank.manchester.ac.uk/news-and-events/royal-astronomical-society-awards-the-2018-group-achievement-award-to-the-planck-team.htm>

čuje rychlost expanze vesmíru, a to na hodnotu $H_0 = (67,8 \pm 0,9) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ (dvě galaxie vzdálené 1 Mpc se vzdalují rychlostí $(67,8 \pm 0,9) \text{ km/s}$)¹³¹. Zpřesnila frekvenční analýzu fluktuací reliktního záření, ze kterého lze vyčíst řadu důležitých údajů. Přesnější odhad stáří vesmíru je nyní $13,799 (\pm 0,038)$ miliardy let. Temná energie je zastoupena ve vesmíru v 69,2%. Dalším důležitým údajem, který upřesnila družice Planck je hustota



Obrázek 12: Geometrie vesmíru

tota vesmíru Ω_0 . Ta ovlivňuje geometrii vesmíru, kterou můžeme vidět na obrázku 12. Pokud tato hustota překročí kritickou hodnotu $\Omega_0 = 1$, je vesmír uzavřený a pozitivně zakřivený, jako povrch koule. Pokud je hustota menší než kritická hodnota, potom je geometrie vesmíru otevřená (nekonečná) a je negativně zakřivená, podobá se jezdeckému sedlu. Pokud je však hustota vesmíru rovna přesně této kritické hodnotě, je vesmír plochý a nekonečný. Z výsledků pozorování družice Planck vyplývá, že vesmír má hustotu $\Omega = 1 \pm 0,005$, tedy je s přesností 10^{-2} plochý.¹³²

¹³¹Aktuálně změřená hodnota $H_0 = (73,45 \pm 1,66) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ (22.2.2018). Dostupné z: NASA. *Improved Hubble Yardstick Gives Fresh Evidence for New Physics in the Universe* [online]. [cit. 12.4.2018]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/improved-hubble-yardstick-gives-fresh-evidence-for-new-physics-in-the-universe> a dále z:

RIES A. ET AL. *New Parallaxes of Galactic Cepheids from Spatially Scanning The Hubble Space Telescope: Implications for The Hubble Constant*. [online]. [cit. 12.4.2018]. http://imgsrc.hubblesite.org/hvi/uploads/science_paper/file_attachment/308/finalpass5.pdf

¹³²Srov. PLANCK COLLABORATION ET AL. *Planck 2015 results - XIII. Cosmological parameters*. *Astronomy & Astrophysics* 594, A13 (2016). Dostupné z: doi:10.1051/0004-6361/201525830

5.5 Objev gravitačních vln (2015)

Přesně sto let od teoretické předpovědi gravitačních vln Albertem Einsteinem, byly gravitační vlny skutečně detekovány. Einstein popsal v obecné teorii relativity situaci dvou kolem sebe obíhajících černých děr. Tyto černé díry díky vyzařování gravitačních vln ztrácí energii, tím se začínou k sobě navzájem přibližovat, až nakonec dojde k jejich sloučení. Přitom je část jejich hmoty přeměněna na energii, která je uvolněna ve formě gravitačních vln. Tyto gravitační vlny byly detekovány v září roku 2015 a výsledky tohoto objevu byly prezentovány v únoru následujícího roku.¹³³ Tento objev se podařil díky vědeckému zařízení LIGO, na kterém se podílí 15 států a 83 institucí. Pozorování gravitačních vln bylo zaznamenáno díky srážce dvou černých děr, každá o hmotnosti okolo třiceti hmotností Slunce. Vzdálenost těchto černých děr od nás byla 1,3 miliardy světelných let. Tyto dvě černé díry začaly kolem sebe rotovat rychlostí třicet oběhů za sekundu, dále se zrychlovaly až na 250 oběhů za sekundu, až došlo ke srážce a vzniku jedné supermasivní černé díry. Za tento krátký moment srážky se vyprodukovalo více energie, než dává světlo všech hvězd ve vesmíru dohromady. Význam objevu gravitačních vln je triumfem vědecké metody a její nádhernou ukázkou v praxi. Myšlenka gravitačních vln prošla od fáze předpovědi až k experimentálnímu potvrzení. Objev těchto vln byla poslední z předpovědí, která vychází z obecné teorie relativity, a dosvědčuje její platnost. Potvrzení gravitačních vln otevírá dveře dalším astronomickým pozorováním do budoucna.¹³⁴



