

VZÁCNÁ ZEMĚ

Tato dvě slova je třeba rozšířit podtitulem: jedná se o úvahu, proč komplexní život, jehož jsou lidské bytosti součástí, pozorujeme zatím jenom na Zemi. Ano, problém je jasný: život v podobě vyšších rostlin a živočichů se vyskytuje pouze na naší planetě – pokud víme. A zdá se, že mimo naši Zemi mnoho šancí na existenci nemá, přinejmenším ve sluneční soustavě.

Navíc se v poslední době ukazuje stále zřetelněji, že ani Země *není trvale* ideálním místem pro život. To jsou závažné problémy, které je třeba diskutovat podrobněji, už také proto, že právě nyní se objevují překvapivé souvislosti či důsledky jevů, o nichž jsme ještě nedávno neměli ani tušení.

Začněme malou inventurou planetární soustavy. Nahlédneme-li do kterékoli učebnice astronomie, dozvíme se, že v naší sluneční soustavě existují dvě rozdílné skupiny planet. První skupinu tvoří planety podobající se naší Zemi. Ostatně – Zemi považujeme za jejich hlavního představitele, proto je nazýváme *terestrickými* – „Zemi podobnými“ planetami. Kromě Země k nim patří Venuše, Merkur, Mars, a podle mnohých i Měsíc, i když ten je podle školských pouček „pouhým satelitem“. Jsou to tělesa srovnatelná svou velikostí s naší Zemí, některá také s atmosférou. Všechna pak mají pevný povrch, a na Zemi se i v současnosti vyskytují rozsáhlé vodní oceány. Důležité je, že terestrické planety jsou tvořeny horninami, které obsahují převážně prvky a sloučeniny železa, křemíku, hořčíku, hliníku a vápníku. Všechny terestrické planety najdeme ve vnitřních částech sluneční soustavy.

Druhou skupinu planet tvoří tělesa zcela jiných parametrů: jsou o jeden řád větší než terestrické planety, a jedná se převážně o plynné objekty. Nazýváme je planety *obří* nebo Jupiterova typu, protože právě Jupiter je největší z nich. Jupiter, Saturn, Uran a Neptun jsou nepochybně zcela jiné světy než naše planeta Země. Přímému pozorování jsou dostupné jen horní části jejich bezedných atmosfér. Je tam plno vířivého pohybu, turbulence, vanou tam silné větry. Kromě vodíku a hélia – dvou nejhojnějších prvků ve vesmíru – najdeme v atmosférách obřích planet i nevelké množství sloučenin tvořených kromě vodíku také kyslíkem, uhlíkem a dusíkem. Všechny obří planety se nacházejí až za drahou Marsu.

Pro úplnost dodejme, že ve vnějších oblastech naší planetární soustavy se setkáme i s malými ledovými tělesy – většinou to jsou družice obřích planet nebo planetky obíhající kolem Slunce za drahou Neptunu. Patří mezi ně i Pluto.

V turbulentních atmosférách obřích planet nemůžeme očekávat žádný život. Aniž bychom rozvažovali nad teplotními podmínkami, zdroji energie či přítomností vody, vidíme, že je tu pramálo klidu. A život ke svému vzniku a vývoji vyžaduje – jak víme alespoň z případu naší Země – poměrně *dlouhá období stabilních klimatických podmínek*. Na naší Zemi se taková dlouhá období, kdy byly podmínky příznivé pro vznik a vývoj života, nepochybně vyskytovala, i když zřejmě jen díky mnoha náhodám.

Připomeňme si fakta: Země jako planeta vznikla před 4,6 miliardy let. Brzy poté, co skončilo období intenzivního bombardování povrchu zbytky těles, která posloužila jako stavební materiál pro planety, teplota roztaveného povrchu se snížila na únosnou míru a na Zemi se utvořily první jednoduché mikroorganismy. To bylo před asi 3,8 miliardy roků. Od té doby nebyl život na Zemi nikdy zcela zničen.

