



MOHUTNÁ OUVERTURA

Od velkého třesku k Planckově době

Nemůžeme hledět do velkých vzdáleností, aniž bychom současně nenahlíželi do minulosti. V kosmologii jsou otázky spojené s prostorem, časem i jednotlivými předměty zkoumání vzájemně těsně propojeny.

Hans-Joachim Blome

Nicota postihuje bytí.

Jean-Paul Sartre

Proč si dává vesmír tu práci, že existuje?

Stephen Hawking

Klasická teorie velkého třesku popisuje důsledky výbuchu, ale nepokouší se vůbec o vysvětlení, co „třesklo“, jak to „třesklo“ a proč to „třesklo“.

Alan Guth

První výstup prvního jednání

Nic. Ani stopa po životě. Neexistují prostor ani čas. Neexistuje rozloha ani obsah. Neexistují výška, délka, šířka a objem. Neřítí se žádná šipka času, žádné hodiny neodměřují čas. Není okamžik, v němž by docházelo na nějakém místě k výbuchu. 13,7 miliard let př. Kr. nic nevydávalo zář nebo blesky, nic netřaskalo. Nicotu naplňoval jen nekonečně malý, nezměrně hustý a nezměrně žhoucí bod sestávající z blíže nedefinovatelných částic a sil.

Když se na počátku věků takřkajíc zrodil náš svět, neexistovala ani jeho mateřská planeta, ani na jeho počínající dějiny nedopadaly svazky fotonů. A přece nelze tvrdit, že na počátku stála absolutní nicota. Někdo nebo něco osvobodily nic na počátku veškerého materiálního bytí z jeho nicoty. Kdo či co při tom působil jako režisér, kdo postavil divadelní budovu, obstaral rekvizity a umístil jeviště tak, aby je viděli všichni diváci, jeviště, na němž hraje již po dlouhou „dobu“ svoje pohostinské představení lidský druh – to nestojí ještě ani ve hvězdách, které jako důsledek takzvaného velkého třesku (big bang) svým světlem trochu oživují sametovou čern vesmíru. Je jen jisté, že velký třesk jako nejmocnější ouvertura prvního kosmického jednání zahájil grandiózní divadelní představení, jehož závěrečná scéna je v nejlepším případě známa jeho tvůrci, ale jistě ne žádnému člověku, nemluvě o mimozemšťanech.

Byla to premiéra, které nepředcházela generální zkouška, premiéra, na níž nebyl ani jeden divák a na které nikdo netleskal, již nepodrobili kritice znalci umění a kterou nemohl zaznamenat žádný z kronikářů. Velký třesk se dostavil na jeviště zcela nenápadně, naprosto potichu. Nedoprovázelo jej vůbec žádné světlo. Když vstoupil do světa, aby mu dal podobu, neexistovalo žádné dřívě, protože před vznikem času nebyl žádný čas, před zrozením prostoru nebyl žádný prostor.

Čas a prostor se před 13,7 miliardami let ještě nacházely

v nedefinovatelném, nezměrně malém soustředěném bodě, vyznačujícím se nepředstavitelně vysokou koncentrací energie a teplotou vymykající se naší představivosti: byla to počáteční jedinečnost. Tento útvar v podobě jediného bodu byl nezměřitelně malý, vládla v něm neomezená teplota, jeho hmotný obsah byl nekonečný a nacházel se mimo náš svět a mimo věčnost – v zemi nikoho mezi metafyzikou a fyzikou. Tato jedinečnost sice nebyla zakotvena v časoprostoru, přesto ale byla srdcem velkého třesku. Právě díky ní začal vesmír.

To, co se odehrálo mimo čas a prostor v temnotě předcházející dějinám kosmu, je i nadále, k zármutku historiků univerza, nenapsanou knihou s *osmi* pečetěmi – a zůstane jí až do skonání věků. Velké mystérium bytí přesahuje naši představivost, protože naše imaginace a matematická a filozofická inteligence jsou příliš málo rozvinuté. Jak nás mohla tvůrčí síla vybavit mozkiem přizpůsobeným čtyřem dimenzím, mozkiem, který vykazuje na jedné straně komplexnější a komplikovanější strukturu než sám vesmír, na straně druhé ale není přes své miliardy neuronů a filigránských nervových spojů dodnes schopen postihnout průběh velkého třesku? Není to vše hořkou ironií dějin kosmu?

