

# Co je to vlastně čas?

## Rozhovor Václava Pavlíka s Thomase Hertogem o jeho knize „On the origin of time“

### Václav Pavlík

Astronomy Department, Indiana University Bloomington, USA; pavlik@astro.cz

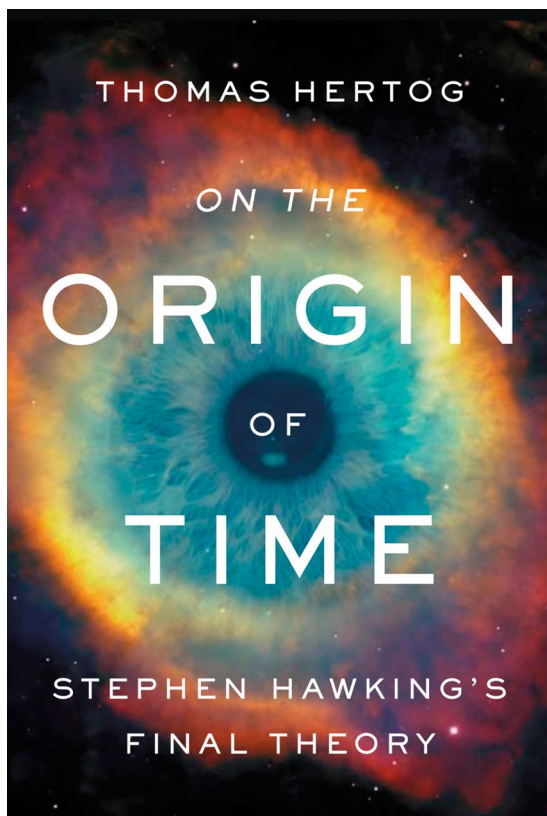
Stručná historie času, Černé díry a budoucnost vesmíru a další popularizační knihy slavného astrofyzika Stephena Hawkinga (1942–2018) měly u nás velký úspěch. Letos na jaře vyšla kniha prof. Thomase Hertoga, Hawkingova studenta a spolupracovníka, která na jmenované bestsellery volně navazuje – jak prozrazuje její podtitul „konečná teorie Stephena Hawkinga“. Rozhovor s autorem vedl pro Čs. čas. fyz. Václav Pavlík.

■ **Václav Pavlík:** Dobrý den. Jak se máte?

**Thomas Hertog:** Dobrý den, dobře. Dorazil jsem asi před minutou, protože jsem se zdržel na rozhovoru v nizozemském rádiu.

■ **VP:** Jste tedy v Nizozemsku, nebo v Belgii?

TH: V Belgii. Na začátku týdne jsem se však vrátil z Paříže, kde jsem měl turné ke své knize. Všechno naštěstí vyšlo.



■ **VP:** Vaše kniha je přeložena i do francouzštiny?

TH: Ano, francouzská verze vyšla toto pondělí a na francouzském Amazonu už je třetí nejprodávanejší. Takže je to super.

■ **VP:** Páni, to je skvělé. Gratuluji.

TH: Máte už svůj výtisk?

■ **VP:** Poslali mi zatím jen elektronickou kopii anglického rukopisu, protože jsem stále ve Spojených státech. Ale až se přestěhuji zpátky do Česka, požádám si o papírovou kopii českého překladu, abych mohl udělat řádnou recenzi. Ta pak vyjde v časopise *Astropis*.

TH: Dobře. Já také stále nemám papírovou kopii angličtiny. Napsal jsem už ale krátký článek pro *BBC Focus* a další pro *New Scientist*. Také jsem poskytl rozhovor v angličtině pro jednu italskou novinu. Pokud chcete, můžu vám ty materiály samozřejmě poslat, abyste nemusel číst celou knihu.

■ **VP:** Ve skutečnosti jsem ji už přečetl. Bylo to opravdu rychlé a zábavné čtení.

TH: Tak to je skvělé.

■ **VP:** Chtěl bych vám také poděkovat, že jste si na mě udělal čas. Je mi velkým potěšením si s vámi povídat.

TH: Potěšení je na mé straně.

■ **VP:** Na úvod bych se tedy chtěl zeptat, co je to vlastně čas?

TH: To je to, co se snažíme zjistit, že? Čas považujeme za něco, co existuje věčně, jako si ho představoval Isaac Newton. Připadá nám jako řeka tekoucí z minulosti do budoucnosti, ale toto vnímání z pohledu dnešní fyziky již rozhodně nepripadá v úvahu. Einstein svou teorií relativity změnil čas z metafyzické věci na fyzickou. A pak se navíc ukázalo, že čas má

své hranice. Čas končí v černé díře a začíná velkým třeskem.

