

## Antropický princip

Antropický princip je jedním z nepřehlédnutelných pokusů odpovědět na otázku místa člověka ve vesmíru. Tento kardinální problém však není antropickému principu vlastní od samého počátku. Východiska a první formulace antropického principu jsou mnohem prozaičtější a jednodušší.

Před 2. světovou válkou uveřejňuje Dirac článek (Nature, 139, 1937) a v roce 1946 Eddington vydává práci (Fundamental Theory, CUP) a oba shodně dva upozorňují na jisté číselné koincidence postihující vazby mezi vesmírem a světem elementárních částic, mezi mikro- a megasvětem vyjádřené bezrozměrnými čísly. O jaká čísla se jedná?

První bezrozměrné číslo se objevuje v několika formulacích, všechny však vystihují v podstatě totéž: poměr mezi elektromagnetickou a gravitační silou působících mezi elektronem a protonem:

$$\alpha = \frac{e^2}{G m_p m_e} \approx 10^{40}$$

kde  $e$  je elektron,  $m_p$  hmotnost protonu,  $m_e$  hmotnost elektronu a  $G$  gravitační konstanta. {J. Demaret, D. Lambert: Le princip anthropique. Colin, Paris 1994, p. 91.}

Druhé číslo je vyjádřením vztahu mezi rozměrem pozorovatelného vesmíru  $R_0 = c t_H \approx 1,5 \times 10^{10}$  světelných let a rozměrem protonu:

$$\lambda = \frac{\hbar}{m_p c} \approx 10^{-13}$$

odtud

$$\alpha = \frac{c t_H}{\lambda} \approx 10^{41}$$

(kde  $t_H$  vyjadřuje stáří vesmíru podle Hubblea,  $H_0$  je pak Hubbleova konstanta =  $1/t_H$ ).

Třetí číslo, které také bývá nazýváno Eddingtonovým, vyjadřuje poměr mezi hmotností pozorovatelného vesmíru a hmotností protonu;

$$N_3 = \frac{M_U}{m_p} = \frac{4/3 \pi R_0^3 \rho_0}{m_p} \approx 10^{80}$$

První dvě čísla jsou tedy stejného řádu, třetí je druhou mocninou hodnoty kteréhokoliv z předcházejících dvou:

$$N_1^2 \approx N_2^2 \approx N_3$$

To, co je udivující na těchto velikých číslech, není pouze jejich řádová shoda sama o sobě, ale fakt, že k této shodě se přichází odvozením ze dvou protilehlých oblastí nám známého světa — světa elementárních částic a Vesmíru, mikrokosmu a megakosmu.

Eddington i Dirac se hned pokusili formulovat teorie, které by vysvětlovaly uvedené číselné shody. Jejich hypotézy se však postupně rozcházely s pozorováními a empirickými fakty, které nedokázaly vysvětlit, a tak nedosáhly žádného významného úspěchu. Pokusy Eddingtona i Diraca z konce třicátých a poloviny čtyřicátých let jsou dnes již čistou historií.

Teprve až počátkem let šedesátých se objevila interpretace koincidencí, která měla jistou naději na úspěch. Byla zajímavá ve své první podobě především tím, že určovala jisté časové hranice vesmíru, a velkým číslům se tak poprvé dostává explicitně interpretace antropické a kosmologické současně.

Vzhledem k tomu, že tato první koincidence souvisí se stářím vesmíru, nabízejí se dvě možnosti její interpretace. Buď je tato shoda trvalá, a potom se musí, s tím jak vesmír stárne (tj. rozšiřuje se, zvětšuje své rozměry), měnit i gravitační konstanta. Touto cestou šli Dirac a Eddington, ovšem pozdější pozorování změnu gravitační konstanty v předpokládaném rozsahu nepotvrdila.

Opačným směrem se vydává R. H. Dicke.<sup>footnote{Nature, 192, 440, 1961.}</sup> Gravitační konstanta je opravdu i nadále konstantou a při expandujícím vesmíru to znamená, že k číselné shodě vyjádřené první koincidencí může dojít jen v jednom okamžiku trvání vesmíru. A tak první koincidence Dicke komentuje jako důsledek přítomnosti života ve vesmíru. Tato souvislost se neobjevuje ve vesmíru kdykoli, ale pouze tehdy, jsou-li splněny nezbytné fyzikální podmínky pro naši existenci. Nebo obecněji:  $N_1 \approx N_2$  je

charakteristické pro každý vesmír, který je útočištěm pozorovatelů, kteří tento vesmír studují. \footnote{J. Demaret, D. Lambert: Le princip anthropique. Colin, Paris 1994, p. 97.}

Tato časová souvislost je pro Dicka příležitostí hledat na základě faktu naší přítomnosti ve vesmíru horní a dolní hranici možného stáří vesmíru. Život ve vesmíru (tak, jak jej my známe) je založen na existenci prvků těžších než vodík a hélium. Příliš mladý vesmír, ve kterém se vyskytují pouze vodík a hélium, musí na svého pozorovatele počkat až do doby, kdy hvězdy, vytvořené právě z těchto lehkých prvků, ukončí svůj život explozí a rozptýlí tak do prostoru těžké prvky vzniklé v jejich nitru.

