

Vesmír v koncích: Konce světa z kosmologického hlediska

Josef Krob (Katedra filozofie FF MU)

Myšlenka konce světa není tak zcela samozřejmá, jak by se mohlo zdát. Člověk jako individuum byl konfrontován s koncem, s vlastní smrtí od okamžiku uvědomění si sebe sama, ale to, co bylo nesporné v kontextu individua, nebylo poměrně dlouho přiznáno světu jako celku. Celá antika žila v přesvědčení neustálého koloběhu světa, věčného opakování, pták Fénix se stále znovu rodil ze svého popela, konce byly vždy jen dočasné. Teprve až příchod křesťanství znamená radikální zlom. Augustinus přesvědčivě ukazuje, že svět měl jeden počátek, přetnul kružnici neustálého opakování a narovnal dějiny do úsečky. A vše, co má začátek, má i konec.

Typologie konců

Všimněme si nejdříve, co všechno je možné uvažovat, když se setrtneme s výrazem „konec světa“. Pokusme se o pracovní klasifikaci možných konců:

- Civilizační
 - Pozemský
 - Konec lidstva (pokračování v nástupcích, UI, zcela jiný druh)
 - Konec civilizace
 - Konec planety
 - Mimoszemský
 - Nezvládnutý kulturní šok
 - Vyhlazení, sežrání
 - Podřízení
- Ekosystémový, planetární (ekologický, biologický, klimatologický, geologický)
 - Přírozené vyčerpání možností biologické druhu homo (pouze konec člověka)
 - Biologická, klimatologická, geologická katastrofa (ve spojení s civilizačními či astronomickými příčinami)
 - Katastrofální úspěch biologické konkurence (opět pouze konec člověka)

- Astronomický
 - Regulární (závislost na vývoji mateřské hvězdy)
 - Katastrofický (srážka s jiným tělesem)
 - (R)evoluční – gravitační (záření...) ovlivnění SS extrasolárním systémem
- Kosmologický (scénáře vývoje vesmíru)
 - Tepelná smrt vesmíru (historický scénář termodynamiky)
 - Kosmologické rozpínání (modernizovaná termodynamická a aplikovaná gravitační smrt)
 - Kosmologické smršťování
 - Kvantová smrt vesmíru

Vidíme, že za výrazem „konec světa“ se skrývá několik konců lišících se tím, jaké struktury se týká. Společnosti, civilizace, biologického druhu, přírodních podmínek, celé planety a pak i vesmíru.

Vesmír v koncích

Uvažovat o konci vesmíru předpokládá vypořádat se s otázkou jeho počátku. A to proto, že způsob vzniku velmi pravděpodobně bude podmiňovat i způsob zániku. Stvořený vesmír bude patrně závislý na svém stvořiteli i při zániku a poznat záměry Stvořitele může být obtížné a mimo rámce vědy. Spontánně vzniklý vesmír zase zřejmě bude podroben zákonitostem i ve svém vývoji a ve svém konci. Zákonitosti by se možná daly odhalit. Nemluvě tedy o statickém vesmíru, který bez počátku nemá ani konec nebo je bez konce ve věčném koloběhu vznikání a zanikání.

Budeme se tedy věnovat pouze jedné z uvedených možností, a to té, která nabízí možnost na základě poznanych zákonitostí s jistou mírou pravděpodobnosti odhadovat možná zakončení, pokud je předkládané modely vůbec připouštějí.

Z tohoto hlediska je pak zajímavé, že obnovené úvahy o vzniku vesmíru v novověku jsou doplněny přemýšlením o konci teprve až v druhé polovině 19. století, a to ještě jako důsledek zcela jiných teorií. Přitom již Augustinus, když mluví o stvoření světa, dodává následující větou, že co má začátek, má i konec. Descartes, který jako jeden z prvních v novověku opět mluví o procesu vzniku, zůstává právě jen u toho vzniku, dokáže zformulovat představu, jak z vířivých pohybů různých jsoucen vznikají známá nebeská tělesa, ale nenabídne stejně barvitou a přesvědčivou úvahu o konci tohoto procesu. Podobně i Kant, když o sto let později buduje svou teorii nebe již na základě gravitační

teorie, věnuje pozornost otázkám vzniku a formování sluneční soustavy, ale podobně propracované představy jejího konce si musejí počkat na jiné odvážné myslitele.

