

Seminární práce z fyziky

Vznik a vývoj Vesmíru

David Pěgřímek

<http://davpe.net>

Obsah

1	Vznik Vesmíru	3
1.1	Velký třesk	3
1.1.1	Historie	3
1.1.2	Důkazy	3
1.1.3	Časová osa	4
1.1.4	Inflační model	5
1.1.5	Chaotický inflační model	5
1.1.6	10^{-35} sekund poté	5
1.2	Oscilující Vesmír	6
2	Vesmír dnes	7
2.1	Historie GUT	7
2.2	Supersymetrie	7
2.3	Teorie strun a superstrun	7
2.4	Kvantová smyčková gravitace	7
3	Osud Vesmíru	8
3.1	Big Freeze	8
3.2	Big Rip	8
3.3	Big Crunch	8
3.4	Big Bounce	8
4	Závěr	9

Seznam obrázků

1	Různé průběhy rozpínání pro hodnoty Ω_m a Ω_v	9
---	---	---

1 Vznik Vesmíru

Nejpopulárnější a nejuznávanější kandidát na teorii vzniku Vesmíru je bezesporu Velký třesk. Přesto existují i jiné teorie a některé odpovídají i na otázku, co by mohlo být před Velkým třeskem¹. Stále není jisté, co se odehrávalo v prvních sekundách Velkého třesku a namísto něj, zde nastupuje inflační model, i když i ten má jisté nedostatky.

1.1 Velký třesk

1.1.1 Historie

Jako první model, který se setkal s vážnějším zájmem (nebereme-li v potaz náboženské teorie), byl Einsteinem navržený model statického a neměnného Vesmíru. Vesmír nijak nevznikl, nijak neskončí, ani se nerozpíná. Prostě je, byl a bude. (Později se objevila otázka, jak je možné, že v takovém Vesmíru nevidíme oblohu celou posetou hvězdami a doslova rozsvícenou jako Slunce. Jediné východisko bylo, že hvězdy se rozsvítily každá v jiném čase a světlo některých hvězd k nám ještě nedoputovalo.) Tento model Vesmíru plynul z jeho rovnic a měl tvar čtyřrozměrné koule o průměru 100 milionů světelných let. Aby Vesmír nezkolaboval a galaxie se nerozlétly od sebe, musel do svých rovnic přidat kosmologickou konstantu – jakousi sílu, která působí proti gravitaci. Kosmologická konstanta však narušovala krásu jeho rovnic a Einstein se s ní nikdy nesmířil, později ji dokonce označil jako největší chybu svého života. V roce 1924 tehdy ještě neznámý ruský matematik Alexander Friedmann konstantu z jeho rovnic vypustil a ukázal, že se Einstein mýlil, když ve svých rovnicích dělil nulou. Friedmann velikánovi napsal dopis a Einstein chybu uznal.

Deset let poté Edwin Hubble navázal na myšlenku astronoma Sliphera, že světlo ze vzdálených galaxií se jeví červenější a přišel s teorií, která mu přinesla věčnou slávu. Červený posuv (na rozdíl od modrého) znamenal, že se od nás galaxie vzdalují (princip Dopplerova jevu v akustice). Hodnoty rychlostí některých galaxií vynesl do grafu a vyšla mu lineární závislost. Čím dál je od nás galaxie nebo hvězda, tím rychleji se vzdaluje, Vesmír se tedy rozpíná. Kosmologická konstanta již v Einsteinových rovnicích neměla význam (i když dnes je opět předmětem žhavých diskuzí).

S myšlenkou Velkého třesku přišel ruský fyzik George Gamov a publikoval ji v roce 1948. Ve stejné době dva jiní fyzici vymysleli jinou teorii, ve které se v prostoru mezi galaxiemi měla stále tvořit hmota a Vesmír by byl v ustáleném stavu, který nemá ani začátek ani konec. Po 10 let tyto teorie proti sobě soupeřily, avšak po analýze hvězdných spekter, kdy se zjistilo, že hvězdy tvoří převážně helium a vodík, teorie „ustáleného Vesmíru“ (která předpovídala ve hvězdách celou škálu prvků) postupně zanikla.[2]

1.1.2 Důkazy

Díky tomu, že teorie Velkého třesku je s námi již více než 50 let, byla provedena celá řada experimentů, které ji silně podpořily (a zatím žádný, který by ji úplně vyvrátil).