Hvězdy druhé generace potom již mohou být středem planetární soustavy, jejíž planety obsahují tyto těžké prvky nezbytné pro život, který se na nich může vyvíjet. Hvězdy tohoto typu také ovšem kladou jistou časovou podmínku vesmíru, má-li být život na jejich planetách možný. Hvězdy druhé generace musí existovat dostatečně dlouho a po dobu svého života udržet stabilní planetární soustavu, ve které se může vyvíjet život.

Pomocí určení stáří těchto dvou typů hvězd, které a) produkují těžké prvky nezbytné pro pozdější chemickou a biologickou evoluci, b) jsou schopné po dostatečně dlouhou dobu udržet planetární soustavu, hledá Dicke minimální a maximální hranici pro věk vesmíru. Vesmír nemůže být mladší než nejmasivnější hvězdy I. generace (které žijí nejkratší dobu) a horní hranice věku vesmíru řádově odpovídá délce života nejlehčích hvězd II. generace (které patří mezi dlouhověké). Číselné vyjádření těchto souvislostí nás přivádí, jak ukazuje Dicke, opět k původní koincidenci  $N_{1} \approx N_{2}$  a z toho Dicke vyvozuje, že číselné koincidence se objevují jako důsledek existence živých bytostí ve vesmíru.

Otázka času, resp. stáří pozorovatelného vesmíru se tak stává výchozím bodem pro řadu následujících antropických hypotéz. Protože čas velmi úzce souvisí s dalšími fyzikálními charakteristikami vesmíru, je možné se odtud dostat k mnoha dalším souvislostem. Věk vesmíru už není jedinou veličinou, které se dotýkají kosmologické interpretace antropických souvislostí. Nejtěsněji se stářím vesmíru souvisí jeho velikost. \footnote{Velikostí vesmíru se v kosmologii rozumí velikost pozorovatelného vesmíru, to je té jeho části, ve které může docházet k výměně informace. Fyzikálně je tato část vymezena vzdáleností, kterou urazilo světlo od počátku vesmírné expanze, tj. asi  $10^{10}$  světelných let a takto určený objem obsahuje asi sto miliard galaxií. Podle J. Demaret, D. Lambert: Le princip anthropique. Colin, Paris 1994, p. 106.}

Pokud bychom přijali antropické vysvětlení, jak je nabízí např. Dicke, objeví se před námi další otázky. Je-li pozorovatel pro vesmír opravdu nutností (nebo přímo cílem a smyslem), proč je tak veliký, když tomuto pozorovateli stačí k životu jediná galaxie a sto miliard dalších, rozptýlených po celém prostoru, je už zbytečných? (Přijmeme-li předpoklad, že člověk je jediný pozorovatel v tomto vesmíru.) Proč je vesmír tak marnotratný a pro bytost jednotkové velikosti se nafoukne do takových rozměrů, že disproporce je opravdu úctyhodná — řádově  $10^{26}$ .

Protože existujeme, musí být vesmír dostatečně starý, což při expandujícím, stále se rozšiřujícím vesmíru znamená, čím starší, tím větší. Antropický princip má stále stejnou odpověď: vesmír je tak starý a velký, jak je, protože jsme tady my.