A tak můžeme ve výsledku říci, že se nelze v jistém smyslu vyhnout myšlence, že čas je v podstatě jakousi emergentní kvalitou vesmíru. Jak jinak by totiž mohl skončit? A myslím, že právě o to nám tak trochu jde. A je to skutečně problém velkého třesku, kde na tom záleží, protože u černých děr by se dalo říci: „Dobrá, jsme přece někde vně. Singularita uvnitř nás nezajímá.“ To je pravda. Ale velký třesk je v jistém smyslu všude kolem nás a my jsme jeho pozůstatky. Pokud chceme skutečně do hloubky pochopit náš původ, musíme se s tímto problémem vypořádat. A přesně tím se zabývá moje kniha – původem času a co si o něm máme myslet.

■ VP: *Jedná se tedy o téma, kterému se věnujete ve své profesní kariéře? Hledání času, přemýšlení o čase?*

TH: (smích) Je to trochu šílené, že se tím dá užít, že?

■ VP: *No, já z pohledu astrofyzika vím, jak to ve výzkumu chodí, ale pro ostatní to může znít šíleně. Obzvláště když „víme“, co je to čas – máme ho přece na hodinkách.*

TH: Jistě, známe ho v každodenním životě. Myslím, že však podceňujeme to, jak nepředstavitelně odlišné byly nejranější fáze vesmíru. Původ času je tedy jakýmsi vrcholným projevem toho, co se tehdy událo, a dokonce i naše základní pojetí kauzality je tím zpochybněno. Takže ano, toto je problém, na který jsem se s Hawkingem zaměřil.

■ VP: *Jaký širší dopad by mělo odhalení původu času?*

TH: V jistém smyslu, obecně řečeno, původ času samozřejmě souvisí s otázkou, jak sjednotit kvantovou teorii a gravitaci. Poměrně často – vlastně bych řekl, že téměř všeobecně – se o tomto problému uvažuje jako o čistě matematické otázce. Zejména pokud se bavíme o teorii strun. Je zde však jakýsi zajímavý zvrat. Myslím, že originalita našeho úhlu pohledu spočívá v tom, že jsme vždy – především Stephen – přemýšleli o čase v kosmologickém kontextu. Tedy v kontextu vývoje vesmíru, kde narážíte na tyto časové limity. S tím dále souvisejí, jak tvrdím ve své knize, limity samotné fyziky. Myslím, že právě díky tomu jsme našli skutečně nový úhel pohledu na fyziku, jakýsi darwinovský pohled, který zastáváme. A ten nás dovedl k modelu holografického vesmíru, kde je čas skutečně emergentní. A jako každý jiný emergentní jev má i své hranice.



Stephen Hawking (vlevo) a Thomas Hertog (vpravo) na začátku společné cesty za poznáním roku 2001 v bruselském baru À la mort subite.

■ VP: *Zmínil jste se o sjednocené konečné teorii neboli teorii všeho, která je jakýmsi svatým grálem moderní fyziky. Jak bychom si ale měli představit, že vypadá – máme očekávat jistou rovnici, jako jsou Newtonovy nebo Einsteinovy rovnice pro gravitaci? A jak vůbec poznáme, že jsme ji našli?*

TH: Myslím, že to je klíčový bod naší práce. Vždy jsme si mysleli, že konečná teorie bude přesně taková, jak jste řekl – rovnice, jakýsi zákon nebo matematický metazákon, pokud věříte v multivesmír. Rozhodně tedy něco s jakousi transcendentální existencí, co nebude ovlivněno fyzickým vesmírem a co tedy umožní vysvětlit, proč a jak došlo k velkému třesku. Jakási předcházející pravda. To byl také raný Hawkingův a Einsteinův postoj.

■ VP: *A jak do toho zapadá vaše holografická teorie?*

TH: To je právě ono. To je základní epistemologická věc, kterou náš model zpochybňuje. Klíčovou novinkou a originalitou je tedy podle mého názoru to, že máme model, v němž, pokud se vrátíme zpět v čase až do velkého třesku, nejenže končí čas, ale spolu s ním mizí i samotné zákony fyziky. Z tradičního obrazu fyzikálních zákonů a zákonů evoluce tak trochu přecházíme na zákon popisující počáteční podmínky vesmíru, který pohlcuje veškerou diverzifikaci.

