

Kvantitatívna teória vývoja

Prof. RNDr. Július Krempaský, DrSc.

Katedra fyziky Fakulty elektrotechniky a informatiky STU Bratislava,
Katedra fyziky Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity

Hlavným cieľom tohto príspevku je presvedčiť čitateľov, že evolucionizmus nie je verbálne hovorenie o tom, že vesmír a všetko v ňom sa vyvíja, ale že mnoho z týchto procesov možno formulovať aj v matematickej reči a tým urobiť príslušné informácie dôveryhodnejšími a v podstate nespochybniteľnými. V snahe uľahčiť pochopenie textu aj tým, ktorí nie sú príliš „famiľárni“ s matematikou, budeme sa v ňom orientovať len na veľmi zjednodušené modely evolučných procesov, ale tak, aby sa v nich jasne demonštrovala ústredná myšlienka: ukázať, ako sa vo vývojovom procese môžu generovať nové kvality.

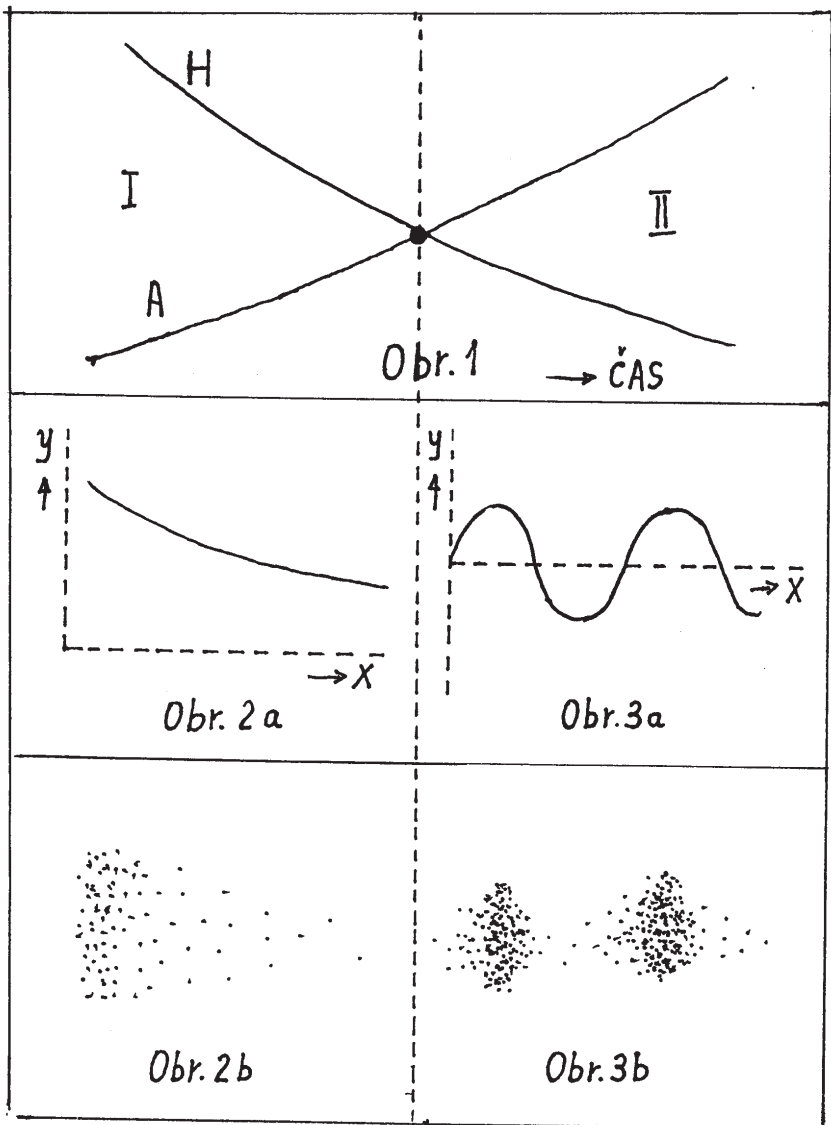
1. Úvod

Zmysel predkladaného textu najvýstižnejšie definuje známy fyzik Nernst, ktorý napísal: „Biblia nám hovorí o tom, čo Boh robí a veda skúma, ako to robí“. (V origináli sú miesto slova „skúma“ použité ešte výstižnejšie slová „špehuje Boha“.) Tým sa dáva jasne najavo, že človek vníma kreatívne aktivity Boha ako procesy v čase, takže môžeme konštatovať, že Boh použil pri kreácii sveta „evolučnú technológiu“. To už akceptujú aj cirkevné autority – sám pápež Ján Pavol II. napísal, že „... evolúcia už nie je len vedecká hypotéza“.