\titxx{Antropický princip a smysl vesmíru}

B. Carter, který dává antropickému principu jméno, v roce 1968<sup>footnote{Publikováno 1974: B. Carter: Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data. Symposium IAU, č. 63, s. 261.}</sup> formuluje dvě základní verze: A) slabou (Weak Anthropic Principle, WAP) — přítomnost pozorovatelů ve vesmíru podmiňuje vesmír časově (vesmír musí být alespoň tak starý, aby pozorovatel měl čas vzniknout), B) silnou (Strong Anthropic Principle, SAP) — přítomnost pozorovatele podmiňuje vesmír nejen časově, ale v celém souhrnu vlastností.<sup>footnote{Podle J. Demaret: L'univers. Les théories cosmologiques contemporaines. Mail 1991.}</sup> Jedná se o takové vlastnosti jako např.: v okamžicích nepříliš vzdálených od počátku rozpínání vesmíru musel být poměr částic a antičástic takový, aby po jejich vzájemné anihilaci a vyzáření zůstalo právě tolik částic, kolik jich je k dispozici jako stavebního materiálu pro náš vesmír, současně pozorovaným hvězdám musely předcházet hvězdy I. generace, které vytvořily těžší chemické prvky a rozptýlily je po svém zániku do okolního prostoru, kde se tyto prvky mohly stát stavebními kameny vznikajících planetárních soustav, vzniklé planety musejí mít optimální vzdálenost od centrální hvězdy, která musí být relativně stabilním útvarem, reálný makroprostor musí mít právě tři dimenze, v každém jiném případě fyzikálně přípustném je život nemožný. Pokud jde o přesnost  $10^{30}$  k hodnotě  $10^{29}$  by znamenala vesmír bez života. Je to všechno náhoda, velice nepravděpodobná, ale přece jenom náhoda? Nebo zde zasahuje něco, co nám dosud uniká, co nedokážeme přes veškerý pokrok postihnout svými stále chatrnými znalostmi? Během dalšího desetiletí další stoupenci AP tyto formulace různě obměňují a objevují se i dvě zcela nové verze:

C) účastnická verze: existence vesmíru je pro pozorovatele stejně důležitá jako existence pozorovatele pro vesmír, jinými slovy: má-li být vesmír reálný, musí umožnit svými vlastnostmi existenci pozorovatele a D) finální verze: inteligentní systémy zpracování informace se ve vesmíru {sf musí} objevit a od toho okamžiku již nikdy nevyumí. Inteligentní pozorovatel je cílem, protože dává smysl existenci vesmíru.

Protože všechny tyto úvahy vycházejí z údivu nad dokonalostí vesmíru (jak je přesnost některých parametrů vnímána a některé pozorovatele přímo fascinuje), všimněme si blíže této vlastnosti.

Dokonalost nastavení počátečních podmínek snad ještě více vynikne při srovnání se způsobem dosažení podobné dokonalosti a funkčnosti, které jsou vlastní pozemské přírodě. Pokusme se tedy o malé srovnání evoluce pozemské a kosmické. Přes určité námitky můžeme začít s tím, že od dob Darwina již nikdo nemusí hledat teleologická (zde = iracionální, nadpřirozená) vysvětlení dokonalého uspořádání v přírodě, a předpokládáme, že dokonalost a funkčnost, které v přírodě objevujeme, jsou výsledkem dlouhodobého vývoje, výsledkem řady pokusů a omylů (= přirozeným procesem). Navíc je třeba si uvědomit, že jakmile život jednou vznikne, {sf nevyhnutelně} se prosazují a uchovávají formy, které jsou nejlépe přizpůsobené atd. Ovšem toto vysvětlení je pro celý vesmír, jak se zdá, nepoužitelné. Vysvětlení uspořádanosti a změn v pozemské přírodě potom můžeme rozdělit do dvou fází. Před Darwinem byla dokonalost a funkčnost přírody vysvětlována {sf účelem} a Tvůrcem. Nebylo přitom důležité, zda to byl Bůh-Stvořitel nebo jakýkoli jiný princip. Podstatné bylo to, že tento princip stál mimo pozemskou přírodu nebo lépe nad ní a dirigoval ji. Buď tím, že do ní vložil vše již na samém počátku, nebo ji usměřňoval na každém kroku. Potom přišel Darwin s evoluční teorií a začalo se mluvit o vývoji celé přírody. Nic nevzniká jako dokonalé, ale přizpůsobuje se pod tlakem okolí. I kdybychom tedy přijali některé výhrady vůči Darwinově teorii, můžeme zůstat u zmíněného rozdělení, protože při vysvětlování vývojových procesů a změn jde spíše než o detaily o změnu způsobu uvažování. Hybný princip již není hledán mimo přírodu, kde má předem připravený plán, ale je s přírodou ztotožněn, zbaven předem určeného cíle a stává se spontánním, tápajícím a opravujícím své omyly, tj. rozhodně ne přímočarým.

Plán a fyzikální determinismus je tak po Darwinovi nahrazen biologickou náhodou; hledání cest, odbočky a slepé větve znamenaly také možnost nápravy. Člověk stojí vysoko na evolučním stromu, ale nemusí být nutně na jeho vrcholku, je pouze jeho jednou větví. I když

je člověk často na vrcholku evolučního stromu spatřován, je to častěji způsobeno tím, že je poslední v řadě, jejíž pokračování zatím neznáme.