A tak máte naprostou pravdu, i když jsem to samozřejmě ještě úplně nepromyslel. Každý model je přece jen hypotéza. Mám však pocit, že otázky typu „*Jaká je konečná teorie? Co bychom měli očekávat?*“ tak trochu přetváříme. Náš model k ní totiž přistupuje „shora dolů“ (top-down) neboli je podmíněn tím, že se na vesmír díváme zevnitř a zpět v čase. Tak trochu tedy říká: podívejte, můžeme získat ještě přesnější teorii, která bude fungovat lépe a lépe, ale neměli bychom očekávat, že dostaneme nějakou konečnou odpověď, která by poskytla základní stavební prvky pro všechno ostatní. Je to tedy, jako byste řekl, že z ontologického hlediska jsou zákony fyziky jako zákony biologie.

■ VP: *Jistě. Když jste zmínil návrat zpět v čase, přivádí mě to ke zřejmé otázce, proč čas běží pouze jedním směrem? Proč si nepamatujeme budoucnost?*

TH: Jak jistě víte, šipka času je samozřejmě projevem rostoucí entropie. A to nás tedy dovádí v jakémsi skutečně globálním kosmologickém kontextu k tomu, že entropie raného vesmíru musela být velmi nízká, extrémně nízká. Někakou dobu se říkalo, že entropie je nízká díky inflaci, ale to samozřejmě není pravda. Inflace zabraňuje tomu, aby entropie velmi rychle vystřelila nahoru, ale zvyšuje entropii stejně jako cokoli jiného. Narážíme tím tedy zase na povahu počátečních podmínek. Za jakých okolností se vesmír objeví. Je zde tedy, jak jste již řekl, krásná souvislost mezi naším intuitivním, potažmo vnitřním prožíváním času a kosmickou situací. I náš model díky pohledu top-down odpovídá našemu pozorování – včetně toho, že si pamatujeme minulost, a ne budoucnost – a vybírá ze všech možných vesmírů ty, které vznikají s mimořádně nízkou entropií.

■ VP: *Přesto ale na kvantové úrovni – například ve výkladu Richarda Feynmana – se může částice při cestě mezi dvěma body pohybovat po libovolné trajektorii, ať už je jakkoliv nepravděpodobná, dokonce i zpět v čase. Proč se tedy vnímání času na kvantové úrovni liší od makroskopického vnímání času?*



Záznam obrazovky s Thomasem Hertogem během zde publikovaného rozhovoru.

TH: Je to, jak říkáte. Na kvantové úrovni existují interference, pravděpodobnosti a mnoho historií. Je to jako velmi rozmazaná, nejistá nebo přízračná realita bez jasných pojetí kauzality. Ale není to zcela v rozporu s naším jakýmsi deterministickým pojetím času, protože díky Feynmanovu popisu kvantové mechaniky nyní chápeme, že toto jasné deterministické pojetí kauzality je emergentní vlastností, která je výsledkem „zprůměrování“ – volně řečeno – všech těchto historií. U klasických systémů tedy toto průměrování dává očekávané chování. Samozřejmě není nemožné „vrátit se v čase“ v tom smyslu, že váš systém může skokem snížit svou entropii. Tyto skoky jsou však vzácné a obecně se s nimi nesetkáváme. Něco, co funguje na kvantové úrovni, nebude fungovat pro soubor částic, protože se to najednou stává extrémně, extrémně vzácným jevem. A samozřejmě, jak jste řekl, naše intuice a naše každodenní pojetí času jsou založeny na naší běžné zkušenosti, podle níž se toto neděje.

■ VP: Mluvili jsme o počátku vesmíru a velkém třesku. Rád bych se zaměřil na problém jemného vyladění a okrajových podmínek. Je skutečně vhodné srovnávat velký třesk s okrajovými podmínkami a skutečnost, že jsme zde, s výsledkem? Jinými slovy, neměli bychom spíše brát sami sebe jako okrajovou podmínku vesmíru, místo abychom se snažili najít podmínky, které nakonec dojdou až k nám?