Co se týče dějin: při studiu analů vědeckých teorií o velkém třesku jsme konfrontováni s podivuhodně kuriózním jevem, o kterém se musíme zmínit. S jádrem představy o prvotním třesku se setkáváme v různých kulturách v různých dějinných epochách lidstva. To, co zaznamenali naši předkové jako mýtus na papyrus a co nám dnes předkládají astrofyzikové prostřednictvím vědecky podloženého modelu původního třesku, má zdánlivě přinejmenším společný kořen v jednom bodě. Z hlediska historie víme bezpečně, že v mnohých zachovaných líčeních Egyptanů, severoamerických indiánů, Sumerů nebo Číňanů se setkáváme s představami o tom, že stvoření světa proběhlo jako světelná exploze. Vycházejíce z přesvědčení, že nic může pocházet z nicoty, pokoušeli se především antičtí filozofové – díky své duchapřítomnosti a kreativité –

o výklad stavu světa na jeho počátku a výklad charakteru původní látky, která dala vzniknout hmotě. Náčrt vzniku světa, který podal řecký filozof Anaximandros (kolem roku 610–546 př. Kr.), vykazuje dokonce rysy připomínající teorii velkého třesku. Podle jeho názoru vznikl svět ze semínka horkého a studeného – a to „oddělením“. Na počátku bylo cosi „neohraničeného“ (*apeiron*), později následoval výbuch, v jehož důsledku se vytvořila všechna nebeská tělesa. Byla to vsutku pouhá náhoda, nebo to byl projev intuitivního myšlení, schopnosti, kterou nás obdařila evoluce? Neseme snad v sobě vzpomínku na vesmír?

Problém, s nímž se potýkají znalci velkého třesku, je podobný tomu, kterému čelí archeologové, jejichž osudem je pokus o složení obrovské mozaiky někdejších dob. Nevědí však, jak má vyhlížet celkový obraz, nemluvě o tom, že nemají k dispozici většinu kamínků, z nichž se má skládat, a nevědí také, kde se nacházejí jejich možná naleziště.

Kdo se chce něco dozvědět o počátku světa, musí pítvat jako chirurg a pečlivě zkoumat jako detektiv ohlas velkého třesku – tedy kosmické mikrovlonné (zbytkové) záření – a být si přitom vědom, že kosmologická standardní teorie o něm nic nevyovídá, nýbrž nám v nejlepším případě jen naznačuje o pozdějších účincích „exploze“, která dokonce neměla nic společného s klasickou explozí, ba dokonce nebyla sama o sobě skutečnou událostí. Ačkoli se jedná o paradoxní výrok – velký třesk nepředstavoval žádnou „událost“, nebylo to nic, co se „událo“. Událost se přece odehrává ve čtyřech dimenzích: její uskutečnění závisí na třech prostorových souřadnicích a času. A protože tyto prvky tehdy chyběly, nebyl velký třesk ani historickou událostí, ani jej nemůžeme označovat jako explozi v pozemském slova smyslu. Ne, velký třesk, či možná pseudoexploze, která jej doprovázela, zachvátil spíše celý vesmír „v jednom jediném okamžiku“. Přistoupíme-li na tento názor, můžeme říci, že velký třesk se projevil současně v každém bodě a místě tohoto vesmíru. Na každíčkém místě