Vlastně ani nemuseli být nijak zvláště odvážní. Jenom důslední. Parní stroj zaznamenával jedno vítězství za druhým a konstruktéři se snažili vylepšovat mechanismus tak, aby dosáhli co nejvyšší účinnosti. K tomu byla dobrá teorie, kterou nabízela termodynamika. Ta ovšem neměla pro konstruktéry příliš dobré zprávy. Říkala jim totiž, že i kdyby se sebevíce snažili, i kdyby sestrojovali sebedůmyslnější konstrukce, budou jejich ztráty při přenosu energie nevyhnutelné a nikdy se jim nepodaří stoprocentní transformace jedné formy energie na druhou. Stroj bude vždy vykonávat práci s energetickými ztrátami.

A pak už stačilo se jen zeptat: „A co ten nejvyšší konstruktér a jeho stroj? Také pracuje nutně se ztrátami?“ Vzhledem k tomu, že zde použitý pojem konstruktéra byl už jenom metaforou, nebyl důvod mu přiznávat nějaké nestandardní vlastnosti, které by mu umožnily vyklouznout z důsledků, jež všem ostatním diktovaly termodynamické věty, bylo zřejmé, že odpověď bude kladná. Ano, je-li vesmír tepelný stroj, čeká jej neodvratná tepelná smrt v konečné době.

Devatenácté století vykresluje tepelnou smrt poměrně jednoduše a abstraktně – entropie dosáhne svého maxima, veškerá energie se bude vyskytovat v podobě, která nemůže vykonávat žádnou práci – řečeno ještě jazykem konstruktérů tepelných strojů, tj. systém bude v rovnovážném stavu. Pokud bychom zůstali jen u popisu pomocí jediné veličiny, tj. teploty, mohli bychom dokonce dospět k ne zcela očekávanému závěru: tepelná smrt už nastala. Vždyť srovnáme-li počáteční teplotu vesmíru při či těsně po velkém třesku, kdy dosahovala hodnot 10^{90} K, a současnou průměrnou teplotu, která činí 2,7 K, tak můžeme říct, že až na několik fluktuací je vesmír vlastně tepelně mrtvý.

Modernější scénáře a varianty teorie tepelné smrti jsou ale propracovanější. Počítají s různými typy struktur co do jejich velikosti, tj. od elementárních částic až po uskupení galaxií, a ve svých úvahách se zabývají životností jednotlivých elementů, přičemž se nevyhýbají ani místy odvážným spekulacím. Řeč je tak o životnosti protonu (který je jinak pro „všední chápání“ nejstabilnější částicí), která by ovlivnila samotnou možnost existence látky ve vesmíru, o energetických ztrátách systémů např. v podobě gravitačního vyzařování a v důsledku toho jejich postupného hroucení do lokálních singularit nebo o variantách vyplývajících z pokračujícího rozpínání vesmíru, které se buď zpomaluje, nebo naopak zrychluje.

Urychlující se rozpínání pak má v sobě ještě jednu opravdu divokou spekulaci. Standardní kosmologický model, tj. model velkého třesku, který přivedl na svět myšlenku rozpínajícího se vesmíru současně i upozorňuje, že když se vesmír rozpíná, neznamená

to, že by se rozpínalo všechno. Nerozpíná se galaxie, nerozpíná se sluneční soustava, nerozpínají se hvězdy a planety. Opak by totiž vedl k absurdním požadavkům a závěrům (kdyby se rozpínaly i molekuly a atomy uvnitř našeho těla) a, dovedeno ad absurdum, bychom vlastně žádné rozpínání ani pozorovat nemohli, protože by se nám rozpínal i metr, kterým bychom měření prováděli. Ona divoká spekulace ale hledá cesty, jak dostat do vesmíru, jehož rozpínání se zrychluje, expanzi na všechny strukturní úrovně. Rozpínaly by se tak galaxie, hvězdné soustavy, planetární systémy, až bychom si nakonec nedohlédli na konec natažené ruky, špičku nosu a sami bychom expandovali.