TH: Ano, s tím naprosto souhlasím. To jsou tak trochu nešvary, jež zmiňuji v šesté kapitole, nešvary naší teorie. Snaha stanovit počáteční podmínky znamená snahu řešit problém vývoje vesmíru příliš klasickým nebo deterministickým způsobem. A tak trochu ignoruje Feynmanovu poučku, jak jste řekl, že na kvantové úrovni je všechno nejisté a tak trochu možné. A pokud se podíváte na raná stadia vesmíru, kde se formují typy částic a částicové síly, snaha přiřadit tomu nějaký jednoznačný popis je snahou o zavedení nějakého klasického, deterministického původu. Takže ano, naprosto souhlasím. Je to nešvar našeho myšlení.

■ VP: Potřebuje tedy v tomto smyslu vesmír stvořitele?

TH: To máte pravdu. Pokud si vyvinete intuici *ex-post-facto*, pak moje chápání nebo způsob, jakým to

rád formuluji, je, že ano – konečný výsledek může vypadat jako navržený, ale ve skutečnosti jsme se dostali tam, kde jsme, prostřednictvím vlastního postupného evolučního procesu. I když se tak stalo ve velmi raných stadiích vesmíru. Moje odpověď je tedy trochu podobná té, kterou poskytl Darwin pro biologii. Fyzikální zákony vypadají jako design, ale ve skutečnosti si je vesmír nějak sám zevnitř zafixoval.

My ovšem máme pouze tento pohled *ex-post-facto*, stejně jako Darwin. Nedíval se na desítky tisíc planet, aby přišel na to, proč je život tady na Zemi. Ale ani on nepodal apriorní vysvětlení.

■ VP: Díky astronomickým pozorováním pomocí družic Kepler, TESS a dalších nyní víme, že existují tisíce exoplanetárních systémů. Některé jsou dokonce podobné naší Sluneční soustavě v tom smyslu, že mají terestrické planety kolem hvězd podobných Slunci. Myslíte si, že i jinde ve vesmíru existuje život?

TH: To asi víte vy lépe než já. (smích)

■ VP: (smích) Bohužel ne, ale často se mě na to lidé ptají. Protože jste zmínil Darwina, napadlo mě, že bych se mohl pro změnu zeptat já někoho jiného.

TH: Dobře, to mě nepřekvapuje. Dejte mi chvíli, zavřu dveře.

■ VP: (smích) Jistě, je to přece jen přísně tajná otázka.

TH: (smích) Ano. Tak samozřejmě jistotu nemáme, ale můj pocit je následující. Na základě jediného případu života, který známe, by se člověk přikláněl k názoru, že někde ve vesmíru musí být nějaký primitivní život. Druhý bod, který chci uvést, je na úrovni fyziky, kosmologických zákonů a složení vesmíru. Zdá se, že to všechno je pro život docela ideální a že život je vcelku přirozený. Naš vesmír je po fyzikální stránce pro život rozhodně dobře vybaven. Ale když pak dojde na vyspělý život nebo skutečné mimozemšťany, moc nevěřím argumentům, že se nedíváme důkladně, že je nevidíme nebo že se kolektivně skrývají. Tato vysvětlení mi připadají přitažená za vlasy víc než jakýsi naivní či přímočarý závěr, že přinejmenším v rámci naší Galaxie zřejmě žádný vyspělý život není.



■ *VP: Mohlo by jít o problém s časem? Nebo důsledek konečné rychlosti světla či toho, že Galaxie a vesmír jsou tak obrovské?*

TH: No, jak víte, my máme docela zpoždění – než vznikla Země, uplynula spousta času. Také byste předpokládal, že vyspělé formě života nebude trvat moc dlouho, aby zahájila astroinženýrské projekty a kolonizovala Galaxii. Takže si myslím, že bychom se toho dočkali, všimli bychom si toho. A to je vlastně velmi zajímavé, protože na jedné straně se zdá, že vesmír je na úrovni fyziky a chemie docela biofilní, ale na druhé straně se nezdá, že by byl biofilní pro vyspělý život. Takže tu musí být nějaká překážka, kterou neznáme. Pokud jsme ve skutečnosti sami, vede to k obrovské zodpovědnosti. Ale to je jen moje intuice.

■ *VP: Ano, vypadá to, že náš vesmír je pro život, jak ho známe, vhodný. Jedno z vysvětlení říká, že existuje mnoho jiných vesmírů, kde tomu tak není. Ale mně tato teorie připadá tak trochu jako podvod.*

TH: Tyto úvahy o jiných vesmírech byly vlastně výchozím bodem celé mé práce s Hawkingem. Na konci devadesátých let to bylo velmi populární. Snadné vysvětlení je, že žádný design neexistuje, že prostě existuje mnoho vesmírů a my náhodou žijeme v jednom z nich. Ale přesně jak říkáte, je to taková úniková cesta z této konstrukční záhady.