Po celou téměř čtyři miliardy dlouhou dosavadní historii naší planety tu bylo relativně stabilní klima. Voda se vždy nacházela v tekutém stavu, i když přinejmenším dvakrát se celá Země nakrátko proměnila ve velkou „sněhovou kouli“. To se stalo před asi dvěma a půl miliardami let a v době před 700 až 800 miliony roků. Led tehdy pokrýval Zemi od pólu k pólu, tekutá voda s živými mikroorganismy se uchovala jen pod tlustou ledovou příkrývkou.

Uvedme si ještě jeden důležitý fakt: Země se po celou svou dosavadní historii srážela s cizími tělesy. Nejznámější je *střet s malou planetkou* před 65 miliony roků, který vedl

k vyhubení dinosaurů a řady dalších živočišných a rostlinných druhů. Známe ovšem i jiné případy hromadných vyhynutí značného množství rostlin a živočichů, i když ne všechna byla vyvolána impaktem, tedy srážkou planetky či jádra komety se Zemí. V každém případě byla míra takových srážek se Zemí „rozumná“: jednoduše řečeno, impakty ani v minulosti nebyly natolik časté, aby zcela zničily jednoduchý život na naší planetě.

Faktem, který zcela určitě nikdo nepopře, je přítomnost rozvinutého života na Zemi. Nebo života komplexního – chcete-li – života mnohobuněčného, rostlinného i živočišného. O tom, za jakých podmínek živý organismus může existovat, máme každý jakési podvědomé představy. Jenže za posledních několik desetiletí se představy biologů o podmínkách vhodných pro život prudce proměnily. Počátkem 70. let minulého století mikrobiolog Thomas Brock poprvé zaznamenal jednoduché mikroorganismy v horkých gejzírech Yellowstonekého národního parku. Přežívají ve vodě zahřáté na 80 stupňů Celsia, takže záhy se jim začalo říkat *termofilní mikroorganismy*.

Objevy podobných mikroorganismů, které se nyní označují jako *extremofilní*, nedaly na sebe dlouho čekat. Najdeme je například u podmořského dna, v hloubkách několika kilometrů, nedaleko tzv. hydrotermálních prúdů. Zde horká voda s rozpuštěnými minerály vyvěrá ze dna oceánu. A tady přežívají celé kolonie extremofilních mikroorganismů. Jsou tu zcela bez slunečního světla, za vysokého tlaku a ve vodě teplé až 110 stupňů Celsia. energii čerpají z rozpadajících se chemických sloučenin, například sirovodíku a metanu.

Nyní známe mikroorganismy, které přežívají i při závrtně vysokých tlacích, tisíckrát větších než je běžný pozemský, mohou též existovat ve zcela kyselém i zásaditém prostředí od faktoru pH rovnajícího se nule až po dvanáct. Některé extremofilní mikroorganismy najdeme v silně radioaktivním prostředí, kde vydrží neuvěřitelně vysoké dávky ozáření.

Živé organismy nalézáme na Zemi, často díky vyspělé technice, na zcela neobvyklých místech. Jistě – jde o to nejjednodušší, co ještě můžeme označit jako „živý organismus“, například bakterie, nicméně výzkum právě těchto forem života je pro nás důležitý: naznačuje totiž cesty, po jakých se kdysi mohl ubírat život na Zemi, a jak možná vypadá i v současnosti na některém z těles naší sluneční soustavy.

Jaké vlastně máme šance na nalezení byť jen nejjednoduššího života mimo naši Zemi? Naděje velké nejsou, ale také určitě nejsou nulové. Nejnadějnější je bezesporu Mars. Na povrchu této planety jsou četné stopy po proudící vodě. A to nejenom té vodě, která zde byla zřejmě už dávno a pak zmizela. Na Marsu kamery kosmických sond nacházejí koryta a stružky, kde voda a bahno s pískem muselo proudit docela nedávno, možná doslova *nyní*. V současném chladném podnebí a při nepatrné hustotě atmosféry voda sice rychle sublimuje a vytrácí se, ale to nevylučuje, že někde na tomto světě přece jen najdeme jednoduché, extremofilní mikroorganismy.