Obrázek 13: Ilustrace srážek černých děr

Od první detekce došlo již ke třem dalším pozorováním gravitačních vln. V prosinci roku 2015, lednu 2017 a říjnu roku 2017.¹³⁵ Pozorování gravitačních vln má také zásadní

¹³³Srov. LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COL. *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger*. Physical Review Letters. 116(6) (2016). Dostupné z: doi:10.1103/PhysRevLett.116.061102

¹³⁴Srov. HRON, Michal. *Gravitační vlny potvrzeny*. Česká astronomická společnost [online]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/clanky/vzdaleny-vesmir/gravitacni-vlny-potvrzeny.html>

¹³⁵Srov. LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COL. *GW170814: A Three-Detector Observation*

vliv na zjištění přesné hodnoty Hubblovky konstanty expanze vesmíru. Z gravitačních vln totiž můžeme přímo zjišťovat absolutní vzdálenosti od zdroje, a proto lze hodnotu Hubblovky konstanty určit přesněji, než z dopusud používaných metod.¹³⁶

of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Coalescence. Physical Review Letters. 119(14)(2017), Dostupné z: doi: 10.1103/PhysRevLett.119.141101

¹³⁶Srov. LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COL. *A gravitational-wave standard siren measurement of the Hubble constant*. Nature 551(7678)(2017), 85–88. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/nature24471

6 Nalezení nejlepšího možného vysvětlení

Již jsme se zmínili o tom, že věda není schopna deduktivně dokázat Boží působení ve vzniku vesmíru a ve stvoření obecně. Je to empirická induktivní disciplína, která si nikdy nemůže být jistá tím, jestli pracuje se všemi informacemi. Těch může být mnoho a některé z nich stále čekají na své odhalení. Ale to nám nemusí bránit vytvářet teorie, které postupně doplňujeme o námi získané vědomosti a takto utvářet celkový obraz našeho pohledu na stvoření a vývoj vesmíru. Samozřejmě se může stát, že naše teorie se mohou rozsypat jako domeček z karet, ale i to nás posouvá v našem poznání dál, ke konečnému cíli našeho snažení. Naším cílem je nyní hledat nejlepší možné vysvětlení otázky stvoření vesmíru. Má vesmír svůj počátek? Je Bůh jeho tvůrcem? Jsou to zásadní otázky, na které lidstvo hledá odpovědi již od svého počátku. Stále jsme blíže v poznání vesmíru a jeho zákonům. Díky vědcům, kteří se zabývají různými oblastmi lidského působení, máme možnost poznávat stále nové objevy, které nás hlouběji uvádí do pochopení smyslu věcí kolem nás.

Snažili jsme se proniknout do základních principů, jakým způsobem se vesmír vyvíjí, které nejdůležitější děje probíhaly v období jeho nejbouřlivějšího vývoje před téměř 14 miliardy lety a jak se s velkou pravděpodobností bude vyvíjet i nadále. Současný kosmologický model nám k tomu dává poměrně přesné informace. Při četbě tohoto textu nám určitě vyvstaly mnohé otázky. Na které straně je pravda? Definitivní odpověď neznáme, můžeme jen pohlížet na vědecké poznatky a udělat si svůj vlastní obrázek o tom, která z variant je pro nás přijatelnější.

Hlavní otázky, které jsou důležité pro utvoření našeho názoru mohou být následující. Je vesmír stvořen Bohem, jako místo s přesnými pravidly, jejichž cílem je stvoření života? Nebo je vesmír místem, který je nekonečný, bez počátku? Případně je jeden z mnoha a my žijeme v tom, který je příhodný ke vzniku životních forem? Alespoň v základních rysech jsme si ukázali obě možnosti, jak odpovědět. Model jemně vyladěného vesmíru a model paralelních vesmíru přesně odpovídají na tyto, námi položené, otázky. Nyní je na každém, aby si dle svého uvážení rozhodl, který z těchto modelů je pro něj přijatelnější. Nemůžeme zde nabídnout definitivní odpovědi na naše otázky. Pomocí hledání nejlepšího vysvětlení se však můžeme přiklonit k tomu názoru, který nám připadá logičtější a ve svém smýšlení se v něm ztotožňuje.