Řekl bych, že Hawking byl jedním z prvních, kdo tak trochu ukázal na problémy s teorií multivesmíru. Tyto problémy souvisejí s tím, že pokud chcete použít jakoukoli teorii multivesmíru, abyste se dostali do našeho vesmíru, musíte k ní přidat další vrstvu. Musíte přidat nějaký antropický princip nebo jinou podmínku, kterou použijete subjektivně mimo rámec této teorie, abyste byl schopen vybrat náš vesmír. Protože teprve pak můžete říci, co bychom měli předpovídat z hlediska astrofyzikálních, kosmologických a částicových pozorování. Zpočátku si možná řeknete, dobře, to bude v pořádku, prostě tam přidáte nějakou obecnou věc. Ovšem ve skutečnosti, jakmile v tom začnete bádát hlouběji, zjistíte, že všechny naše předpovědi a teorie závisejí na souboru pozorování nebo pozorovatelných veličin, které jsme si vybrali. To je také problém míry v kosmologii. Mnoho lidí ho dlouhá léta ignorovalo s tím, že zmizí. Zejména teoretici strun byli přesvěd-



Na začátku spolupráce s Hertogem Hawking o Lemaîtreově práci v kvantové kosmologii nevěděl. Thomas jej tedy s touto prací seznámil přímo v Lemaîtreově bývalé kanceláři na premonstrátské koleji v Lovani.

čení, že jakmile najdeme onu rovnici, problém zmizí. Ale nezmizel, ve skutečnosti se stal téměř absurdním. Myslím, že nyní už je ve vědecké komunitě mnohem větší shoda na tom, že jde o vážný problém s multivesmírem. To, co vidím jako klíčový bod, je, že nevíme, jak bychom ho vůbec měli charakterizovat.

■ *VP: Ale jaká je tedy alternativa?*

TH: No, je to trochu podobné tomu, o čem jsme se bavili předtím. Multivesmír je stále založen na velmi klasickém, apriorním uvažování a pohledu, jako bychom se na něj dívali zvenčí. Samozřejmě nyní na základě nějakých metazákonů, kterými se řídí celý multivesmír. Paradoxy spojené s tímto druhem pohledu byly skutečně tím, co nás přimělo k tomu, abychom se zbavili představy, že vesmír má nějaký globální, klasický, definitivní stav. Naopak my se opravdu snažíme tento kvantový pohled dovést až do extrému a dívat se na vesmír zevnitř. Stephena v této souvislosti také cituji ve své knize. Ke konci naší spolupráce, když jsme toto myšlení vložili do holografických modelů velkého třesku, multivesmír z rovnic zcela zmizel. (smích)

■ *VP: Také není zaručeno, že by se některý z ostatních vesmírů měl řídit stejnými fyzikálními zákony nebo že bychom v něm vůbec měli mít čtyřrozměrný časoprostor a podobně.*

TH: Ano, ano, správně. Celá ta věc s multivesmírem byla původně jen nějakými drobnými variacemi mezi tím a oním. Ale pak, na začátku roku 2000, vrhli do tohoto myšlení strunoví teoretici celou plejádu vesmírů, a tak se z této teorie stalo jakési útočiště pro nejrůznější fyzikální zákony.

■ *VP: Vraťme se k našemu vesmíru a zaměřme se na jeho raný vývoj. Obzvlášť mě překvapily nedávné výsledky z JWST<sup>1</sup>, které objevily několik supermasivních černých děr, příliš hmotných na svůj mladý věk.*

TH: (smích) To říkají astrofyzici, že?

■ *VP: (smích) Ano, to říkáme my. Tak by mě zajímalo, co říkají kosmologové?*

TH: Samozřejmě. Nejrannější stadia vzniku struktur jsou jednou ze vzrušujících oblastí. Jejich vznik nás zavádí za hranice, kam se může podívat JWST, a je zřejmé, že v našich modelech je něco špatně. Musejí tam být zárodky, které usnadňují vznik velkých struktur dříve, než předpokládají typické modely. Nejsem si jist, zda JWST bude schopen tuto hádanku vyřešit, protože konec konců stále pozorujete světlem. Takže se opravdu těším na okamžik, kdy konečně zprovozníme všechny ty plánované observatoře gravitačních vln. Pak budeme konečně schopni prozkoumat tyto temné epochy a vyřešit vzrušující hádanku, co je to za zárodky, odkud pocházejí a co nám říkají o ještě dřívějších epochách, protože odněkud samozřejmě přijít musely. Existují některé modely inflace, kde na jejím konci dochází – abych tak řekl – k přechodu do horké éry velkého třesku spolu s tvorbou podobných zárodků. Možná se tam něco děje a bylo by to nesmírně zajímavé.