„Tým dokonce vypracoval časový scénář tohoto způsobu zániku vesmíru. Mělo by k němu dojít za 20 miliard let. Jednu miliardu let před koncem se jednotlivé galaxie vzdálí natolik, že přestanou být navzájem viditelné. V momentě, kdy totéž potká hvězdy v Galaxii, bude vesmíru zbývat 60 miliónů let. V té době už nebudou na noční obloze pozorovatelné žádné hvězdy. Tři měsíce před koncem se odpoutají planety od Slunce. Pouhých 30 sekund před koncem exploduje naše Země. A pak už dojde k rozbití atomů a posléze i jejich jader. V tento moment zbývá vesmíru už jenom 10^{19} sekundy. Nezbude nic, zdá se, že nastane opravdu definitivní konec.“¹⁶²

Vraťme se však ke standardnímu modelu. Podle standardního scénáře relativistické kosmologie má před sebou vesmír v zásadě dvě odlišné možnosti: 1. nekonečné rozpínání – tato možnost má ještě varianty zrychlujícího či ustávajícího rozpínání; nebo 2. se rozpínání jednou zastaví a přejde ve smršťování zakončené závěrečným krachem.

To, který ze scénářů se bude realizovat, závisí na počátečních fyzikálních vlastnostech vesmíru, jako je např. hustota veškeré látky ve vesmíru, tedy to, zda nakonec převáží expandující síla, nebo gravitace. Samozřejmě může do hry vstoupit něco, co doposud neznáme, a vezmeme-li v úvahu pravděpodobnost existence tzv. temné hmoty a temné energie, které by mohly dohromady tvořit i více než 90 % obsahu vesmíru, nebylo by to nic moc překvapivého. Paul Davies v práci *Poslední tři minuty* zvažuje mimo jiné tyto dva scénáře, rozpínání vs. kolaps, a spekuluje o tempu, které by mohlo oddálit, či zcela eliminovat konec civilizace v umírajícím vesmíru.¹⁶³

162 Pavel Koten, „Velké puknutí“ na konci vesmíru“, *ScienceWorld*, <<http://scienceworld.cz/fyzika/velke-puknuti-na-konci-vesmiru-3156>> [3. 12. 2012].

163 Paul Davies, *Poslední tři minuty: Úvahy o konečném osudu vesmíru*, Bratislava: 1994.

Život na „pomalo“

Ve stále chladnoucím vesmíru by inteligentní bytosti zažívaly rostoucí nedostatek energie a musely by s ní stále více šetřit. Nakonec by došlo k tomu, že k prosté existenci by spotřebovaly více energie než by byly schopné ze svého okolí získat a čekala by je tak smrt. Mohly by ji odvrátit, podobně jako medvěd přežívá zimu. Ukládaly by se k dlouhým obdobím spánku, během kterého by akumulovaly energii do zásobníků, na krátkou dobu by se probudily, spotřebovaly to, co se jim podařilo našetřit a opět se uložily ke spánku. Spánek je však příliš nepřesný výraz. Tento stav by byl bezesný, bezvědomý, bytosti by si na něj neuchovaly žádnou vzpomínku. Jejich vědomí by pracovalo pouze v krátkých obdobích relativní hojnosti energie, v dobách akumulace by bylo vypnuto. Uchovávaly by si tak v mysli pouze nepřerušovanou řadu vzpomínek z aktivního života a žádné vědomí dlouhého spánku. Mohly by být přesvědčeny, že žijí zcela normální (= kontinuální) život.

Jinou možností existence inteligentních bytostí ve skomírajícím expandujícím vesmíru je kosmické inženýrství, s jehož pomocí by omezily nebo dokonce zvrátily rozptylování látky ve svém nejbližším okolí.