Najprv si položíme otázku, čo nám umožňuje Nernstovo „špehovanie“ Boha v jeho kreatívnej činnosti. Odpoveď je známa. Kresťanská filozofia – na rozdiel od ideológií viacerých iných veľkých náboženstiev – bazíruje na myšlienke, že Boh neriadi všetky procesy priamo a bezprostredne („ad hoc“), ale prostredníctvom svojich „nástrojov“, ktorými sú:

- a) fundamentálne prírodné zákony a
- b) malé podnety (tzv. sekundárne príčiny, ktoré moderná fyzika nazýva „fluktuácie“).

Lahko pochopíme, že len za tohto predpokladu má zmysel a môže existovať kvantitatívna veda, pretože tá je založená na existencii prísnej a presnej kauzality v prírodných procesoch. Tým kresťanstvo podstatne prispelo k formovaniu modernej kvantitatívnej prírodovedy, hlavne fyziky, ktorej základy položil hlboko veriaci vedec I. Newton a jeho nespočetní nasledovníci. My sa teraz pokúsime ukázať, ako môže takto kvantitatívne koncipovaná veda prispieť k vysvetleniu záhad evolúcie.



2. Evolučná rovnica – bifurkácia – samoorganizácia

Ústredným pojmom evolúcie je „zmena“. Tento základný pojem zvyčajne kvantifikujeme ako podiel zmeny príslušnej charakteristickej veľičiny y (dy) a časového intervalu (dt), za ktorý sa ona uskutočnila, t. j. ako dy/dt . (Čitateľ si ľahko domyslí, že tento podiel vyjadruje veľkosť zmeny za zvolenú jednotku času.) Takto vyjadrená zmena je funkciou celého radu činiteľov. Ak sa nám podarí tieto činitele kvantifikovať a skúmanú zmenu (t. j. dy/dt) pomocou nich vyjadriť, hovoríme, že sme našli „evolučnú rovnicu“. Všetko ostatné už závisí len od toho, či sa nám podarí takúto rovnicu aj vyriešiť.

Pokúsime sa teraz ilustrovat' naznačený postup na preskúmanie vzniku jednej z najdôležitejších nových „kvalít“ vo vývoji nášho vesmíru, a to vzniku hviezd z homogénnej „pralátky“, ktorú tvorili prevažne atómy vodíka (a trochu aj hélia) riedko rozložené v „mori žiarenia“. Vieme, že v ranom vesmíre pôsobili najmä dva činitele: rozpínanie vesmíru a gravitácia. Ak pod premennou „ y “ budeme rozumieť koncentráciu atómov vodíka, potom (za hodne zjednodušených podmienok) prideme k výsledku, že pravá strana príslušnej evolučnej rovnice má v ustálenom stave vyjadrenie

$$\frac{d}{dx} \frac{dy}{dx} + (A - H)y = 0 \quad (1)$$

kde x je priestorová súradnica, v smere ktorej skúmame zmeny v koncentrácii, prvý člen v rovnici sa nazýva „druhá derivácia“ a píše sa zvyčajne v tvare d^2y/dx^2 , A je číslo, ktoré v sebe zahŕňa gravitačnú konštantu, hmotnosť atómov vodíka a ešte aj iné charakteristiky a H je tzv. Hubblova konštantá, ktorá určuje rýchlosť rozpínania vesmíru. Tieto „čísla“ sa v čase menia tak, ako je to naznačené na obr. 1. Číslo A s časom vzrastá, konštantá H sa s časom znižuje. Uvidíme, že to, či vôbec vzniknú nejaké hviezdy (a teda život i my), závisí od toho, či sa vyznačené čiary niekde pretnú, alebo nie. Skúsme si preskúmať situáciu naľavo a napravo od tohto priesečníka.