Standardní kosmologický model nám dává jasné důkazy o tom, že měl vesmír svůj původ ve Velkém třesku. Tyto důkazy nám poskytují nejen teorie významných fyziků a matematiků minulých staletí, ale jsou také potvrzeny empirickým pozorováním vesmíru. Dalším důležitým vodítkem jsou přírodní zákony, kterými se řídí život nejen zde Zemi,

ale také v celém, námi pozorovatelném, vesmíru. Těmito zákony se vesmír řídí od svého počátku stále jednotně a bez výjimky. Když nahlížíme do hloubky těchto fyzikálních zákonů, můžeme vidět mimořádnou spojitost a vzájemnou součinnost, která se mezi nimi nachází. Díky vědeckému bádání jsme také zjistili, že existují důležité přírodní kosmologické konstanty, které jsou zodpovědné jak za chování jednotlivých přírodních sil, tak také za vlastnosti základních částic, které se ve vesmíru vyskytují. Ukázali jsme si, jak důležitá je právě ta skutečnost, jakých hodnot nabývají. Je s podivem, jak nepatrná změna jejich hodnot může ovlivnit celý průběh vývoje vesmíru. Nemůže i tento fakt vést k přesvědčení, že vesmír musel být stvořen s přesným plánem svého vývoje?

Představili jsme si také jiný přístup, který se objevil v průběhu minulého století. Je založen na nové inflační teorii a zabírá se možností současného výskytu paralelních vesmírů. Teorie paralelních vesmírů má několik různých modelů, my jsme si představili čtyři základní. Popisují různý způsob výskytů paralelních vesmírů. Myšlenka, která tyto modely spojuje vychází z předpokladu, že vesmír v tomto složení nevznikl z nějakého impulsu, ale existuje nekonečně dlouho a obsahuje nekonečné množství vesmírů s různými vlastnostmi. A tudíž je náš vesmír, jedním z mnoha vesmírů, který díky vhodné a nahodilé kombinaci svých vlastností dal možnost vzniku života.

V předcházející kapitole jsme si představili několik významných objevů, které se udály v posledních letech. Je to jen ukázka toho, jak rychlým tempem věda postupuje kupředu. To co bylo ještě před sto lety pouhou teorií, se může díky pokroku stát dokázaným faktem. Na těchto objevech je stále více vidět krása zákonitostí našeho vesmíru. Jsou důkazem plánu, který byl vtisknut do jeho základů. Je ještě mnoho nezodpovězených otázek, které čekají na své odpovědi, ale podle tempa, jakým se kosmologie ubírá, nebude dlouho trvat a budeme zase o něco blíže v poznávání pravdy o původu vesmíru.

Důležitá jsou v tomto ohledu slova českého astronoma Jiřího Grygara, který na adresu vědy říká:

Vidíme snad již zřetelně, že věda nemůže být povýšena do role soudního znalce, který rozhodne o vědeckém světovém názoru jednou pro vždy. Tento spor si rozhoduje každý člověk ve svém svědomí znovu a znovu a věda mu zde může být pouze nepřímým prostředníkem.¹³⁷

S tímto tvrzením nemohu jinak, než souhlasit. Věda má být pouhým prostředníkem poznání světa kolem nás a názor na něj si musí každý udělat sám. Pokud bych se já měl zamyslet nad otázkou, zda je vesmír Božím stvořením, byla by má odpověď kladná. V argumentech, které jsem se snažil nastínit v předešlých kapitolách, jsou dle mého názoru

¹³⁷Srov. GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře*, s. 24.

jasné indicie, že i z pozorování vesmíru a výsledků kosmologie (která se vesmírem zabývá) vyplývá, že nejlepším možným vysvětlením existence jedinečného vesmíru, ve kterém žijeme, je jeho stvoření Bohem.

7 Závěr

V této práci jsme se seznámili s metodou usuzování, kterou využíváme ve svém každodenním životě, aniž bychom si to možná někdy uvědomovali. Metoda hledání nejlepšího možného vysvětlení je důležitou pomůckou k tomu, abychom dokázali hledět stále více dopředu a neustávali v hledání odpovědi na důležité otázky, které si klademe. Otázka vzniku vesmíru mezi ně určitě patří. Je důležité si v tomto případě uvědomit, jak důležitou roli v hledání zásadních existenčních otázek hraje vzájemný vztah vědy, teologie a filosofie. Jsou to oblasti lidského poznání, které se mohou zdát velmi odlišné, ale v první kapitole jsme si vysvětlili, jakým způsobem se mohou vzájemně doplňovat a být si nápomocni v hledání společné pravdy. Vzájemný vztah vědy a víry by se měl neustále prolínat. Věda totiž není všemocná a tam, kde se zdá, že mohou končit její možnosti, může přijít na řadu teologie a její poznatky.