Podobnou naději máme i v případě jedné z Jupiterových družic – Europy. Je to ledová družice. Její povrch je pokryt ledovými krami, všelijak nakupenými, posunutými a rozlámanými. Pod několikakilometrovou vrstvou ledu je slaný oceán, to nepřímo prozrazují měření magnetického pole družice. Víme také, že teplo k roztavení ledu dodává Jupiter, který svým slapovým působením družici mírně deformuje a tak ji zahřívá. Zatím ovšem není jasné, zda to vše stačí k tomu, aby pod vrstvou ledu, kdesi hluboko v oceánu existovaly mikroorganismy podobně jako v pozemských mořích.

Abychom si dokázali odpovědět na otázku, nakolik je Země unikátní ve vztahu k životu, zda byla a zůstane trvale „nejlepším místem pro život“, jak si často myslíme, musíme se obrátit zpátky do minulosti. Jak naše planetární soustava vznikla? A jak se měnila až do současnosti?

Téměř před pěti miliardami let se jedna část gigantické mlhoviny z plynu a prachu začala smršťovat. Podnět k tomu dal zřejmě výbuch blízké supernovy. Zprvu neforemná mlhovina

se proměnila v tlustý, stále rychleji rotující disk. V samém centru bylo látky nejvíce – tady se utvoří budoucí Slunce. V poměrně horkých středových částech zárodečné mlhoviny se zprvu všechny prachové částičky vypařily. Pak ale, když v zárodečné mlhovině postupně klesala teplota, začala se v ní znovu objevovat prachová zrna. Opětná kondenzace – přeměna chladnoucího plynu v pevnou látku – však probíhala v jednotlivých částech disku odlišně. Blíže ke středu mlhoviny, kde byla teplota určitě vyšší než v okrajových částech, se mohla tvořit jen zrnka prachu obsahující atomy a molekuly železa, křemíku, hliníku či hořčíku. Dál k okraji už byly příhodné podmínky i pro vznik pevných částic z těkavějších látek – například uhlíku, kyslíku, sodíku či vodíku.

Zárodečná mlhovina byla zpočátku tvořena plynem a prachem, ať již původním mezihvězdným, nebo znovu zkondenzovaným. Prachová zrna rychle klesala po spirálovitě stočených drahách do centrální roviny, kolmé k rotační ose mlhoviny. Přitom docházelo k nesčíslnému množství těsných přiblížení a srážek. Tyto procesy někdy vedly k rozbití původních těles, jindy k jejich spojení, avšak nakonec spojování převládlo nad tříštěním. Vše probíhalo dosti rychle, už za pár tisíc let zrna narostla do centimetrových rozměrů.

Tenká prachová vrstva z drobných zrn se sice hned rozpadla do místních shluků, ty ale s časem rostly a houstly. To už byly pravé zárodky planet nebo jejich družic, a bylo jich mnohem více než je dnes známých planet, družic i planetek dohromady. Zárodky v několika etapách narůstaly až do kilometrových rozměrů. Pak se jejich malá část gravitací spojila do těles až deset tisíc kilometrů velkých, což odpovídá rozměrům dnešní Země či Venuše.

Z pevných částic se velmi rychle vytvořila zejména jádra obřích planet. Dorostla do větších rozměrů než má Země a tak byla schopna na sebe rychle nabírat plyn, který se v zárodečné mlhovině stále ještě nacházel v dostatečném množství. Například Jupiter se zformoval už několik desítek milionů roků poté, co se mlhovina začala smršťovat, a to je přece velmi krátká doba! Země a ostatní terestrické planety se do svých dnešních velikostí dostaly o něco později.

Když Slunce existovalo již asi 50 milionů roků a do současnosti zbývalo bezmála 4,6 miliardy let, byly planety zhruba ve stejných pozicích jako dnes, a také jejich velikosti se blížily současným. Tehdy se naše Země srazila s tělesem velikosti dnešního Marsu. Byla to tečná kolize, na kosmické poměry nevelkou rychlostí asi 10 kilometrů za sekundu, tedy srážka, k jakým v tomto závěrečném období formování planet nutně muselo docházet. Těleso-projektil se zcela roztavilo a spolu s ním i část zemského pláště. Při této gigantické explozi byly do okolí Země vymrštěny zbytky původního tělesa i materiál tvořící zemský plášť. Kolem Země se načas utvořil rozsáhlý disk, z něhož se pak v poměrně krátké době zformoval náš *Měsíc*.