První potvrzení správnosti teorie Velkého třesku byl objev reliktního záření, jakési ozvěny Velkého třesku. Gamov totiž předpověděl, že teplo vzniklé při Velkém třesku muselo zanechat stopy, v podobě měřitelného záření. Záření mělo být slabé a velmi chladné, jen několik stupňů nad absolutní nulou. Následujících 15 let se na tuto předpověď zapomnělo, avšak v roce 1964 se skupina princetoných fyziků pod vedením Roberta Dickea vydala záření hledat. Ve stejné době dva

¹Stephen Hawking však otázku co bylo před Velkým třeskem přirovnává ke stejně nesmyslné otázce „Co leží na sever od Severního pólu?“.[1]

astronomy Penziase a Wilsona v New Jersey upoutal zvláštní šum. Ani jeden Gamovu předpověď neznal a šum zprvu přičítali ptačímu trusu. Když se šum neměnil ani po směřování antény, dospěli k závěru, že záření musí přicházet z kosmu. Spojili se s Dickeovou skupinou a v roce 1978 za tento objev dostali Nobelovu cenu za fyziku (což bylo vůči Dickeovi trochu nespravedlivé) [2], [3]. Záření bylo na první pohled jednolitě, avšak po očištění od vedlejších jevů zjišťujeme nepatrné výkyvy teploty asi o 2,7 K. Jinými slovy, v tehdejší Vesmíru byla místa s vyšší hustotou, než průměrnou hustotou okolí. Způsobila je gravitace, která zhušťovala hmotu a dala tak vzniknout galaxiím a hvězdám. [4]

Za druhé, zastoupení prvků v Galaxii souhlasí s předpovědí, založené na zastoupení prvků ve hvězdách. Teorie Velkého třesku předpokládá tyto hodnoty: 25 % He a 75 % H, což souhlasí s pozorováním.

Dále bylo Edwinem Hubblem zjištěno a mnohokrát potvrzeno, že Vesmír se rozpíná a galaxie se od nás vzdalují. To by mohlo vést k dojmu, že jsme v samém středu Vesmíru, což není příliš pravděpodobné. Ale stačí si představit balónek, na kterém jsou nakresleny tečky a který se nafukuje. Žádná z teček není uprostřed, ale přesto z pohledu každé tečky se ostatní tečky vzdalují.

Dalším důkazem je stáří nejranějších objektů. Ty jsou staré 10–15 mld. let, což je v souladu s Velkým třeskem. Radioaktivní datovací metodou můžeme zjišťovat stáří látek. Objekty na Zemi, meteority a horniny vznikly asi před 4–5 mld. let (což je přibližně stáří naší Sluneční soustavy). Výpočtem hmotností hvězd zjišťujeme, že nejstarší vznikly asi před 10 mld. lety.

Poslední a patrně nejprůkaznější důkaz se opět týká reliktního záření. Výsledky Penziase a Wilsona byly jen velmi hrubé a po detailnějším zkoumání se zjistilo, že záření bylo až příliš hladké. Velký třesk však nemohl být stejnorodý, neboť by neměl čas, dostat se do stavu zrnitosti, jaký vidíme teď. Proto byla do Vesmíru v roce 1992 vyslána sonda COBE (Cosmic Background Explorer), která měla toto záření změřit. Po úmorném zpracování dat sondy COBE, odstraňování vedlejších jevů a počítačových korekcí se ukázala být shoda s Gamovou předpovědí velmi přesná, neuvěřitelných 0,1 %. V záření byly objeveny předpokládané zrnitosti a výsledky jsou dokonce v souladu s inflační teorií. [5]

1.1.3 Časová osa

Časová osa Velkého třesku: [2], [5]

10^{-43} **sekund:** Odděluje se gravitace jako samostatná síla.

Počátek velkého třesku. Začínají mít smysl pojmy čas a prostor. Z bodu o velikost 10^{-32} cm a teplotě 10^{32} °C se vyděluje gravitace.

10^{-35} **sekund:** Začátek inflace.

Vesmír má zatím velikost tenisového míče. Všechny síly kromě gravitace jsou zatím sjednoceny. Vznikají nové částice

10^{-32} **sekund:** Inflace končí.