Nastínili jsme si dva scénáře vzniku a vývoje vesmíru, které jsou v posledních desetiletích velmi diskutované. Tedy standardní kosmologický model a teorie paralelních vesmírů. Ukázali jsme si základní argumenty, které tyto teorie obhajují a podporují. Teorie jemně vyladěného vesmíru, která vychází ze základního kosmologického modelu a dává zřejmé indicie k tomu, že vesmír má svá zcela přesná pravidla, podle kterých se řídí. Z pozorovaných faktů je zřejmé, že vznik našeho ve vesmíru by měl být, ze statistického hlediska, zcela nepravděpodobný. A proto se můžeme ptát, jak je možné, že stejně vznikl? Je zde proto, dle mého názoru, jasná souvislost s tím, co bylo našim cílem. Tedy konstatování, že nejlepším možným vysvětlením vzniku vesmíru je Boží působení v něm. Naš vesmír je velmi výjimečné místo.

A na jedné z mnoha planet obíhajících kolem jedné z mnoha hvězd, v jedné z mnoha galaxií se objevil člověk, který přemýšlí o tom, proč je vesmír takový, jaký je.¹³⁸

A my jsme se snažili společně přemýšlet a nalézt tu nejlepší možnou odpověď. Kéž by i přečtení této práce pomohlo čtenářům na chvíli se zastavit. Uvědomit si fakt, že i věda, mezi kterou kosmologie bezesporu patří, nám skrze své výsledky nabízí možnost sledovat Boží záměr při stvoření vesmíru. Kosmologie, která svými možnostmi nebude moct nikdy Boha jednoznačně prokázat, může být dobrou pomocnicí teologie, která na otázku stvoření světa zná jednoznačnou odpověď.

¹³⁸KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie*, s. 30.

Přehled pojmů

Abdukce: Metoda usuzování, která hledá nejlepší možné vysvětlení z doposud zjištěných informací.

Antičástice: Každá částice hmoty má svou antičástici. Ta má stejnou hmotnost, ale hodnota jiných charakteristických vlastností má opačné znaménko. Při setkání těchto dvou částic dochází k anihilaci (úplnému zániku částic, za současného vzniku energie). Dvojice částice a antičástice jsou např. elektron–pozitron, proton–antiproton, kvark–antikvark, lepton–antilepton).

Antihmota: Druh hmoty, která se skládá z antičástic.

Atom: Základní částice veškeré hmoty. Tvoří jej nukleony (protony a neutrony), které jsou obklopeny obíhajícími elektrony. Počet protonů v jádru určují, o který prvek se jedná.

Boson: Částice, která není fermionem. Není vázaná Pauliho vylučovacím principem. Patří mezi ně foton, gluon, Higgsův boson.

Časoprostor: Pojem který v sobě zahrnuje tři dimenze prostorové a jednu časovou.

Částice: Nejmenší část hmoty, která má určité charakteristické vlastnosti.

Červený trpaslík: Malá, chladná hvězda. Vzhledem k pomalému spalování vodíku má dlouhou dobu života.

Dualita částic a vlnění: Představa kvantové mechaniky, kde není rozdíl mezi vlněním a částicí. Někdy se částice chová jako vlna a naopak.

Černá díra: Oblast časoprostoru vyznačující se tak silnou gravitací, že ani světlo z něj nedokáže uniknout.

Dopplerův jev: Jev, kdy dochází ke změně frekvence a vlnové délky přijímaného signálu (světla) oproti vysílaného z důvodu vzájemného pohybu zdroje a pozorovatele.

Elektromagnetická síla: Síla, která působí mezi částicemi s elektrickým nábojem. Druhá nejsilnější ze čtyř základních interakcí.

Elektron: Záporně nabitá částice, která je nositelkou elektrického náboje. Tvoří obal atomu a obíhá kolem atomového jádra.