Život na rychlo

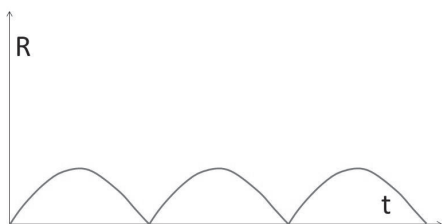
Scénář života na rychlo patří mezi spekulace, které jsou od počátku postaveny na velmi nejistých předpokladech. Vykresluje možnosti zpracování informace v hroutícím se vesmíru, který se neustále zmenšuje, roste jeho teplota a tlak, látka je postupně stlačována tak, že už nemohou existovat ani volné protony a elektrony a fyzikální pojmy (zejména času a prostoru) ztrácejí svůj význam. Problémem pro bytosti zpracovávající informace není nedostatek energie, ale její přebytek. Se vzrůstající teplotou ale vzrůstá i rychlost fyzikálních procesů, tedy i informace může být zpracována rychleji. Rychlost zpracování informace ovlivní i vnímání času, a tak bytost, které ve fyzikálním vesmíru zbývají poslední tři minuty, může mít před sebou ještě celé roky zpracování informací. Pokud však zůstanou i v extrémních stavech kolabujícího vesmíru zachovány základní fyzikální zákony, jako je např. mezní rychlost šíření signálu, která i zde bude rovna rychlosti světla, budou se stavět do cesty poznání zásadní překážky. Mozek, resp. místo zpracovávající informaci, musí být pouze tak veliký, jak je signál schopný projít za dobu zbývající do konce vesmíru bez ohledu na „subjektivní“ prožívání času mozkiem. Jistou volnost v tomto ohledu lze získat předpokladem, že se vesmír nehroutlí rovnoměrně, ale

dochází k oscilacím, při kterých se mění rychlost a směr kontrakcí. I když spekulace pokračují tímto směrem dál, nebudu je dále sledovat. Předpokládají totiž příliš mnoho odvážných premis, resp. neberou v úvahu pravděpodobné efekty extrémních stavů kolabujícího vesmíru a jeví se tak jako velmi nerealistické.

Cyklický vesmír

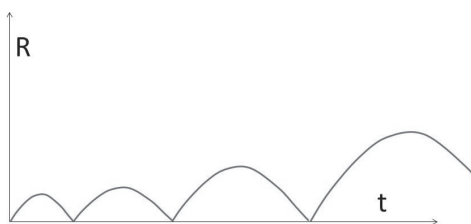
Myšlenka konce vesmíru však byla a mnohdy stále je natolik znepokojující, že se stále objevují alternativy, návraty k Fénixovi opakovaně vstávajícímu z popela, ovšem odívají ho do moderního hávu. Idea cyklického vesmíru opakovaně vybuchujícího ve velkém třesku a posléze se hroutícího zpět do původní singularity se čas od času vrací, přestože stále nedokáže vyřešit některé základní rozpory s fyzikálními zákonitostmi, alespoň podle současných znalostí. Jednoduchý model nekonečné řady na sebe navazujících rozpínání a kontrakcí produkuje snad více otázek, než jich dokáže vyřešit. Symetrie rozpínání a kontrakce vesmíru je porušena v důsledku konečné rychlosti šíření signálu, v důsledku energetických deficitů budovaných a zase rozbíjených atomových jader, ve vesmíru tak roste entropie, a to jak během fáze rozpínání, tak i ve fázi kontrakce. Vesmír se tak nemůže dostat do stavu nerozlišitelného od počátečního, jeho entropie je vyšší, vstupuje tedy do dalšího kola s jinými hodnotami a další cyklus není prostým opakováním předchozího, ale novou etapou. Popel, ze kterého Fénix vstává, je stále řídkší a znovuzrozený tvor vždy o něco slabší než v předchozím kole. Vesmír má opět historii, tedy začátek a konec.