■ *VP: Také se těším na další observatoře. Když jste se zmínil o inflaci, napadá mě, proč ovlivnila pouze tři prostorové rozměry, a ne čas? Nebo čas běžel před inflací pomaleji?*

1 James Webb Space Telescope.

TH: Ano, ale i během inflace byly energie mnohem nižší než Planckova energie, takže čas běžel o něco pomaleji, ale ne nijak výrazně pomalu. O vývoji vesmíru spíše přemýšlím jako o vytváření času a vytváření prostoru. Myslím, že právě to nám říkají Einsteinovy rovnice. Čas a prostor nejsou pevně dané. Rozpínání vesmíru je vytváření prostoru a historie vesmíru je odvíjení času, a to doslova. A máte pravdu, během inflace skutečně dochází k tomu, že se vytváří mnohem více prostoru než času.

■ VP: *To jsem měl na mysli. Promiňte, to mě napadlo až teď, takže jsem to úplně nedomyšlel. Asi to není relevantní.*

TH: Ne, ne, je to naprosto relevantní. V tomto smyslu je to vlastně po inflaci opačně. Rozpínání vesmíru po ní probíhalo ve srovnání s plynutím času strašně pomalu. *(odmlka)* Ano, myslím, že to tak je. A myslím, že teď jsme díky zrychlování rozpínání zase svým způsobem v rovnováze.

■ VP: *To zní zajímavě. Nejste někdy zahlcen všemi teoriemi o vesmíru?*

TH: Na tom, že máme mnoho jiných přístupů, se mi líbí dvě věci. Zprvče myšlenka sjednocení a zadruhé myšlenka skutečného řešení původu času. Můj pocit vždy byl, že potřebujeme takové rozšíření fyziky, které nám objasní počátek vesmíru a velký třesk. Myslím, že modely, které neobsahují myšlenku sjednocení, nám v této oblasti asi moc nepomohou.

■ VP: *Víme vůbec, které teorie máme brát při sjednocení v úvahu a jestli se zabývat jen těmi mainstreamovými nebo i něčím novým, jako vašim holografickým vesmírem?*

TH: Ale to je přece super věc, ne? Některé jsou mainstreamové, některé ne. Podle mého názoru je skutečným dědictvím těchto desetiletí práce na teorii strun.

Máte pravdu, že holografie je samozřejmě doménou výzkumu sama o sobě a aplikace myšlenek holografie do kosmologie je stále ještě v plenkách. Myšlenky o pohledu na vesmír z top-down perspektivy se tu už nějakou dobu vznášely. K jejich pevnému zakotvení do kosmologie nás ale skutečně přivedlo to, co jsem začal dělat s Hawkingem – tento, chcete-li, druh více kvantového pohledu na nejranější fáze vesmíru.

Holografie je samozřejmě lépe rozvinutá v kontextu černých děr, kde si povrch horizontu černé díry můžete představit jako druh hologramu. Takže i ona je vlastně na jednu stranu mainstreamová, ale na druhou stranu zase ne dostatečně, takže je vlastně nová.

Ale máte samozřejmě pravdu, předpokládám, že dalším aspektem vaší otázky je, jak je budeme testovat?

■ VP: *Přesně tak. To vlastně byla moje další otázka.*

TH: Sjednocení nebo představy o velkém třesku se stávají velmi důležitými již v nejranějších fázích vesmíru. V tuto chvíli máme reliktní záření, ale i to nám upřímně řečeno poskytuje snímek z poměrně pozdní doby. Alespoň pro kosmologa je 380 000 let po velkém třesku pozdě. Takže ze skutečně nejranějších fází máme opravdu jen několik „fosilií“, chcete-li. Někdy mám pocit, že jsme v podobné situaci jako Darwin v devatenáctém století – s velkolepou novou myšlenkou, ale bez reálného způsobu, jak ji ověřit.