Vesmír se nyní rozpíná pomaleji (ale stále neuvěřitelně rychle). Existují v něm dva typy částic: kvarky a leptony.

10^{-11} **sekund:** Rozdělení elektroslabé interakce.

Při teplotě 10^{15} °C se vyděluje elektroslabá interakce a dělí se na elektromagnetickou sílu a slabou interakci.

10⁻⁶ sekund: Kvarky mizí.

Díky snížení teploty o dva řády není dostatek energie pro vznik kvarků a proto postupně zanikají anihilací.

10⁻⁴ sekund: Tvorba baryonů.

Tvorba protonů a neutronů (slučováním kvarků).

1 sekunda: Neutrino unikají.

Díky zeslábnutí slabé interakce přestávají být neutrino aktivní a volně se rozlétají do celého Vesmíru.

100 sekund: Vznik prvků.

Reakcí protonů a neutronů vznikají jádra prvního prvku – helia. Později vzniká i vodík. Prostor je stále neprůhledný, protože ionty nepropouštějí dobře světlo.

300 000 let: Budiž světlo.

Vznik prvních atomů. Záření přestává být pohlcováno atomy, světlo se tedy nerozptyluje, ani nepohlcuje. Vesmír se rozjasní a stává se průhledným.

3 miliarda let: Kvazary.

Objevují se první kvazary.

5 miliard let: Galaxie.

Začínají se vytvářet galaxie, Vesmír už vypadá podobně jako dnes.

10–15 miliard let: Dnešní Vesmír.

Rodí se Sluneční soustava, o několik miliard let později se na Zemi objevují první formy života.

1.1.4 Inflační model

V modelu Velkého třesku (přesněji horkého Velkého třesku) se vyskytuje problém s počátečními podmínkami. Různé oblasti Vesmíru by musely mít na počátku přesně danou teplotu, aby teplo stihlo přetéci z jedné oblasti Vesmíru do druhé. Aby se Vesmír nezhroutil, počáteční rychlost by musela být zvolena s velkou přesností a pečlivostí. Proto byl Alanem Guthem z MIT navržen rozšiřující model Velkého třesku, který by tyto problémy řešil. V tomto modelu raný Vesmír prošel obdobím velmi rychlého rozpínání (odtud název modelu – inflační).

Vesmír začínal při obrovské teplotě, kdy všechny síly byly spojeny do jedné. Vesmír by postupně chladl a symetrie mezi silami by se narušila (analogicky, tekutá voda je symetrická, při ochlazení se však vytvoří krystalky ledu a symetrie se naruší). Stejně jako vodu můžeme podchladiť (při podchlazení se nevytvoří led a symetrie se nenaruší), Guth tvrdí, že přesně to se stalo s naším Vesmírem. Máme tedy podchlazený Vesmír, ve kterém symetrie mezi silami není narušena. Veškeré nepravidelné počáteční stavy se vyhladily (jako když nafouknete balón). Inflační model také vysvětluje, proč je ve Vesmíru tak obrovské množství hmoty a částic. Dále tento model tvrdí, že celková energie Vesmíru je nulová. Inflační rozpínání probíhalo jen v raných fázích vzniku Vesmíru (asi do jedné sekundy), dnes se již Vesmír inflačně nerozpíná.[3]

1.1.5 Chaotický inflační model

Inflační model však pořád nevyřešil všechny problémy a proto byl navržen ruským kosmologem Andrejem Linde chaotický inflační model. Proces inflace má své vlastní pokračování. Každá oblast, procházející inflací se větví na další a další oblasti procházející inflací, a tak dále, až do nekonečna. Tento proces je věčný, nekonečný a připomíná fraktál. [6]