Cyklický vesmír



Obr. 1. Cyklický vesmír

Cyklický vesmír + termodynamika



Obr. 2. Cyklický vesmír s rostoucí entropií

V současnosti jsou populární tři teorie, které se snaží zachytit a popsat okamžiky před Velkým třeskem. První z nich je teorie Andreje Lindeho, který rozšiřuje již dříve A. Guthem načrtnutou koncepci inflačního vesmíru. Linde neříká nic jiného, než že Big Bang byl jenom big bang. Velký třesk, který se odehrál před nějakými 15 miliardami let, byl sice počátkem našeho vesmíru, nikoli však času. A takových vesmírů jako je náš – prostorových bublin (domén) – může být nekonečně mnoho a neustále vznikají nové dceřiné vesmíry (na rozdíl od původní verze, v inflační fázi vývoje vesmíru vznikly všechny bubliny z kauzálního horizontu nezávisle na sobě). Všechny tyto vesmíry tvoří nepatrné části jednoho velkého Vesmíru a teprve jeho počátkem je ten správný Big Bang. Z Universa se tak stává Multiversum.¹⁶⁴ Původní varianta inflace podle Alana Gutha vysvětlovala pozorovanou plochost a homogenitu našeho vesmíru, ale nikoli své vlastní příčiny – proč došlo k inflaci? Hledání odpovědi na tuto otázku přivádí Lindeho k přesvědčení, že inflace se ve Vesmíru stále opakuje. Z jednotlivých vesmírných bublin se mohou inflačním rozpínáním pouze jedné části vesmíru oddělovat dceřiné vesmíry, které se zcela osamostatní, a každý takovýto zdroj je jedním dílčím velkým třeskem. A jako otázka nám v tomto případě zůstává: a odkud se vzala první vesmírná bublina? Byla zrozena Velkým třeskem, který byl počátkem času? Byl vůbec nějaký počátek? Sdílí jednotlivé vesmíry nějakým způsobem společný prostor, nebo je jejich oddělení absolutní?

Druhou teorii představuje koncept S. Hawkinga a N. Turoka. Jedná se o koncept, který přináší minimum změn oproti standardnímu modelu, kterému vytýká skutečnost, že singularita je pouhou matematickou abstrakcí, nikoli fyzikální realitou. Nahrazuje ji tzv. instantonem, částicí mnohem menší než proton, ovšem nesmírně hustou. Její charakteristiky, pokud se týká času a prostoru, jsou ovšem shodné s tím, co je možné slyšet v souvislosti se singularitou. Není žádný čas „před“, není žádné „venku“, rozdíl je snad pouze v tom, že ještě před tím než se – při zpětném pohledu směrem od nás k instantonu – dostaneme k počátečnímu bodu, čas splyne s prostorem. Což je mimochodem dávná Hawkingova idea o spatializaci času, kterou velmi silně kritizuje I. Prigogine¹⁶⁵. Jinak se ovšem této teorii dostává týchž výtek, jaké sami její autoři adresují singularitě: Linde tvrdí, že instanton je pouhá matematická abstrakce bez fyzikálního základu.

Podstatně radikálnější změnu nabízí třetí varianta, která hovoří o studeném, nekonečném a prázdňém vesmíru, ve kterém již existoval prostor a čas, a ve kterém

164 Martin Rees, *Before the Beginning, Our Univers and Others*, Perseus Book 1998. Citováno podle *Science et Vie* n° 998, leden 2000, 36. Jedná se sice o jinou teorii, ale výsledek je v podstatě stejný. „Věčná inflace“ Lindeho i Multiversum Reese mají za následek nespočet různorodých vesmírů v pluralistickém Vesmíru.

165 Viz Ilya Prigogine, *Čas k stávání*, Praha: 1997.

se zrodil náš vesmír na počátku malý, horký a nesmírně hustý. Tato koncepce používá k vysvětlení velmi moderní teorie superstrun, která, přestože stále ještě nedokončená, má ambice explikačně pokrýt mikrosvět i megasvět, tj. kvantovou mechaniku ovládající elementární částice i gravitaci vládnuocí prostoru a času ve vesmíru. Vykresluje tak chladný (3 K) a téměř prázdný (na 99 %) vesmír, který obsahuje pouze gravitační a dilatační vlny. Z tohoto pole se rodí jednotlivé vesmíry nejrůznějších vlastností a jeden z nich je právě ten náš počínající Velkým třeskem. Big Bang je tak pouze jednou z vývojových fází vesmíru, nikoli absolutním počátkem. A přesto se mluví o „čase nula“ a o „negativním čase“. Samozřejmě je možné to vysvětlit jistou setrvačností či „popularitou“ singularity, ale stejně tak se objevují – ne příliš často – názory, že by bylo vhodnější nahradit „okamžik nula“ výrazem „stvoření teploty“.¹⁶⁶