Entropie: Veličina, která umožňuje sledovat míru nevratnosti děje. V uzavřených systémech může entropie, buď zůstat beze změn nebo růst. Každý uzavřený systém se snaží dostat do rovnovážného stavu, který je nejpravděpodobnější. V případě jeho dosažení, již není schopen práce. V termodynamické rovnováze je entropie uzavřeného systému maximální. Entropie souvisí s Druhým termodynamickým zákonem.

Excitovaný stav: Stav s větší energií, než je stav základní.

Expanze: Rozpínání vesmíru.

Fermion: Částice, pro kterou platí Pauliho vylučovací princip (dvě nerozlišitelné částice nemohou být ve stejném kvantovém stavu). Mezi fermiony patří protony, elektrony, neutrony, kvarky a neutrino.

Foton: Kvantum elektromagnetické energie, částice světla.

Gluon: Částice zprostředkující silnou interakci mezi kvarky, umožňuje vytvořit vazbu mezi protonem a neutronem v atomovém jádře.

Gravitační síla: Nejslabší ze čtyř základních interakcí. Působí jako jediná, mezi všemi formami hmoty. Má nekonečný dosah a vždy přitažlivé účinky.

Hadronizace látky: Období, kdy vznikají protony a neutrony.

Inflace: Enormní rozpínání vesmíru, za velmi krátký časový okamžik. Z toho důvodu dnes můžeme sledovat téměř homogenní vesmír.

Ionizace: Proces, ve kterém se z neutrálního atomu stává iont.

Konstanta: Fyzikální veličina, která má stejnou hodnotu v čase.

Kosmologie: Věda, která se zabývá vesmírem jako celkem.

Kvantum: Nejmenší možná nedělitelné množství nějaké fyzikální veličiny, jakou je energie nebo hmota.

Kvark: Podle částicové fyziky nemají vnitřní strukturu a patří mezi nejmenší částice, ze kterých je složena hmota (protony, neutrony a další). Působí na ně všechny interakce. Známe šest druhů kvarků (rozlišení podle tzv. vůní).

Lepton: Působí na něj pouze slabá interakce. Dělí se na nabitě, na které působí navíc elektromagnetická interakce (elektron, mion, tauon) a nenabitě (neutrino).

- Mion:** Nestabilní těžký elektron, který se rozpadá na elektron a neutrino.
- Neutron:** Částice bez elektrického náboje, která se nachází v atomovém jádře. Je tvořena dvěma kvarky d a jedním kvarkem u .
- Modrý obr:** Velmi hmotná hvězda s vysokou teplotou, která již vypotřebovala zásoby vodíku ve svém jádře. Má krátkou dobu života a exploduje jako supernova.
- Multiversum:** Hypotetická množina všech různých vesmírů, kde náš vesmír je jeho součástí.
- Neutrino:** Elementární částice s velmi malou hmotností, která nemá elektrický náboj. Působí na něj pouze slabá interakce a velmi málo také gravitace. Je proto velmi obtížně detekováno. Lehce prochází i Zemí, aniž by s něčím interagovalo.
- Nukleon:** Společný název pro proton a neutron. Částice, které tvoří jádro atomu.
- Polní částice:** Částice, které zprostředkují interakci. Pro elektromagnetickou interakci existuje foton, pro slabou interakci částice W , Z a pro silnou interakci jsou to gluony.
- Poločas rozpadu:** Doba, za kterou se rozpadne polovina vzorku.
- Pozorovatelný vesmír:** Část vesmíru, ze které k nám stačilo doputovat světlo, za dobu existence vesmíru.
- Proton:** Kladně nabitá částice, která se nachází v atomovém jádře. Je tvořen dvěma kvarky u a jedním kvarkem d .
- Reliktní záření:** Elektromagnetické záření, které je pozůstatkem rané fáze vývoje vesmíru.
- Silná jaderná síla:** Nejsilnější ze čtyř základních interakcí s nejkratším dosahem působení. Drží kvarky při sobě a také protony a neutrony při formování atomu.
- Singularita:** Počátek Velkého třesku. Stav, který nelze popsat běžnými fyzikálními zákony.
- Slabá jaderná síla:** Druhá nejslabší interakce s velmi krátkým dosahem. Působí mezi všemi částicemi hmoty, nemá však vliv na polní částice.
- Standardní kosmologický model:** Model kosmologie, který popisuje vznik a vývoj vesmíru.
- Supernova:** Poslední vývojové stádium masivní hvězdy, kdy dojde k její explozi.