I potom docházelo ke nesčetným střetům drobných zbytků s planetami a jejich družicemi, i když žádný z nich již nebyl tak mohutný jako ten, jenž vedl ke vzniku Měsíce. Po celou půlmiliardu roků trvalo toto silné bombardování. Všechna větší pevná tělesa se roztavila. Původní zárodečná látka byla víceméně stejnorodá, ale takto se nyní působením tíže rozčlenila podle hustoty. Každá z terestrických planet získala jádro, plášť a kůru. Intenzivní bombardování vyvrcholilo před čtyřmi miliardami let. Pak se již planety měnily převážně působením vnitřních sil – u řady těles to byl například čedičový vulkanismus.

Sluneční soustava se v té době již téměř zcela vyčistila. Pevné částice zanikly pádem na Slunce po spirálovitých drahách nebo dopadem na planety a jejich družice. Plyn byl odstraněn jinak: vytlačil jej mohutný sluneční vítr. Působením slunečního větru ztratily terestrické planety, které jsou Slunci nejbližší, zbytky původních atmosfér. Vzdálenější obří planety si ovšem již předtím zachytily dostatečná množství vodíku a hélia, a tak jejich atmosféry zůstaly zachovány v původní podobě.

Připomeňme si, že se v průběhu oněch čtyř miliard let měnilo i Slunce. Je to důležitý poznatek. Konkrétně: postupně se zvyšoval zářivý výkon Slunce. Označíme-li současný sluneční výkon za stoprocentní, před čtyřmi miliardami let byl pouze 70procentní. Je to důsledek hvězdného vývoje – zářivý výkon hvězd totiž s časem stále narůstá.

Takové jsou v hrubých rysech naše současné představy o vzniku Slunce, Země i dalších planet. Zcela přirozeně se takto daří vysvětlit například rozdíly mezi terestrickými a obřimi planetami. Nicméně – mnohá fakta a souvislosti doposud nejsou uspokojivě vysvětleny.

Kupříkladu: proměnila se nějak výrazně sluneční soustava od dob svého vzniku? Myslíme tím: obíhají planety i další tělesa kolem Slunce v těch místech, kde se na začátku zrodila? Je naše sluneční soustava jakýmsi dokonalým planetárním strojem, který se nepokazí a vše udržuje přesně v takovém stavu, jako tomu bylo před téměř pěti miliardami let?

Numerické výpočty naznačují, že i několik miliard roků před současností se planety nacházely zhruba na stejných místech jako nyní. Neplatí to ale pro menší tělesa – *planetky*: ta mohou měnit svá místa ve sluneční soustavě. V časové škále desítek a stovek milionů roků se jejich trajektorie mění, jak je gravitačně ovlivňují relativně velké planety.

Stabilní poloha planet ve sluneční soustavě je určitě velmi důležitá, když se zajímáme o rozvoj života na některé z nich. Snadno si dovedeme představit, jak rychle by se měnilo klima na Zemi, kdyby naše planeta obíhala po výstředné a navíc často se měnící dráze. Dráhy Jupiteru a Saturnu jsou stabilní, ale jak dnes víme, je to jen jedna z mnoha možných situací. Kdyby Jupiter a Saturn byly o trochu hmotnější než jsou nyní, kdyby byly blíže k sobě nebo kdyby existovala třetí podobně velká planeta jako tyto dvě, byla by celá naše planetární soustava nestabilní. Máme tedy štěstí...

Jupiter hraje v naší sluneční soustavě ještě jednu vysoce důležitou roli: nachází se vně pásu terestrických planet, a tak je schopen vychytávat, vychylovat či jinak zamezit častému střetu Země s malými tělesy – planetkami o průměru řekněme 10 kilometrů. Takové se nyní srážejí se Zemí v průměru jednou za 100 milionů roků – viz třeba poslední srážka na rozhraní geologických období křídly a terciéru před 65 miliony roků. Kdyby Jupiteru nebylo, byly by kolize 10 000krát četnější, tedy jednou za 10 000 roků. Uznejte – srážky každých 10 000 roků namísto 100 milionů by zcela určitě ničily všechny složitější formy života hned v zárodku. Země by mohla být domovem jen pro bakterie, řasy nebo sinice.