v tomto vesmíru, kde se odehrávala historie, proběhl také velký třesk, protože na počátku tohoto světa byla všechna místa soustředěna do jednoho bodu. Při tom všem nebyl big bang pouhým původcem času, prostoru a hmoty. Velký třesk, jehož jedinečnost sama byla doprovázena nekonečností, vytvořil nejen svět, ale také tři další nekonečnosti, které radikálně určují naše dnešní bytí. Na jedné straně vnesl velký třesk, sám zrozený z nekonečně malé jedinečnosti, do našeho světa nekonečnou malost – rozumíme tím elementární částice neboli kvarky, které se rozplývají, co se týče jejich velikosti, téměř v nicotě. Na druhé straně se projevuje jako prapříčina nekonečně velkých jevů: k těmto útvarům náleží galaxie a rozpínající se vesmír, jehož hranice doposud nikdo nedokázal určit. A za třetí je tvůrcem samotné nekonečné rozmanitosti života, respektive jeho různorodosti, jeho bohatství neznajícího hranic a jeho nekonečné schopnosti přeměny. Big bang je otcem všech věcí – ať jsou materiální nebo nehmotné, organické nebo anorganické povahy, ať jsou extrémně malé, velké anebo složité.

Když vznikl čas

Kdyby se vám poštěstilo najít před 13,7 miliardami let místo k sezení mimo prostor a čas, abyste mohli přihlížet skutečnému průběhu prvního aktu, museli byste do krajnosti napnout všech pět vašich smyslů. Tehdy přece vše mělo velmi rychlý průběh – byla to extrémní rychlost. Pozorovatel by si nemohl dovolit ani na okamžik přimhouřit oko, neboť velký třesk vykonal svou tvůrčí práci během onoho nepatrného zlomku času, který vyžaduje pohyb víček. Takzvaný Planckův čas (tPL) nám ukazuje, v jak extrémně krátké době probíhaly jednotlivé fáze budování světa. Tato hodnota času představuje absolutní hranici možného klasického popisu času a prostoru a definuje nejdříve myslitelný stav světa, který

nastal 10^{-43} sekundu po velkém třesku. Ten, kdo by chtěl proniknout ještě hlouběji do jeho minulosti, narazí na nepřekonatelnou překážku fyzikálních zákonů. Planckův čas byl počátkem času, „časovým bodem“, v němž čas vznikl.

Je to dodnes nejkratší měřitelný časový interval. Čas se nestal součástí světa v okamžiku velkého třesku, ale teprve 0,001 vteřin „poté“. Čas se tedy nemohl dlouho loučit s jedinečností velkého třesku. Vzhledem k teplotám vyšším než 100 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 stupňů Celsia, které vládly během první milisekundy, nás nepřekvapuje ubíhání času. Totéž platí o prostoru, který se vymanil z jedinečnosti velkého třesku. Došlo k tomu téměř se vznikem času.

Divadelní kritikové a expanze prostoru

Z hlediska dějin vědy v nás vyvolává úsměv skutečnost, že klasický astrofyzikální model velkého třesku se mohl tak snadno prosadit jen díky houževnatosti, s níž na něm trvali jeden katolický kněz, jeden bývalý poháněč mezků a jeden bývalý boxer. V době, kdy pro astronomy existoval pouze statický vesmír, svět bez počátku a konce, kdy však jejich obraz světa nezahrnoval představu rozšiřujícího se kosmu, předložil belgický duchovní abbé Georges E. Lemaitre první verzi své publikace *Hypotéza o praatomu* (1927). Kniha tohoto kněze a vystudovaného astronoma představovala celou etapu ve vývoji názorů na původ kosmu. Lemaitre tvrdil, že vesmír vzešel z jednoho jediného původního energetického kvanta. Skutečnosti, že Lemaitre přímo geniálním způsobem anticipoval ideu velkého třesku, si povšiml i Albert Einstein (1879–1955), který označil teorii belgického abbé za nejujistější a nejlepší vysvětlení průběhu vzniku vesmíru. Einstein, který byl nejprve přesvědčeným zastáncem hypotézy o statickém vesmíru, a proto rozhodným odpůrcem představy