Tauon: Nestabilní velmi těžký elektron, který se rozpadá na elektron nebo mion, a neutrino.

Temná energie: Neznámá forma energie, která má za následek zrychlující rozpínání vesmíru.

Temná hmota: Forma hmoty, která není přímo pozorovatelná. Její působení lze zachytit díky gravitačním účinkům na okolní objekty. Udržuje pohromadě svítící objekty velkých rozměrů. Má za následek rychlejší obíhání periferních objektů.

Teorie všeho: Hypotetická teorie, která by zahrnovala veškeré fyzikální teorie. Popis působení všech čtyř interakcí ve vesmíru jednou teorií.

Velký třesk: Singularita na počátku vesmíru. Teorie, která popisuje ranou fázi vzniku vesmíru.

Věčná inflace: Možná varianta inflace, podle které se většina prostoru neustále rozpíná, zatímco na některých místech se inflace zastavila. Z těchto míst pak vznikly vesmíry, jako ten náš. Z teorie vyplývá, že náš vesmír je součástí většího, rozpínajícího se, multiverza.

Vlnová délka: Vzdálenost kterou urazí vlna za dobu jednoho kmitu (jedné periody).

Literatura

- [1] *Acta Apostolicae Sedis.*
- [2] CARUANA, Louis. *L'inizio E La Fine Dell'universo: Orientamenti Scientifici, Filosofici E Teologici.* Roma: Gregorian & Biblical Press, 2016. ISBN 978-88-7839-337-0.
- [3] COLLINS, Francis S. *Boží Řeč: Vědec předkládá důkazy ve prospěch víry.* Praha: Columbus, 2012. ISBN 978-80-87588-10-9.
- [4] DAVIES, Paul. *The Accidental Universe.* Cambridge: Cambridge University Press, 2009. ISBN 978-05-21286-92-3.
- [5] DAVIES, Paul. *God and The New Physics.* London: Penguin books, 1990. ISBN 978-0-140-13462-9.
- [6] *Dokumenty II. Vatikánského koncilu.* Kostelní Vydří: Karmelitánské nakladatelství, 2002. ISBN 80-7192-467-9.
- [7] DUŽÍ, Marie. *Logika pro informatiky (a příbuzné obory).* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2662-2.
- [8] EINSTEIN, Albert. *Religione Cosmica.* Brescia: Morcelliana, 2016. ISBN 978-88-372-2968-9.
- [9] GINGERICH, Owen. *Cercando Dio Nell'universo: Un Grande Astronomo Tra Scienza E Fede.* Torino: Lindau, 2008. ISBN 978-88-7180-686-0.
- [10] GRYGAR, Jiří. *O vědě a víře.* Kostelní Vydří: Karmelitánské nakladatelství, 2001. ISBN 978-80-7192-535-4.
- [11] HALLIDAY, David, JEARL, Walker, RESNICK, Robert. *Fyzika: Vysokoškolská Učebnice Obecné Fyziky.* Brno: VUTIUM, 2003. ISBN 80-214-1868-0.
- [12] HANUŠ, Jiří, VYBÍRAL, Jan. *Dawkins Pod Mikroskopem: Diskuse Nad Knihou Richarda Dawkinse Boží Blud.* Brno: Centrum pro studium demokracie a kultury, 2010. ISBN 978-80-7325-212-0.
- [13] HAWKING, Stephen. *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes.* London: Bantam books, 2016. ISBN 978-0-857-50100-4.