1.1.6 10^{-35} sekund poté

Zaměříme se podrobněji na probádanější část okamžiku Velkého třesku. Máme Vesmír o teplotě asi 1028 K, který se rozpíná. Nyní přichází největší tajemství Velkého třesku, které umožnilo tvorbu hmoty a život jako takový. Ve Vesmíru je právě stejné množství bosonů X a antibosonů X . Ty se měly symetricky rozpadnout na stejné množství kvarků a antikvarků, každá částice by anihilovala se svým párem, vyzářila by se a nevznikla by žádná hmota. Vesmír by byl prázdný. My víme, že se tato situace neodehrála. Namísto toho nastala nerovnováha kvarků a antikvarků (kvarků bylo více), která pokračovala s chladnutím Vesmíru až do nerovnováhy protonů a antiprotonů. Díky tomu si některé protony a neutrony nenašly svůj protějšek, unikly anihilaci a mohly vytvořit hmotu. Poté bylo za pomoci neutrin a antineutrin dosaženo rovnováhy mezi protony a neutrony. Jednu sekundu po Velkém třesku se tyto procesy zastavily. Začaly se tvořit izotopy vodíku (deuterium, tritium a další). Dalších 400 000 let trvalo, než fotony přestaly oddělovat atomová jádra od elektronů a mohly se vytvořit atomy. Z oblaků vodíku a helia vznikly první hvězdy a Vesmír se začínal formovat. [4].

1.2 Oscilující Vesmír

V 60. letech fyzikové navrhli model, kdy by Vesmír zanikl Velkým krachem (smrštění do jednoho bodu, viz. sekce 3.3). Toto zhroucení by bylo opět následováno Velkým třeskem, až do nekonečna. Tuto sérii vesmírů nazýváme multivesmír (takový cyklický kolotoč Velkých třesků a Velkých krachů). Neexistuje žádná prvotní příčina, Vesmír tady byl pořád (v tomto bodě se multivesmír podobá Einsteinově vizi o statickém Vesmíru). Tento Vesmír vykazoval jisté problémy s entropií², neboť při Velkém krachu, kdy se Vesmír smršťuje do jediného bodu, aby byl opět připraven na Velký třesk při stejnorodých podmínkách se entropie zmenšuje. Řešením je už výše prezentovaný inflační model. Počáteční podmínky jsou na začátku nestejnorodé a inflací se vyhladí. [7]

²Entropie znamená neuspořádanost a podle druhého termodynamického zákona se vždy zvětšuje. Rozbijete-li skleničku, entropie (neuspořádanost) vzroste.

2 Vesmír dnes

Snem fyziků na celém světě je přijít s teorií GUT (Grand unification theory – Teorie velkého sjednocení). Teorií, která by sjednotila celou fyziku a všechny síly do jedné. Nikdo neví, zda taková teorie existuje, ale hlavně v poslední době se učinily jisté pokroky. A to převážně v teorii strun a kvantové smyčkové gravitaci, které zatím jako jediné matematicky vysvětlují kvantovou podstatu světa a nevznikají zde problémy při sjednocení sil s gravitací. Obě však mají své mouchy a ani jedna z nich nebyla potvrzena. Rovněž se pracuje na Teorii všeho (Theory of everything), která by měla všechny interakce sjednotit s gravitací a vytvořit tak kvantovou gravitaci. Tento předpoklad splňují i některé GUT.

2.1 Historie GUT

V roce 1974 byla Georgiem a Glashowem vytvořena teorie vyžadující velmi těžké částice, „částice X“ (s hmotností okolo 20 milióntin gramů, tedy zvažitelné na citlivých laboratorních vahách). Tato teorie by spojila elektroslabou interakci se silnou, stejně jako byla sjednocena elektromagnetická interakce se slabou. Dále spojuje kvarky a leptony, takže tyto částice se mohou libovolně zaměňovat a proton by se rozpadal na leptony. Rozpad protonu je náhodný proces a doba jeho života je extrémně dlouhá (okolo 10^{32} let), takže je velmi těžké jej pozorovat (dosud se to nepodařilo). Navíc se musí experimenty konat hluboko pod zemí, aby se odstínilo kosmické záření.

2.2 Supersymetrie

Tato teorie dává dohromady částice hmoty (kvarky, lepton) s částicemi, které jsou nosiči sil (jako například foton). Vzniká celá řada superčástic (jako skvarky, sleptony apod.). [2].