o kosmu vyrostlém z praatomu, jak ji hlásal Lemaitre, změnil svůj názor teprve v roce 1930 poté, co se setkal s americkým astronomem Edwinem Hubblem, který mu pomocí svého stocoulového dalekohledu na Mount Wilson názorně předvedl onen senzační objev, který uvedl jeho jméno na první stránky novin. V roce 1923 se Hubbleovi podařil vskutku husarský kousek, a to s pomocí asistenta Milтона L. Humansona (1891–1972), jenž se vypracoval z poháněče mezků na Mount Wilson a vrátného tamější hvězdárny až na pomocníka a později nejdůležitějšího Hubbleova spolupracovníka. Hubble, který chtěl být nejdříve advokátem, a krátkou dobu dokonce uvažoval o kariéře profesionálního boxera, nakonec nezklamal naděje vkládané do svého povolání astronoma. Objevem galaxie Andromedy se mu podařilo dokázat, že vedle naší galaxie jsou v dálkách kosmické pouště nespočetné další hvězdné soustavy. Nyní bylo jasné, že vesmír je mnohem větší, než se původně předpokládalo. Když Hubble v roce 1929 zkoumal pomocí svého silného dalekohledu a spektrální analýzy světlo přicházející z velmi vzdálených „ostrovních světů“, zjistil, že se spektrální linie posunují směrem k červenému konci elektromagnetického spektra, tedy k větším vlnovým délkám. Tento posun směrem k červenému okraji bylo možné interpretovat jediným způsobem: galaxie, které Hubble pozoroval, se pohybovaly směrem od Země. Vesmír se rozšiřuje. Podobně jako balon naplněný vzduchem se prostor roztahuje a vyvolává tak vzájemné vzdalování „mléčných drah“, přičemž se ale nerozšiřuje v již existujícím prostranství. Podle výzkumů z konce 20. století probíhá expanze důsledkem působení temné energie stále rychleji – lze tedy předpokládat, že potrvá až navěky věků.

Tento proces se nejzřetelněji projevuje v rychlosti, jíž se galaxie vzdalují. Rychlost prostorového roztahování udává Hubbleův zákon expanze, podle něhož hodnotu rychlosti vzdalování vyjadřuje Hubbleova konstanta.

Je to jednoduchá rovnice: Čím více je od nás galaxie vzdá-

lena, tím větší je její rychlost, kterou se vzdaluje. Hubbleova konstanta má proto základní význam – dovoluje nám dospět k závěrům o stáří světa. Podle posledních měření obnáší její nynější hodnota 72 kilometrů za vteřinu a megapaprsek (1 megapaprsek = 3,3 milionů světelných let). Zadáme-li na základě této hodnoty v průběhu našeho myšlenkového experimentu expanzi vesmíru opačný směr, dospějeme nutně do bodu, v němž byly kdysi ve formě singularity velkého třesku spojeny hmota, prostor a čas.

Objev zbytkového záření

Nejen poznatek posunu směrem k červenému spektru (rudý posuv), ale především objev záření vesmírného pozadí (zbytkového záření mikrovln) se stal druhým pilířem, na němž spočívá teorie velkého třesku. Toto záření vzniklo 380 000 let po zrodu vesmíru, když prahmota – jakási prapolevka – ještě vykazovala přibližně teplotu 3700 °C a protony a neutrony se začaly spojovat, a vznikly tak první atomy (řecky *atomos*, nedělitelný), které se staly zdrojem prvního světla. Charakteristickým znakem velkého třesku je právě toto záření v mikrovlnné oblasti. Jeho hodnota obnáší přibližně 2,72 Kelvinů (minus 270,43 °Celsia). Mezi fyziky je též známo jako záření 3^{-K}. Jedním z prvních, kdo předpověděl existenci tohoto fosilního světla, byl rusko-americký fyzik George A. Gamow (1904–1968), který již v roce 1948 vytvořil teorii „horkého počátku“. Gamow si představoval, že vesmír byl tvořen chuchvalcem stlačených vodíkových neutronů, který se pomalu roztahoval jako balonek. Během ochlazování pak vznikalo zbytkové záření, které prý bylo všudypřítomné a jež se v důsledku rychlého roztahování vesmíru ochladilo na teplotu přibližně pěti stupňů nad absolutním bodem nula. První praktický důkaz Gamowovy teorie pak podal Robert Dicke z Princetonské univerzity ve státě New Jersey.