- [14] KRAUSS, Lawrence M. *A Universe from Nothing: Why There Is Something Rather Than Nothing*. London: Simon & Schuster, 2012. ISBN 978-1-47111-268-3.
- [15] KULHÁNEK, Petr. *Moderní kosmologie: Aneb jak přednášet o kosmologii?*. Hvězdárna Valašské Meziříčí, 2011.
- [16] LIVIO, Mario. *Je Bůh Matematik?* Praha: Argo, 2010. ISBN 978-80-257-0278-9.
- [17] MCGRATH, Alister E. *A Fine-Tuned Universe: The Quest for God in Science and Theology; the 2009 Gifford Lectures*. Cambridge: International Society for Science and Religion, 2010. ISBN 978-0-664-23310-5.
- [18] MCGRATH, Alister E. *La Grande Domanda: Perché non si può fare a meno di parlare di scienza, di fede e di Dio*. Torino: Bollati Boringhieri, 2016. ISBN 978-88-339-2738-1.
- [19] *Nový Zákon: Text užívaný v českých liturgických knihách*. Kostelní Vydří: Karmelitánské nakladatelství, 2006. ISBN 80-7195-073-4.
- [20] OMIZZOLO, Alessandro, FUNES, José G. *Esplorare L'universo, Ultima Delle Periferie: Le Sfide Della Scienza Alla Teologia*. Brescia : Editrice Queriniana, 2015. ISBN 978-88-399-2192-5.
- [21] PENROSE, Roger. *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*. New York: A.A. Knopf, 2004. ISBN 978-0-679-77631-4.
- [22] PENROSE, Roger. *The Emperor's New Mind*. Oxford: Oxford University press, 2016. ISBN 978-0-19-878492-0.
- [23] REES, Martin J. *Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe*. London: Weidenfeld & Nicolson, 2015. ISBN 978-1-7802-2690-3.
- [24] SPITZER, Robert J. *New Proofs for the Existence of God: Contributions of Contemporary Physics and Philosophy*. Cambridge: Grand Rapids, Mich: William B. Eerdmans Pub, 2010. ISBN 978-0-8028-6383-6.
- [25] SWEETMAN, Brendan. *Religione E Scienza: Una Introduzione*. Brescia: Queriniana, 2014. ISBN 978-88-399-2191-8.
- [26] TEGMARK, M. *Our Mathematical Universe: My Quest for the Ultimate Nature of Reality*. London: Penguin Books, 2015. ISBN 978-0-241-95463-8.

- [27] TEGMARK, M. *Parallel Universes*. in *Science and Ultimate Reality: From Quantum to Cosmos*. Cambridge University Press, 2003.
- [28] WEINBERG, Steven *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*. New York: Basic books, 1993. ISBN 978-0-465-02437-7.

Odborné články

- [29] BARROW, J.D. *Cosmology, Life, and the Anthropic Principle*. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 950 (1), 2001: 139–153.
- [30] E. EPELBAUM et al., *Ab Initio Calculation of the Hoyle State*. *Physical Review Letters* 106(19) (2011). Dostupné z: doi: 10.1103/PhysRevLett.106.192501
- [31] LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COL. *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger*. *Physical Review Letters*. 116(6) (2016). Dostupné z: doi: 10.1103/PhysRevLett.116.061102
- [32] LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COL. *GW170814: A Three-Detector Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Coalescence*. *Physical Review Letters*. 119(14)(2017), Dostupné z: doi: 10.1103/PhysRevLett.119.141101
- [33] LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COL. *A gravitational-wave standard siren measurement of the Hubble constant*. *Nature* 551(7678)(2017), 85—88. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/nature24471
- [34] S. PERLMUTTER et al., *Measurements of Ω and Λ from 42 high-redshift supernovae*. *The Astronomical Journal* 517 (1999): 565–586. ISSN 0004-637X
- [35] PLANCK COLLABORATION ET AL. *Planck 2015 results - XIII. Cosmological parameters*. *Astronomy & Astrophysics* 594, A13 (2016) Dostupné z: doi:10.1051/0004-6361/201525830
- [36] Adam G. RIESS et al., *Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant*. *The Astronomical Journal* 116 (1998): 1009–1038. ISSN 1538-3881

Workshop

- [37] INTERNATIONAL WORKSHOP: *Black Holes, Gravitational Waves and Spacetime Singularities*. Vatican Observatory, Castel Gandolfo, Rome. (9.-12.5.2017). Stránky workshopu: <http://www.vaticanobservatory.va/content/specolavaticana/en/workshop-lemaitre.html>