2.3 Teorie strun a superstrun

Myšlenka strun se objevila už v 60. letech, byla však zapomenuta a znovu vzkříšena v roce 1984 když bylo zjištěno, že struny vedou k teorií supersymetrií. Zrodila se teorie superstrun. Základní prvek již není částice, ale struna. Nepředstavitelně malý objekt (asi 10^{-35} metru), který nebudeme nikdy moci vidět. Struna je jednorozměrná uzavřená smyčka na způsob lasa. Rezonuje, kmitá a tento projev kmitání je částice. Jejím projevem v čase je trubice (u částic je to čára). Strunová teorie vyžaduje, aby měla struna buď 10 nebo 26 rozměrů, které jsou zavínuty do sebe. [3]

2.4 Kvantová smyčková gravitace

Poměrně mladá teorie, sjednocující kvantovou gravitaci s obecnou relativitou. Na rozdíl od teorie strun nepotřebuje dodatečné rozměry. Všechna hmota ve Vesmíru se skládá z neuvěřitelně malých smyček, které spojením tvoří celé sítě (podobně jako textilní vlákna tvoří látku). [8]

3 Osud Vesmíru

Stále ještě není vyřešena otázka, jak se Vesmír vyvíjí a jak skončí. Existuje několik teorií, které závisí na rychlosti rozpínání, hustotě Vesmíru, množství temné energie ve Vesmíru apod. Viz. obrázek 1.

3.1 Big Freeze

Teorie Big Freeze (Velkého mrazu) předpokládá, že Vesmír se bude stále rozpínat dokud nevychladne. Postupně se vyčerpá veškerá volná energie a nebude možné vykonávat práci. Teplota poklesne na teplotu blízkou absolutní nule. Toto je dosud nejpravděpodobnější scénář neboť bylo pozorováno, že rozpínání Vesmíru se zrychluje. [9]

3.2 Big Rip

Teorie Big Rip (Velký trh), poprvé publikována v roce 2003 předpokládá, že rozpínání Vesmíru se bude stále zrychlovat a veškerá hmota ve Vesmíru, od subatomárních částic, atomů až po hvězdy a galaxie bude tímto roztržena. [10] Big Rip má nastat za 20 miliard let. Takto by mohla vypadat časová osa scénáře (za předpokladu, že Země bude existovat). [11]

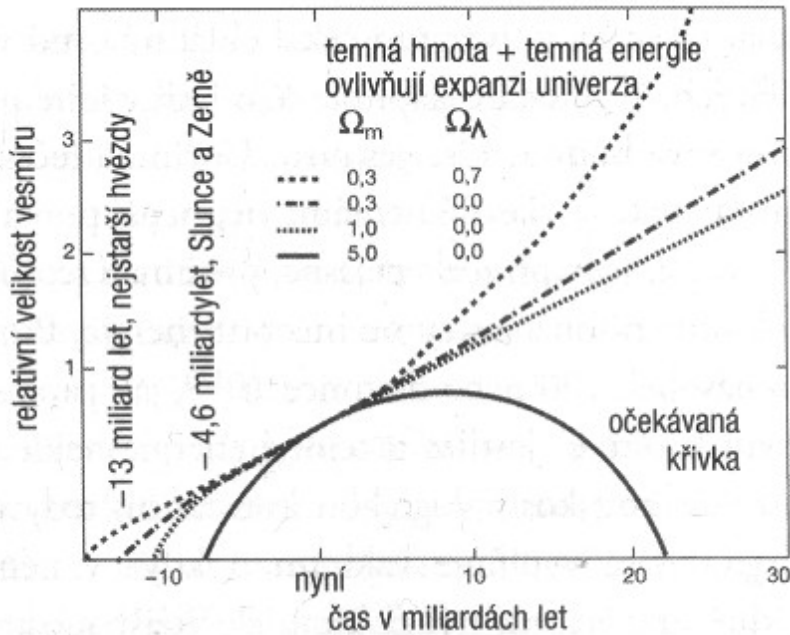
- 1 miliarda let do konce: Všechny galaxie budou od nás tak daleko, že již nebudou viditelné. Hvězdy zmizí z noční oblohy.
- 60 milionů let do konce: Mléčná dráha se vzdálí.
- 3 měsíce do konce: Planety ze Sluneční soustavy od nás začnou „odlétat“.
- 3 hodiny do konce: Země vybuchne.