V prvom prípade, t. j. tesne po „Big bangu“ je konštantá A omnoho menšia ako H , preto rovnicu (1) môžeme upraviť do približného tvaru

$$\frac{d^2y}{dx^2} = Hy \quad (2)$$

Aj nie príliš učené matematici vedia, že takejto rovnici vyhovuje riešenie v podobe tzv. exponenciálnej funkcie e^{ax} , ktorej priebeh je znázornený na obr. 2a. Vidíme, že za týchto podmienok sa prostredie síce trochu znehomogení, ale nijaká štruktúra v ňom nevznikne (obr. 2b).

V druhej oblasti (za priesečníkom je naopak číslo A väčšie ako H , preto rovnicu (1) možno napísať v tvare

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -Ay \quad (3)$$

Tu vidíme, že ako riešenie treba vybrať takú funkciu, ktorá dva razy derivovaná dá samu seba ale so záporným znamienkom. Matematika pozná také funkcie – sú to tzv. trigonometrické funkcie „sínus“ a „kosínus“. Ich priebeh je znázornený na obr. 3a. Tomuto zodpovedá rozvrstvenie atómov vodíka do pravidelných zhlukov (obr. 3b). Z nich sa ďalším pôsobením gravitácie vytvorili prvé hviezdy. Objavila sa tu teda „samoorganizácia“, ktorá vyprodukovala prvé hviezdy. „Bod“, v ktorom sa systém spontánne mení z neusporiadaného na usporiadaný, sa nazýva „bifurkačný bod“. Často sa to bilancuje tvrdením, že pôvodný systém stráca v bifurkačnom bode svoju stabilitu a tú získava nová kvalita.

Z týchto (veľmi zjednodušených) úvah vyplýva pre teológov (a samozrejme aj pre ostatných čitateľov) niekoľko zásadných poučení:

- a) Samoorganizácia je produktom vnútornej dynamiky systému a nepotrebuje (okrem zmeny podmienok v okolí) nijaký cielený zásah zvonku.
- b) Samoorganizácia však vyžaduje veľmi citlivo stanovené určujúce „konštanty“ (tzv. „fine tuning“).
V uvedenom príklade, napríklad pri inej hodnote gravitačnej konštanty, alebo hoci len aj málo inej hmotnosti častíc systému, prípadne pri inej rýchlosti rozpínania vesmíru, by sa krivky pre A a H vôbec nepretli, čo by malo za následok, že by hviezdy v našom vesmíre vôbec nevznikli.
- c) Vývoj sa odohráva sériou „bifurkácií“, pričom spektrum nových kvalít môže byť všeobecne veľmi pestré. S niektorými zaujímavými prípadmi sa v tomto texte ešte stretne. Systémy, v ktorých sú predpoklady na vznik určitých štruktúr, sa často nazývajú „disipatívne systémy“.
- d) Evolúcia vyžaduje permanentnú dynamiku, čiže trvalú prítomnosť „interakcií“ zodpovedných za ňu.

Veriaci človek si z uvedených tvrdení vyvodí záver, že postulát existencie Kreátora (podľa Einsteina „nekonečnej inteligencie“), ktorý to všetko na počiatku geniálne naprogramoval, je rozumný a zmysluplný, ako aj to, že *Kreátor musí byť imanentne spojený so svojím „stvorenstvom“, aby v ňom mohla evolúcia „fungovať“*. V takomto prístupe sa nám vlastne zjednocuje myšlienka „*creatio ex nihilo*“ (stvoreníe z ničoho) s myšlienkou „*creatio continua*“ (permanentné tvorenie), pričom niekedy sa k tomu pridáva ešte aj „*creatio ex amore*“ (stvoreníe z lásky), čím sa chce vyjadriť skutočnosť, že stvoreníe je darom Božej lásky.

3. Podmienky vzniku života

Po tom, čo sme povedali v predchádzajúcom odseku, sa nám určite celkom prirodzene vygeneruje otázka, či aj sám život nemôžeme chápať ako produkt veľkej série bifurkácií, teda ako produkt vývoja. Mohol by nás v tom utvrdiť aj výrok slávneho prírodovedca I. Prigogina, nositeľa Nobelovej ceny, ktorý napísal: „Zo zavedenia disipatívnych systémov a postupností nestabilít vyplýva, že hádam môžeme dúfať, že život je možné vyvodiť z prvých (rozumej fyzikálnych – pozn. autora) princípov.“ Ak by to tak bolo, potom by sme mohli tvrdiť, že spontánnou evolúciou sa časť mŕtvej hmoty oživila. Pokúsime sa pozrieť na tento problém trochu podrobnejšie.