U P. Teilharda de Chardin se člověk se opět ocitá na vrcholku ze zcela jiných důvodů. Tímto důvodem, že přes něj vše směřuje ke konečnému bodu, cíli a smyslu všeho bytí. Vesmír však neměl možnost zkoušet a nepodařené spotřebovat jako materiál. Aby mohl vzniknout život, muselo se ve vesmíru podařit realizovat vše nepravděpodobné hned na první pokus. Žádné další k dispozici nebyly. O evoluci, ve smyslu hledání, zkoušení a oprav v tomto případě nelze mluvit.

Nechápejme však výše použité slovo "zkoušet" s jeho teleologickými přesahy: zkoušet cesty k vytčenému cíli, je to pouze zkratkovité vyjádření fyzikální skutečnosti, že vesmír jedoucí po entropické skluzavce nemá možnost jednou již udělané změnit, Teprve tam, kde se objevují negentropické procesy, je možné hovořit o "evolučním zkoušení, hledání a výběru", ovšem opět bez předem daného záměru.

Evoluční linie aplikovaná na celý vesmír se stává přímočarou, mnohem přímější, než kdy byla uvažována v případě pozemské přírody. I velmi malá odchylka by znamenala existenci vesmíru, ve kterém by nemohl být život, aniž by ovšem byly porušeny fyzikální zákonitosti. Antropický princip tak klasickou spontánní evoluci s jejím hledáním a zkoušením opět nahrazuje přímou cestou. A v silnějších podobách je dokonce již předem znám i cíl této cesty nebo dokonce i ten, kdo tu cestu pomáhá vybudovat. Jsme v kosmologii "před Darwinem", nebo je třeba přistoupit k hledání Velkého Architekta?

Budeme-li hledat v antropickém principu teleologické vysvětlení, mělo by být poněkud jiného typu než leibnizovsko-wolffovské, které se ukázalo jako mylné, nebo, obrátíme-li se přímo ke zdroji, Aristotelova causa finalis vypreparovaná ze světa, který měl možnost zkoušet a opravovat. Pokud nám ovšem neuniká nějaká podstatná znalost o vesmíru a nejsme v situaci \u{před Darwinem}, neboť teleologie nakonec zůstane vždy teleologií. Není-li tomu tak, znamená to, že budeme rozlišovat teleologii \u{pozemskou} (vyrostlou z neznalosti a nahraditelnou evolucí) a \u{vesmírnou} (zatím nevysvětlenou a možná nevysvětlitelnou, protože je sama vysvětlením)? Znamená to, že dál už budeme hledat jen Velkého Architekta? A je, myslím, zbytečné zdůrazňovat, že již dávno nejsme v říši čísel, ale až po krk v metafyzice.

John Barrow nabízí ještě jedno srovnání.<sup>1</sup> Z uspořádání živých i neživých systémů, vzájemné propojenosti, funkčnosti, prostě z dokonalosti přírody byl vyčten boží záměr, ale evidentnost boží existence byla spatřována v zázracích, tedy v odchylkách od této dokonalosti, v jejím hrubém porušování. A podobný paradox nacházíme i v současné kosmologii. Vesmíru je vlastní dokonalá symetrie, jejíž neexistence by znamenala nemožnost života. Tentýž život však vyžaduje pro svou existence porušování této symetrie, nepatrné odchylky, které umožňují strukturovanost vesmíru. Tyto odchylky (o kterých byla řeč výše v podobě podmínek) jsou pro dnešní kosmology stejným *zázrakem*, jako pro jiné náhlá uzdravení v Lourdes.

Jisté řešení se pokoušejí nabídnout modely pluralistického vesmíru, ve kterých je náš vesmír pouze jedním z mnoha (nekonečna) možných či skutečných různých vesmírů. Není pak nikterak divné, že jeden z těchto vesmírů je obdařen i velmi málo pravděpodobnými vlastnostmi. Nemyslím si, že by to byl pádný argument proti teleologickým vysvětlením. Pro teleologickou explikaci bude náš vesmír *nejlepší ze všech možných vesmírů* a jejich soubor zůstane jen další nezbytnou podmínkou: aby se mohl zrodit náš vesmír jako útočiště života, bylo třeba *vyprodukovat* celý soubor různých vesmírů. Tímto se ovšem tentýž argument může obrátit proti samotné teleologii, a to tím spíše, že podobný obraz nacházíme i v pozemské přírodě. Pro stavbu mraveniště zdaleka nestačí pouhé dva metry čtvereční, na kterých spočívá, ale je třeba celý les, celý systém zvaný les. Takže by přece jenom bylo možné nahradit principy *vesmírné teleologie* postupy vlastní *pozemské evoluci*?