Vycházejíce z úvahy, že je stále možné prokázat existenci předpokládaného zbytkového záření, vyhledávali Dicke a jeho tým za pomoci přístrojů, které sami zkonstruovali, cíleně zdroje kosmického záření, jež vykazovaly teplotu nižší než 253,15 °C. Jejich snaha však byla marná. Z prvního poslechu koncertu kosmického šumu z druhého aktu ouvertury velkého třesku v jeho skutečné podobě se mohli mezitím těšit dva badatelé, kteří ale nebyli kosmology: Arno A. Penzias a Robert W. Wilson z amerického institutu Bell Telephone Laboratories (New Jersey). Pomocí Holmdelovy antény o délce 6,60 metrů zaznamenali trvalé mikrovlnné záření (o vlnové délce 7,35 cm), které přicházelo ze všech směrů se stejnou intenzitou a stejnou teplotou, jež činila 270,15 °C. Poté, co byly vyloučeny všechny potencionální zdroje poruch, ukázalo se, že objevené velmi dlouhovlnné a izotropní rádiové záření nepředstavuje nic jiného než kosmický relikv, takříkajíc opožděné žhnutí velkého třesku, další echo porodních bolestí univerza, které přichází ze všech stran a rovnoměrně naplňuje vesmír.

Podobně jako paleontologové, kteří se zabývají studiem kostí dinosaurů, aby si mohli učinit představu o způsobu života pravěkých zvířat a určit jejich stáří, prozkoumali astronomové s velkou pečlivostí fosilní záření, měřili je, a dokonce je zachytili na mapě. Rozhodující podíl na těchto pracích připadl výzkumné sondě COBE (Cosmic Background Explorer – Průzkumník kosmického pozadí), kterou vyslala do vesmíru NASA. COBE zkoumala od roku 1992 do roku 1996 zbytkové záření a zjistila, že v časoprostorovém tkanivu vesmíru existují záhyby ve formě nepatrných kolísání a minimálních teplotních rozdílů. Je to jev, který znalci označují jako anizotropii a jenž umožňuje dospět k závěrům o charakteru vesmíru. Jeho existence je důkazem oprávněnosti modelu velkého třesku. Uvedené výsledky byly potvrzeny v roce 2003, kdy sonda WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – Wilkinsonova zkouška krátkovlnné anizotropie), kterou

vyslala NASA, předala údaje o rozdílech teploty v rámci zbytkového záření, které byly tak přesné, že je umožnily určit až na miliontinu stupně. Nejen to, výsledkem práce sondy byla ještě exaktnější třistašedesátistupňová mapa prapočátku našeho vesmíru. Jedná se o doposud nejostřejší zobrazení „stadia ohnivého míče“, které barevně vizualizuje, jak „vypadal“ vesmír 380 000 let po velkém třesku, kdy ještě neexistovaly hvězdy ani galaxie.

Teorie velkého třesku se může opírat o další pádné indicie: například dnešní střední hustota pozorovatelné zářící hmoty v kosmu, která se nachází ve hvězdách nebo v mezihvězdném plynu a prachu, zcela zřejmě vypovídá ve prospěch scénáře tohoto dění. K týmž závěrům dospějeme, když zkoumáme podíl prvků helia, lithia a deuteria (těžkého vodíku) v prahmotě před vznikem hvězd. V neposlední řadě se astronomům nabízí možnost přesného určení stáří světa na základě analýzy radioaktivního rozpadu v meteoritech a také zkoumáním doby vzniku hvězdokup a doby ochlazování bílých trpasličích hvězd. 13,7 miliardy let po velkém třesku dokazují výsledky těchto pozorování, že se náš vesmír zrodil během jediné mikrosekundy před 13,7 miliardami let – ve dni, který byl dnem bez včerejška.