Na to, aby sa niekde vo vesmíre mohol objaviť život ako produkt spontánnej evolúcie, bolo potrebné prekonať niekoľko bariér:

- a) vznik vhodných lokalít vo vesmíre,
- b) vznik chemických prvkov, najmä uhlíka,
- c) vznik organických látok,
- d) vznik prvotných zhlukov aminokyselín (koacervátov),
- e) vznik autokatalýzy,
- f) vznik genetického kódu.

Prvá bariéra sa týka vzniku hviezd a hviezdnych sústav. Presvedčili sme sa už o tom, že tento proces mohol v našom vesmíre spontánne prebehnúť, ak boli vhodne nastavené „riadiace konštanty“. Prvé hviezdy však obsahovali len vodík a hélium, čo by vznik života neumožnilo. *Vieme už, že bázou života môže byť len uhlík.* Zdá sa, že aj tu sa jasne preukázala „Prozreteľnosť“, vďaka ktorej boli prvé hviezdy dosť veľké na to, aby sa v ich vnútri vytvorila dostatočne vysoká teplota (niekoľko desiatok miliónov kelvinov) potrebná k tomu, aby sa v nich začal vodík „spaľovať“ najprv na hélium a potom aj na ostatné chemické prvky. Zjednodušene povedané: z troch héliových jadier sa vytvorilo jadro uhlíka, lenže pridaním ďalšieho jadra hélia sa tento uhlík mení na kyslík. Keby aj táto druhá syntéza prebiehala tak „ľahko“ ako prvá, všetok uhlík by sa stihol premeniť na kyslík a vo vesmíre by ho prakticky nebolo. „Prozreteľnosť“ však zariadila, že uvedené procesy prebiehali navzájom tak dobre koordinovane, že vo vesmíre zostal uhlík aj kyslík v potrebnom množstve.

Po vyhorení paliva v prvých hviezdach tieto vybuchli ako tzv. novy či supernovy, čím sa vnútri vyprodukované chemické prvky dostali v podobe plyno-prachovej hmoty do prázdnych priestorov vesmíru, kde (procesom opísaným už v úvode) vznikali nové slnká i planéty obsahujúce už aj základné „živiny“ potrebné pre život. Tak sa zdolala aj druhá bariéra.

Okolo možnosti prekonania tretej bariéry boli dlho ťažké polemiky, pretože sa akceptovala známa téza „*omnes vivum ex vivo*“ (všetko živé len zo živého), takže sa spontánny vznik organických látok tvoriacich bázu života z anorganických vylučoval. Zlom nastal až po tom, keď sa americkému biológovi Millerovi podarilo experimentálne ukázať, že v

dostatočne exponovanom médiu (prítomnosť elektrických výbojov, vysoké tlaky a pod.) sa môžu vytvoriť podmienky pre ďalšiu bifurkáciu, v tomto prípade na spontánnu premenu anorganických látok na organické.

Hodne úsilia sa venovalo aj prekonaniu štvrtej bariéry, čiže objasneniu samoorganizácie zbytkov aminokyselín voľne plávajúcich na vode do prvotných zhlukov, tzv. koacervátov. Dnes už vieme, že takýto proces vyžaduje dostatočne veľkú rozdielnosť hodnôt tzv. difúzných koeficientov zúčastnených látok a túto podmienku systém voda + veľké molekuly aminokyselín veľmi dobre spĺňa.

Jedným z najzaujímavejších ale prekvapujúco málo pertraktovaných fenoménov charakterizujúcich život je tzv. autokatalýza. Bez nej by život v dnešnej podobe nemohol existovať, ale jej vznik bol dosť dlho neobjasnený, preto naozaj možno hovoriť o bariére na ceste k oživeniu mŕtvej hmoty. S ohľadom na tieto skutočnosti sa budeme tomuto problému venovať v samostatnom článku.