3.3 Big Crunch

Big Crunch (v češtině Velký krach) je opak Velkého třesku. Gravitační síla bude rozpínání Vesmíru zpomalovat až jej zastaví, a nakonec jej obrátí zpět. Vesmír se začne smršťovat až do jediného bodu o nekonečné hustotě a vytvoří tak černou díru. Tento scénář se však s nejnovějším pozorováním zdá být nepravděpodobný, neboť rozpínání Vesmíru se nezpomaluje, ale zrychluje. Ve vývoji v čase tento model připomíná tvarem ragbyový míč. [12]

3.4 Big Bounce

Teorie Big Bounce je postavena na základech oscilujícího Vesmíru. Předpokládá, že Velký třesk byl pokračováním předchozího Velkého krachu. Náš Vesmír zanikne také Velkým krachem a celá situace se bude opakovat.[13]



Obrázek 1: Různé průběhy rozpínání pro hodnoty Ω_m a Ω_v . Ω_m označuje součet temné hmoty a normální hmoty, Ω_v je temná energie. [14], [15]

4 Závěr

Z práce je vidět, že ohledně Vesmíru panuje spousta nejistot. Vědci se shodují v teorii vzniku Vesmíru, má jí být Velký třesk. Přesto od doby vzniku, tato teorie prošla řadou úprav a rozšíření, aby byla zachráněna od zániku. Stále si nejsme jisti, co se odehrálo v prvním sekundách, či dokonce před Velkým třeskem. Při rozhodování o konci Vesmíru tápeme daleko více. Vynořilo se spousta teorií, ale nemůžeme s určitostí preferovat jednu nebo druhou. Nejžhavější diskuse se vedou v teorii všeho, kdy se fyzici rozdělují na dva hlavní tábory, podle teorie, kterou podporují. Buď teorii strun, nebo kvantovou smyčkovou gravitaci. Ve snaze o potvrzení teorií (ať už GUT nebo Velkého třesku), či jen nalezení dalších poznatků je třeba stavět obrovské urychlovače a srážet kvarky a leptony při co největších energiích. Plné zprovoznění urychlovače LHC by bylo velkým krokem vpřed.

Reference

- [1] *Wikipedia : Stephen Hawking* [online]. Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2009-11-26]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Stephen_Hawking>.
- [2] FRASER, Gordon; LILLESTØL, Egil; SELLEGÅV, Inge. *Hledání nekonečna*. Praha : Columbus, 1996. 144 s. ISBN 80-85928-37-X.
- [3] HAWKING, Stephen. *Ilustrovaná teorie všeho : Počátek a osud Vesmíru*. Praha : Argo, 2004. 119 s. ISBN 80-7203-575-4.
- [4] LESCH, Harald; MÜLLER Jörn. *Velký třesk : Druhé dějství : Po stopách života ve Vesmíru*. Praha : Euromedia Group, 2005. 368 s. ISBN 80-242-1460-1.
- [5] KAKU, Michio. *Hyperprostor : Vědecká odysea paralelními vesmíry, zakřiveným prostorem a desátým rozměrem*. Praha : Argo, 200. 324 s. ISBN 978-80-257-0013-6.
- [6] BARROW, John. *Nové teorie všeho : Hledání nejhlubšího vysvětlení*. Praha : Argo, 2008. 271 s. ISBN 978-80-257-0056-3.
- [7] GOTT III., Richard. *Cestování časem v Einsteinově Vesmíru*. Praha : Argo, 2001. 263 s. ISBN 80-7203-407-3.
- [8] *Wikipedia : Loop quantum gravity* [online]. Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2009-12-01]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_loop_gravity>.
- [9] *Wikipedia : Future of an expanding universe* [online]. Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2009-11-26]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Freeze>.
- [10] *Wikipedia : Big Rip* [online]. Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2009-11-26]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Rip>.
- [11] BRITT, Robert. *The Big Rip: New Theory Ends Universe by Shredding Everything* [online]. TechMediaNetwork, 2009. Poslední aktualizace 06.05.2003 [cit. 2009-11-26]. Dostupný z WWW: <http://www.space.com/scienceastronomy/big_rip_030306.html>.
- [12] *Wikipedia : Big Crunch* [online]. Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2009-11-26]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Crunch>.
- [13] *Wikipedia : Big Bounce* [online]. Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2009-11-26]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bounce>.
- [14] HASINGER, Günther. *Osud vesmíru*. Praha : Euromedia Group, 2009. 264 s. ISBN 978-80-242-2358-2.
- [15] *NASA : What is the Ultimate Fate of the Universe?* [online]. NASA, 1958 [cit. 2009-11-29]. Dostupný z WWW: <http://map.gsfc.nasa.gov/universe/uni_fate.html>.