**Thomas Hertog** (\*1975) je belgický fyzik zabývající se kosmologií. Studoval v Lovani a Cambridgi, kde získal doktorát pod vedením Stephena Hawkinga. Poté působil na Kalifornské univerzitě v Santa Barbaře, na univerzitě v Paříži VII a v CERNu. Roku 2011 byl jmenován profesorem v Ústavu teoretické fyziky na Katolické univerzitě v Lovani. Zabýval se původem rozpínání vesmíru, teorií strun i kvantovou kosmologií. Se ženou a čtyřmi dětmi žije v Bousvalu (Belgie). Foto: Wikimedia

Myslím, že to tak ale nemusí zůstat. Přinejmenším v principu gravitační vlny teoreticky sahají až k počátku vesmíru. Samozřejmě bude obrovská výzva vydolovat tyto prapůvodní signály ze změtí všech ostatních signálů. Nicméně vesmír je v gravitačních vlnách průhledný a tato skutečně kvantová povaha, tato holografická povaha a mizení času... Člověk by si myslel, že to zanechá nějaké fosilie, nějaké stopy. Nevím přesně, jak mají vypadat, ale myslím, že tuto éru odhalíme kombinací nějakého dalšího pokroku v teorii holografické kosmologie a přesnějším pozorováním gravitačních vln.

Můžete si představit, že gravitační vlny jsou jako fosilie, které hledáme, a holografická kosmologie je tak trochu obdobou molekulární genetiky, která je základem darwinovské evoluce a vlastně ji činí nevyhnutelnou. Takže byste se skutečně mohl ptát, zda holografie skutečně dostojí svým ambicím a zda bude dělat to, k čemu je určena. Možná se tento druh vnitřního pohledu, o kterém jsme hovořili – tento kvantový pohled, toto zmizení zákonů, tento model našeho uvažování o velkém třesku – možná se v určitém okamžiku stane téměř nevyhnutelným. To by vedlo k suprové teoretické fyzice.

■ VP: *Potřebuje holografická teorie, aby byl měl vesmír konečný rozměr?*

TH: Ano... ano. Tento hologram žije na hypersféře. Možná si říkáte, proč by nemohl žít v nekonečném prostoru? Problém je v tom, že pokud tyto holografické teorie umístíte do nekonečného prostoru, vplíží se tam nejednoznačnost a – volně řečeno – kvantová teorie, která definuje hologram, už nemá jedinečný stav. Nemá jednoznačný vakuový stav a ve skutečnosti





Hertog s Hawkingem v jeho kanceláři v novém kampusu pro matematické vědy v Cambridgi.

i rovnice přestanou být definovány. Zajímavé je, že jeho umístění na kouli znamená, že přijímáte určitý druh konečnosti. Přijímáte holografický ekvivalent něčeho, jako je náš kosmický horizont. Je to velmi zajímavé, protože to je samozřejmě důvod, proč jsou v tomto holografickém myšlení věci jako multivesmír od počátku jaksi vyloučeny.

■ VP: *To je úžasné. Co bylo tím hlavním, co vás přitáhlo k fyzice? Proč jste šel studovat kosmologii právě k Hawkingovi?*

TH: Pro mě to vždycky byla kombinace velkých filozofických otázek a matematiky – rád jsem počítal. Přitom, jak dobře víte, ve fyzice tuto kombinaci nenajdete. *(oba se smějí)*

Ale tohle pro mě bylo jakési zjevení. V Belgii, kde jsem studoval, jsem ho však neobjevil – bylo to vcelku normální bakalářské studium fyziky. Co se týče kosmologie, myslím, že tady v Belgii mě kosmologii ani neučili. Ale pak jsem se dostal do Cambridge a nakonec až do Stephenovy kanceláře. A tam byl člověk, vědec, kosmolog, který se opravdu nechal vést těmito velkými otázkami. To pro mě bylo to pravé. Byl to jakýsi návrat ke kořenům. Uvědomil jsem si, že existuje toto odvětví fyziky – je samozřejmě v jistém smyslu velmi spekulativní a takřka na okraji fyziky – ale bylo to opravdu skvělé setkání a zbytek už je historie.

■ VP: *Ve své knize píšete, že Hawking zadával disertační práce střídavě o černých dírách a o kosmologii v závislosti na roce. Myslíte si, že by to dopadlo jinak, kdybyste přišel v jiném roce a vaše práce se více zaměřovala na černé díry než na kosmologii?*

TH: Ano, určitě si to myslím. To je dobrá otázka. Jak jste řekl, snažil se střídát témata, protože měl svůj „byznys plán“. Myslím, že by mi to tolik nevyhovovalo. Ve skutečnosti existují příklady studentů, kteří přišli ve špatném roce a kteří si se svými tématy tak dobře nenesli. Jistě jsem měl trochu štěstí.