Internetové zdroje

- [38] BOUDA, Ondřej. *Nobelova cena za odhalení zrychlené expanze vesmíru*. [online]. [cit. 18.3.2018]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/nobelova-cena-za-odhaleni-zrychlene-expanze-vesmiru_201110041922_mtaborska
- [39] BRADLEY, Walter L. *Designed or Designoid*. [online]. [cit. 20.1.2018]. Dostupné z: <http://www.leaderu.com/offices/bradley/docs/created.html>
- [40] CERN: *Higgs boson* [online]. [cit. 14.3.2018]. Dostupné z: <https://home.cern/topics/higgs-boson>
- [41] CERN: *The Higgs boson: The origins of the Brout-Englert-Higgs mechanism* [online]. [cit. 14.3.2018]. Dostupné z: <https://home.cern/topics/higgs-boson/origins-brout-englert-higgs-mechanism>
- [42] CERN: *New results indicate that new particle is a Higgs boson* [online]. [cit. 14.3.2018]. Dostupné z: <https://home.cern/about/updates/2013/03/new-results-indicate-new-particle-higgs-boson>
- [43] HRON, Michal. *Gravitační vlny potvrzeny*. Česká astronomická společnost [online]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/clanky/vzdaleny-vesmir/gravitacni-vlny-potvrzeny.html>
- [44] JODRELL BANK CENTRE FOR ASTROPHYSICS. *Royal Astronomical Society awards the 2018 Group Achievement Award to the Planck Team* [online]. [cit. 15.3.2018]. Dostupné z: <http://www.jodrellbank.manchester.ac.uk/news-and-events/royal-astronomical-society-awards-the-2018-group-achievement-award-to-the-planck-team.htm>

- [45] KOČÍ, Eliška. *Abdukce*. Encyklopedie lingvistiky [online]. [cit. 3.2.2018]. Dostupné z: <http://oltk.upol.cz/encyklopedie/index.php5/Abdukce>
- [46] KUČERA, Josef. *Vědci konečně dokázali spočítat jev bez kterého by nebyl život* [online]. [cit. 15.3.2018]. Dostupné z: https://technet.idnes.cz/vedci-konecne-dokazali-spocitat-jev-bez-ktere-ho-by-nebyl-zivot-p7f-/tec-vesmir.aspx?c=A110513_123112_tec-vesmir_mbo/
- [47] NASA. *Improved Hubble Yardstick Gives Fresh Evidence for New Physics in the Universe* [online]. [cit. 12.4.2018]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/improved-hubble-yardstick-gives-fresh-evidence-for-new-physics-in-the-universe>
- [48] RIES A. ET AL. *New Parallaxes of Galactic Cepheids from Spatially Scanning The Hubble Space Telescope: Implications for The Hubble Constant*. [online]. [cit. 12.4.2018]. Dostupné z: http://imgsrc.hubblesite.org/hvi/uploads/science_paper/file_attachment/308/finalpass5.pdf
- [49] WIKIPEDIE. *Dualita částice a vlnění* [online]. ©2017 [cit. 20.3.2018]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Dualita_%C4%8D%C3%A1stice_a_vln%C4%9Bn%C3%AD&oldid=15394159

Zdroje obrázků

- Úvodní obrázek:
http://hubblesite.org/image/1455/news_release/2004-06
- Obrázek 1: Zakřivení prostoru
<https://www.sciencenews.org/article/special-report-gravity%E2%80%99s-century>
- Obrázek 2: Rozpínání vesmíru
<https://www.scienceonline.it/blog/2018/01/21/edwin-hubble-lespansione-delluniverso/>
- Obrázek 3: Elementární částice
https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Model
- Obrázek 4: Složení vesmíru (WMAP 2008)
<https://map.gsfc.nasa.gov/media/080998/index.html>

- Obrázek 5: Inlace vesmíru
https://en.wikipedia.org/wiki/Metric_expansion_of_space
- Obrázek 6: Paralelní vesmíry první a třetí úrovně
<http://inspirehep.net/record/758952/plots>
- Obrázek 7: Teorie všeho
<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/toe.php>
- Obrázek 8: Matematické struktury
<https://cz.pinterest.com/pin/427771664588742117/>
- Obrázek 9: 3α proces vzniku uhlíku
https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9action_triple_alpha
- Obrázek 10: Role Higgsova bosonu
<http://www.particleadventure.org/the-role-of-the-higgs-boson.html>
- Obrázek 11: Fluktuace reliktního záření (Planck 2015)
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/Planck_reveals_first_stars_were_born_late
- Obrázek 12: Geometrie vesmíru
<https://map.gsfc.nasa.gov/media/990006/index.html>
- Obrázek 13: Ilustrace srážek černých děr
<https://www.ligo.caltech.edu/news/ligo20160615>