4. Autokatalýza a jej produkty

Bez väčších problémov možno objasniť pojem „katalyzátor“. Dokonca ho možno veľmi ilustratívne osvetliť aj na – do určitej miery humornej – epizóde zo spoločenskej praxe. Ak chceme, aby sa čosi „pohlo“, použijeme často ako „agens“ napríklad fľašu drahého nápoja. Tú istú fľašu však môže použiť príjemca na urýchléné vybavenie svojej žiadosti. Ak sa po viacerých takýchto aktoch táto fľaša ocitne v rukách svojho pôvodného majiteľa (bez toho, aby sa otvorila), stáva sa pre nás dokonalým obrazom toho, čo chemici nazývajú katalyzátor. Je to látka, ktorá vstupuje do určitej reakcie a bez toho, aby sa pritom menila, celý proces urýchljuje.

Tak teda prebieha katalýza. Ukazuje sa však, že život vyžaduje pre svoje „fungovanie“ ešte čosi viac – nie katalýzu, ale tzv. autokatalýzu. V takomto procese je látka produkovaná pri určitej syntéze sama sebe katalyzátorom. Čím viac sa jej už vyrobilo, tým rýchlejšie sa uskutočňuje jej ďalšia syntéza. (Technici by konštatovali, že je tu potrebná tzv. pozitívna spätná väzba.) Sama chemická reakcia nič takého nemôže vyprodukovať a keďže život bez autokatalýzy nemôže existovať, vznikal tu na prvý pohľad neriešiteľný problém: ako sa mohla v evolúcii objaviť autokatalýza? Napokon sa však ukázalo, že riešenie problému tejto našej v poradí piatej bariéry je vcelku dosť prozaické – autokatalýza sa celkom prirodzene môže objaviť vtedy, keď paralelne prebieha väčší počet vzájomne previazaných chemických reakcií. Keď sa teda chemická báza v určitej lokalite nášho vesmíru stala už dostatočne komplexnou, celkom prirodzene sa v nej mohla objaviť aj autokatalýza. Takýto proces vieme v súčasnosti aj v laboratóriu bez problémov demonštrovať.

Autokatalýza, ako sa o tom presvedčíme, začala generovať niektoré nové zaujímavé fenomény. Skôr, ako ich preskúmame, musíme autoka-

talýze dať aj matematické vyjadrenie. Ak prírastok molekúl určitého typu (dN) za zvolenú jednotku času (dt) má byť tým väčší, čím viac ich už je, potom zrejme musí platiť rovnica

$$\frac{dN}{dt} = kN \quad (4)$$

kde k je určitá (kladná) konštanta. (Pripomeňme, že pre prirodzený rozpad látky platí spravidla rovnaká rovnica, len príslušná konštanta úmery je záporná.)

Teraz sme už pripravení objasniť bifurkácie, ktoré vďaka autokatalýze podmieňujú vznik nových zaujímavých kvalít.

4.1 Časové oscilácie

Veźmeme si ako príklad dve jednoduché chemické reakcie, v ktorých sa z nejakej suroviny autokatalyticky syntetizuje látka I (počet jej molekúl nech je N_1) a z nej tiež autokatalyticky látka II (s počtom N_2), pričom tento produkt sa môže aj spontánne rozpadáť. Každý chemik nám potvrdí, že evolučné rovnice takýchto procesov majú tvar

$$\frac{dN_1}{dt} = a_1 N_1 - b N_1 N_2 \quad (5)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = b N_1 N_2 - a_2 N_2 \quad (6)$$

v ktorých a_1 , a_2 , b sú charakteristické konštanty. Priamou nenáročnou analýzou týchto rovníc (alebo aj jednoduchým dosadzovaním pomocou malého počítača) ľahko dokážeme, že tieto rovnice majú „oscilatorické“ riešenie, t.j. počty molekúl príslušných látok sa v čase periodicky menia. Keď sa teda v systéme objaví autokatalýza, dôjde v ňom k bifurkácii predstavujúcej vznik novej kvality, ktorou je v tomto prípade oscilácia. Tak vieme pochopiť, prečo niektoré základné biologické procesy, napr. glykolýza, fotosyntéza a i. prebiehajú v oscilatorickom režime. Do tejto kategórie patria aj napr. mozgové „biorytmy“, srdcové pulzy a iné významné periodické biologické procesy.