■ VP: *Jak byste několika slovy popsal svůj vztah s Hawkingem, byl to dobrý vedoucí? Nebyla pro vás jeho sláva někdy problém?*

TH: *(smích)* Bude to ale jen můj subjektivní pohled. Na začátku 80. let nebo tak nějak bylo několik studentů, kteří se zdáli, že trpí. Můj vztah s ním byl ovšem velmi dobrý. Myslím, že to bylo tím, že jsme se shodli na společném zájmu a cíli. Navzdory své slávě byl obecně vel-

mi zapálený pro fyziku. Pokud jste byli také, všechno opravdu dobře klapalo.

Také si myslím, že jeho ego v době, kdy jsem ho poznal, dosáhlo tak nějak normálnější úrovně, než jakou mělo na začátku 80. let. Například z jeho inaugurační přednášky a z jeho vystupování na začátku osmdesátých let – jak jsem o tom četl, samozřejmě jsem tam nebyl – téměř nabýváte dojmu, že měl pocit, že konečná teorie všeho je za rohem. Je jasné, že měl opravdu pocit, že svou Teorii bez okrajových podmínek tak trochu rozluštil záhadu existence.

V pozdějších fázích, které popisují ve své knize, už vidíte jiného Hawkinga. I proto píšu o Hawkingovi 1 a 2 neboli „raném“ a „pozdním“, abych to zdůraznil. Toto rozlišení je samozřejmě hlavně z pohledu vědy, ale nepřekvapí vás, že se tak trochu odráží i v jeho osobnosti.

■ VP: *Teorie bez okrajových podmínek – to je teorie o vzniku času podle Hawkinga a Hartla, že?*

TH: V podstatě ano, ale nahlíženo jako na prapůvodní počáteční podmínku, na jakýsi transcendentální zákon, který popisuje vznik z ničeho, tak nějak „zdola nahoru“ (bottom-up) nebo dopředu v čase. Takže se na vesmír pohlíží deterministicky. Je to jako výpověď o tom, jak a proč vesmír existuje.

■ VP: *Zajisté jste obeznámen s Goedelovou větou o neúplnosti. Neděsí vás tedy, že se možná nikdy nedozvíme konečnou teorii, že vždy může existovat něco, na co prostě nedokážeme dát odpověď?*

TH: To je stejná otázka, na kterou se ptala nizozemská rozhlasová moderátorka. Položila ji jinak, samozřejmě bez zmínky o Goedelovi, ale v podstatě jde o totéž. Zdroj vaší otázky míří přímo k jádru mé knihy. Je to skoro, jako byste říkal, že ani na fundamentální úrovni fyzikálních zákonů není žádný základ, o který bychom se mohli opřít. Já bych to ještě zesílil, že není správné tento základ vůbec očekávat nebo ho hledat.

Ale má to i druhou stránku. Jsem si téměř jist, že se to stalo i Darwinovi, i když nejsem historik. Mnoha lidem se jeho teorie určitě nelíbila. Vlastně jí někteří lidé dodnes nevěří. Takže mu jistě již tenkrát namítali, že úvahy o tom, že evoluce se řídí víceméně náhodou, zcela ignorují nás. Kde jsou v ní lidé a lidskost? A já teď říkám totéž o fyzice. Ale je tu ještě jedna stránka věci, která je podle mě velmi důležitá. Odvržením multivesmíru a přijetím top-down přístupu naše fyzika a kosmologie zesílí, protože tím dostaneme skutečnou teorii raného vesmíru, která nám sice neumožňuje předvídat žádné apriorní pravdy, ale umožňuje nám předvídat korelace. To znamená – řečeno normálním jazykem – že nám umožňuje prohloubit naše chápání vzájemných korelací mezi různými aspekty a různými vlastnostmi vesmíru. A to nejvelkolepější z nich je v jistém smyslu spojení mezi člověkem a vesmírem, mezi biologií a fyzikou.

A tak si myslím, že se časem také staneme silnějšími. Samozřejmě s vámi souhlasím, že se do toho vkrádá ten nepříjemný pocit konečnosti a omezenosti poznání. Nicméně nakonec mi to vlastně i připadá vzrušující. Ale nevím, možná jsem s Hawkingem strávil příliš mnoho času...

■ VP: *Děkuji vám za rozhovor.*

TH: Bylo to zábavné, moc vám děkuji.