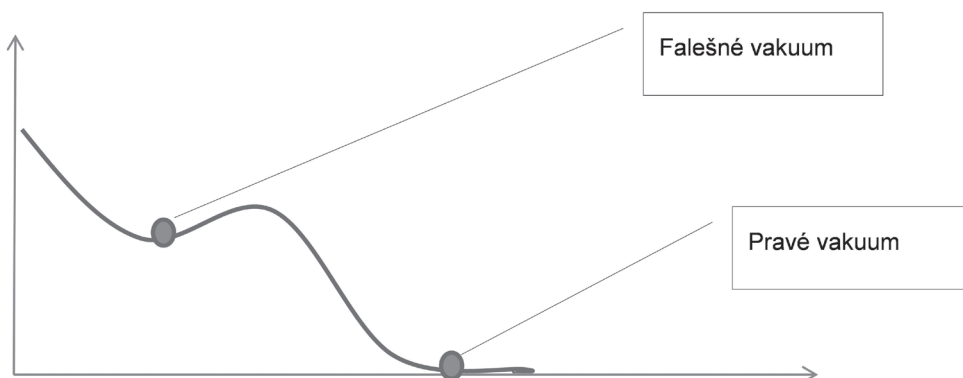
Vakuová smrt

Vakuovou neboli náhlou smrt vesmíru lze představit minimálně dvěma způsoby. Delším vysvětlováním, jak fyzici a kosmologové chápou vakuum, jaký je to vlastně fyzikální stav a co se může stát, když dojde k jeho náhlé změně, nebo metaforicky, názorně a velmi nepřesně nicméně stále ještě, i když s větší dávkou tolerance, přijatelně. Začněme metaforickým způsobem. K tomu by nám mohla posloužit nicota např. z Nekonečného příběhu, když ji budeme chápat doslovně, fyzikálně a přijmeme obraz, jak pohlcuje veškerou rozmanitost světa, kterou přeměňuje v nic. V pohádce je však stále naděje na záchranu, protože se o nebezpečí ví, nicota se šíří relativně pomalu a je možné hledat řešení a snad ji i zastavit.

Ve skutečném vesmíru by nás o šíření nicoty, tj. rozpadu vakua nikdo neinformoval. Byl by to proces, který by se šířil rychlostí světla, tedy v okamžiku, ve kterém by se o něm kdokoli dozvěděl, by už nebyla žádná šance někomu o tom podat zprávu, neboť v té chvíli by v tom bodě vesmír skončil i s pozorovatelem. Fyzikální situaci naznačí obr. 3 (kde na svislé ose je energie, na vodorovné čas). Vakuem se většinou myslí nejnižší možný stav energie, z takového stavu už se není kam „propadnout“. V kosmologii a kvantové fyzice se však často operuje s pojmem „falešné vakuum“, což je sice stav s nejnižším stavem energie, ale pouze v daných podmínkách, nevylučuje, že za specifických okolností by mohl energetický stav ještě poklesnout. A je možné, že to, co je v našem vesmíru, je právě

¹⁶⁶ Text o prebigbangových teoriích je převzatý z Josef Krob, „Změní nové kosmologie naše představy o čase a prostoru? (Poznámka na okraj k teoriím vesmíru před Velkým třeskem)“, *Pro-Fil*, <http://profil.muni.cz/01_2000/pre_big_bang.html> [3. 12. 2012].

toto falešné vakuum a že je možné iniciovat fyzikální proces, který umožní přechod z falešného do pravého vakua. Je otázka, co všechno by mohlo být tímto iniciačním procesem. Zda energetický impuls vymykající se lidským možnostem kdesi daleko ve vesmíru, který by vytvořil bublinu pravého vakua, jež by se šířilo rychlostí světla do celého kosmu, nebo zda by bylo možné spustit takovýto proces v pozemské fyzikální laboratoři, např. v CERNu, když fyzici emulují vysokoenergetické procesy ve snaze přiblížit se dějům těsně po big bangu.¹⁶⁷



Obr. 3. Pravé a falešné vakuum

Takovýto konec světa by byl dokonale všeobjímající, nic by mu nemohlo uniknout a odolat. Snad jen lidská fantazie nabízející technologie pro tvorbu nových vesmírů nezávislých na prostoru našeho vesmíru, protože si dokáže vytvořit prostor vlastní. Ale to je dnes přece jen stále ještě spíše fantazie Nekonečného příběhu, i když ji fantazie fyziků a kosmologů dohání tempem, které dává naději.

¹⁶⁷ Viz P. Davies, *Poslední tři minuty...*, 141–153.