4.2 Priestorové štruktúry

Ešte významnejším fenoménom ako oscilácia je v súvislosti so životom vznik priestorových štruktúr. V anorganickom svete sme sa s ním už stretli, a to v súvislosti so vznikom hviezd a neskôr aj v súvislosti so vznikom koacervátov. Pre biologickú ríšu má tento fenomén význam hlavne v tom, že objasňuje vznik bunkovej štruktúry a tvorí základ tzv. morfogenézy (t.j. vzniku tvarov) ako aj tzv. kompartmentizácie, t.j. dis-

tribúcie jednotlivých funkcií do špeciálnych oddelení. Uplatňuje sa aj pri vysvetľovaní vzniku mozaikového sfarbenia živočíchov a dokonca aj pri objasňovaní podivuhodného správania sa niektorých organizmov (napr. nezmara).

Univerzálnym predpokladom vzniku bifurkácie s následnou štrukturalizáciou pôvodne homogénneho systému je prítomnosť tzv. difúzie, čiže presunu látky z miest s vyššou koncentráciou do miest s jej nižšou koncentráciou. Matematicky sa to prejaví pridaním člena $D \frac{d^2y}{dx^2}$, kde D je tzv. koeficient difúzie, do rovníc (5) a (6). Skutočne, keby sme napríklad v rovnici (5) ponechali na pravej strane len prvý člen, pridali k nemu difúzny člen a zaujímali by sme sa len o ustálený stav (keď $dN/dt = 0$), dostali by sme rovnicu

$$\frac{d^2y}{dx^2} = - \frac{a_1}{D} y \quad (7)$$

čo je presne tvar (3), z ktorého nám vyšla štrukturalizácia vo vesmíre. (Podmienka je, aby a_1 bolo kladné, t.j. aby v systéme fungovala autokatalýza.)

Vidíme, že objasnenie vzniku priestorovo diferencovaného sveta, a to tak v anorganickej ako aj v biologickej ríši, nie je už pre súčasnú vedu neriešiteľným problémom.

4.3 Selekcia

Špecifikom živého sveta je selekcia. Bežne sa s ňou stretávame na úrovni druhov, kde sa to uskutočňuje (podľa Darwina) prirodzeným výberom. Ukazuje sa však, že takáto selekcia nám nijako neprispieva k riešeniu problému vzniku života, pretože ona prebieha len na úrovni už veľmi rozvinutých druhov. Ak chceme pochopiť, ako mohol vzniknúť život v mŕtvej hmote a to relatívne v neveriteľne krátkom čase, musíme predpokladať, že selekcia musí prebiehať už na molekulárnej úrovni. Ako si však možno predstaviť „boj“ molekúl o svoje „prežitie“? Ukážeme si, že aj tento problém nám pomôže vyriešiť predpoklad o autokatalýze.

Nech sa pre jednoduchosť autokatalyticky syntetizujú z nejakej suroviny len dve látky, pričom obidve sa môžu spontánne aj rozpadáť. Ich evolučné rovnice majú zrejme tvar

$$\frac{dN_1}{dt} = a_1 N_0 N_1 - b_1 N_1 = (a_1 N_0 - b_1) N_1 \quad (8)$$

$$- 16 - \quad \frac{dN_2}{dt} = a_2 N_0 N_2 - b_2 N_2 = (a_2 N_0 - b_2) N_2 \quad (9)$$

kde N_0 je počet molekúl suroviny. Ak jej prísun je nejaký limitovaný, napríklad tak, že za každú časovú jednotku sa prisunie J týchto molekúl, potom evolučnú rovnicu pre molekuly suroviny možno zrejme napísať v tvare

$$\frac{dN_0}{dt} = J - (a_1N_1 + a_2N_2)N_0 \quad (10)$$

Lahko nahliadneme, že v ustálenom stave môžu existovať len dve situácie: buď je $N_1 = 0$ a $N_2 \neq 0$, alebo naopak $N_2 = 0$ a $N_1 \neq 0$. V ustálenom stave môže teda systém opísaný rovnicami (8), (9) a (10) produkovať len jednu látku z dvoch možných. Ktorú? To závisí od okolností definovaných príslušnými konštantami. Trošku náročnejším postupom možno dokázať, že ak prvé z možných riešení je „stabilné“, druhé je automaticky „nestabilné“ a naopak. V praxi sa realizuje to, ktoré je stabilné. Systém si teda vyberá na základe stanovených podmienok jednu z dvoch možností, a to nie preto, že tak „chce“, ale preto, že tak urobiť „musí“, pretože si to vynucuje jeho dynamika prebiehajúca v konkrétnych podmienkach. Tak sme dokázali (samozrejme len na jednom veľmi jednoduchom príklade), že už aj molekulárny systém si „vyberá“ optimálny variant. Tento záver však platí úplne všeobecne.

5. Génové informácie

Poslednou z bariér, ktorú musel „život“ na svojej vývojovej ceste prekonať, bolo objavenie sa genetického kódu, t.j. určitého „ústrojenstva“, ktoré uchováva a poskytuje všetky informácie potrebné k stavbe nového jedinca. Niekedy sa dokonca tvrdí, že „gén“ musel byť vytvorený na samom začiatku éry života, pretože všetko živé používa v súčasnosti rovnaký génový systém. Zrejme to však nie je pravda. Známy nemecký biológ M. Eigen ukázal, že určitý primitívny génový informačný systém sa objavil na úrovni tzv. hypercyklov, t.j. určitých zoskupení biomolekúl vytvárajúcich uzavreté reťazce. V nich už boli zakódované určité inštrukcie na výmenu, čiže príjem a vypudzovanie určitých látok, na rast reťazcov a pod., ale tieto informácie holi rozložené na celý reťazec. Potom sa však nám zatiaľ neznámym spôsobom a z neznámych príčin vytvoril mechanizmus, v ktorom sa všetky potrebné informácie skoncentrovali na jedno miesto a vhodnými transportérmi sa prenášali do miest vlastného rastu organizmu. Tento informačný systém (založený na kyselinách DNA a RNA) sa ukázal ako konkurencie najschopnejší a pretrval doteraz.

Na tejto úrovni končia snahy prírodovedcov objasniť vznik života a jeho vývoj. To, čo sa v biologickej ríši odohralo neskôr, keď sa v nej objavila sebareflexia, myslenie, slobodná vôľa atď., skrátka duchovný svet, sa už vymyká možnostiam prírodovedy a patrí do sféry ľudských vied a najmä teológie.

6. Sekundárne príčiny

Zostáva nám ešte sa trochu pristaviť aj pri druhom type Božích „nástrojov“, ktoré teológovia nazývajú „sekundárne príčiny“. Videli sme, že fundamentálne prírodné zákony vložené Bohom do základov nášho sveta nám umožňujú pochopiť, prečo sa odohráva vývoj, ako aj to, ako tieto zákony svojou kvantitou determinujú aj produkty tejto evolúcie. Môžeme si však položiť aj otázku, či nám tieto zákony poskytujú uspokojivé odpovede na všetky zvedavé otázky súvisiace s vývojom. Explícitne možno spomenúť napríklad tieto:

- a) *Ako môže niekoľko málo deterministických zákonov vyprodukovať takú obrovskú pestrosť produktov evolúcie? Vieme, že okrem základných (elementárnych) častíc nič v tomto svete nemá duplicitu či dokonca celé série absolútne identických produktov. (Na celom svete nenájdeme ani len dve úplne rovnaké snehové vločky, každý živý tvor má svoje špecifické znaky a každý človek je autonómna individualita.)*
- b) *Ako vlastne môže Boh komunikovať s človekom, keď v podstate pri každej prosbe človek žiada, aby Boh narušil platnosť univerzálnych zákonov, ktoré sám ustanovil?*
- c) *Ako je to s problémom dobra a zla? Sú tieto fenomény „apriórne“ Bohom ustanovené, alebo sú tiež produktom evolúcie?*

Najjednoduchšia odpoveď na tieto (a aj na všetky ostatné) by mohla byť: Boh je všemohúci a vševediaci, preto pre Neho nič nie je problémom a všetko môže riešiť spôsobom, ktorý človek kvalifikuje ako zázrak. Je nepochybné, že zázraky sa diali a dejú, ale pravdou je aj to, že ich nebýva až tak veľa a že mnoho z nich vieme aj prirodzene vysvetliť. Zdá sa, že tak by to mohlo byť aj so spomínanými otázkami.

„Mostíkom“ pre hľadanie uspokojivých odpovedí na tieto otázky by mohla byť tzv. chaotická dynamika, pre ktorú Boh prozreteľne vytvoril podmienky. Jej podstatou je to, že často aj malý podnet je schopný vyprodukovať veľké následky. Poznáme to všetci veľmi dobre aj z vlastnej skúsenosti. Moderná veda však priniesla do tejto problematiky niekoľko nových a prekvapujúcich informácií. Zistilo sa, že primerane zložené systémy sa pri svojom vývoji môžu „prehupnúť“ cez zaujímavý bifurkačný bod, za ktorým nasleduje prekvapujúca nová kvalita – chaotický režim. Zdalo by sa, že je to v rozpore s tým, čo sme doteraz tvrdili, pretože prechod do „chaotického“ stavu značí – aspoň na prvý pohľad – prechod z usporiadaného do menej usporiadaného stavu. Ale nie je to tak – nie je totiž chaos ako chaos. Ten, o ktorom teraz hovoríme, má svoje zákonitosti, nazýva sa deterministický chaos a s obyčajným chaosom (čiže „neporiadkom“) má spoločné len to, že vývoj systému sa za jeho prítomnosti stáva nepredikovateľným. Podstata tohto chaosu spočíva v tom, že vývoj systému začne byť závislý od nepatrných podnetov (tzv. fluktuácií), ktoré za iných okolností nemajú absolútne nijaký význam.

Veľmi výstižne charakterizuje tento fenomén tzv. efekt motýľích krídel: stačí, keď nad oceánom zamáva motýlik krídelkom a zmení sa počasie v celej Európe. Za normálnych okolností ani celé miriády motýlikov nezmenia počasie, ale v exponovaných situáciách (za bifurkačným bodom) stačí na to aj jeden. Samozrejme, slovo „motýlik“ je tu metafora na nespočetné množstvo rozličných fluktuácií. Práve tieto fluktuácie môžu hrať rolu oných „sekundárnych príčin“, ktorých podstata bola dlho nejasná. Nazdávame sa, že práve tie môže Boh využívať na ovplyvňovanie priebehu makroprocesov bez toho, aby musel (skrz zázraky) narúšať platnosť univerzálnych prírodných zákonov. Tie môžu celkom prirodzene zabezpečiť spomínanú obrovskú variabilitu produktov evolúcie, pomocou nich môže vyslyšovať prosby prosebníkov a ľahko by sme došli k presvedčeniu, že tento fenomén pomáha riešiť aj ťažký problém existencie zla. Predvídal to už slávny Teilhard de Chardin, keď napísal: „Ak existuje jediný spôsob, akým Boh tvorí, totiž evolučný, potom je zlo nevyhnutným sprievodným javom“.

7. Záver

Naším cieľom bolo upozorniť na viaceré aj matematicky doložené príklady svedčiace o tom, že náš svet bol kreovaný evolučne. Ak sa mnohým ešte zdá, že tvorenie „kreáciou ad hoc“ je dôstojnejšie všemohúceho a vševedúceho Boha, ako kreácia evolúciou, potom by si mali uvedomiť, že výsledky modernej vedy nielen že dokazujú to, že Boh dal prednosť druhej alternatíve, ale že súčasne svedčia aj o tom, že táto „technológia“ je nespochybniteľným dokladom o – povedané Einsteinovými slovami – nekonečnej inteligencii Tvorcu nášho vesmíru.

Literatúra

- [1] Evolution and Creation. Ed. By S. Andersen and A. Peacocke. Arhus University Press, Arhus 1987.
- [2] Krempaský, J.: Evolúcia vesmíru a prírodné vedy. SPN, Bratislava 1992.
- [3] Krempaský, J. a kol.: Kresťanstvo a fyzika. Spolok sv. Vojtecha, Trnava 1999.
- [4] Prigogine, I.: Termodynamika života. Čs. čas. fyz. A 23 (1973), 345.
- [5] Segal, J.: Je život záhadou? Academia, Praha 1989.