Při úvahách o tom, jaká je naše sluneční soustava, jak vznikla a pak se vyvíjela, se určitě musíme dříve či později zeptat: je tomu tak u *všech* planetárních soustav? Vždyť ta naše určitě není jedinou! Donedávna (asi tak před deseti lety) bychom mohli jen pokrčit rameny. Znali jsme pouze tu naši soustavu – a tak dělejte nějakou statistiku z jednoho jediného případu!

Situace se ale změnila. Začátkem roku 2006 bylo známo již na 180 cizích planet (nebo jak říkáme *exoplanet*), obíhajících kolem 150 hvězd, a tento počet se rychle zvětšuje. Některé se zřejmě podobají té naší, existují však i závažné rozdíly. Například známe mnohé soustavy, kde jsou obří planety doslova přilepené k mateřské hvězdě. Běžně se jim říká „horcí Jupiteři“. Planeta je natolik blízko u hvězdy, že se její povrch – nejspíš ovšem plynná atmosféra – musí rozechřívát na vysokou teplotu jednoho tisíce stupňů Celsia. To zatím plně nezapadá do našich představ o utváření planet – v naší sluneční soustavě jsou velké planety od Slunce mnohem dál.

Známe i jiné „exoJupitery“: jsou to tělesa s velice protáhlými drahami, které spíše připomínají trajektorie krátkoperiodických komet. To nikdo nečekal. Podle klasické teorie se totiž zárodky budoucích planet vlivem četných srážek dostanou nakonec na téměř dokonale kruhové dráhy.

S objevem mnoha rozmanitých cizích planetárních soustav tedy nutně přicházejí i docela závažné otázky, týkající se sluneční soustavy, Země i naší přítomnosti na této planetě. Na-

příklad: mohou planety poté, co se utvoří, výrazně měnit své místo v planetární soustavě? Mohou migrovat? Ve sluneční soustavě, pokud víme, to prakticky možné není. Je z tohoto pohledu naše soustava výjimečná?

Pak se ještě jednou zamysleme nad rolí obřích planet ve vztahu k takovým tělesům, jako je naše Země: musí být obří planety, kupříkladu Jupiter, již od počátku na stabilní kruhové dráze dost daleko od Slunce, aby uvnitř planetární soustavy zbylo dost prostoru pro planety jako je Země? Za jakých okolností ochrání obří planeta menší tělesa uvnitř své trajektorie před četnými střety s drobnými projektily, nicméně schopnými poničit vše živé v celoplanetárním rozměru?

Kdybychom cizí planetární soustavy neznali, možná bychom si takové otázky ani nepři-pouštěli. Teď se však musíme ptát: *není naše existence ve vesmíru pouhou náhodou?* Čím to, že život na Zemi nejen vznikl, ale také se zde udržoval po dlouhé miliardy roků, aby se nakonec velmi rychle, doslova explozivně rozvinul až do současné složité podoby?

Hledáme-li odpověď na tuto nelehkou otázku, připomíná to odkrývání zvláštní mozaiky s mnoha prázdnými místy. Ta se sice v poslední době rychle zaplňují, ale s každou novou odpovědí se celá mozaika také proměňuje. Je to téměř nekonečný řetězec „proč?“ a „proto“, který nám často naznačuje nečekané souvislosti a dává tak mnoho příležitostí k zamyšlení.

Přemýšlejme například nad tím, kde jsou tzv. *mrtvé zóny* ve vesmíru. Jinak řečeno: kde a kdy žádný život nevznikne? Co vyplývá z astrofyzikálních poznatků o stavbě vesmíru, galaxií, ale také o vývoji hvězd? Předně: život v jakékoli podobě je nemyslitelný v raném vesmíru, krátce po velkém třesku. Jednoduše proto, že tehdy byl vesmír jen z vodíku a malé příměsi helia. Všechny těžší prvky, potřebné k vytvoření planet jako je naše Země, a pak samozřejmě i živých organismů, vznikají teprve termonukleárními reakcemi v nitrech hvězd. Některé hvězdy na konci svého vývoje vybuchují jako supernovy, a tímto způsobem se těžší prvky dostávají zpátky do mezihvězdného prostoru. Promíchají se s původním materiálem a poslouží ke vzniku hvězd a planet další generace.

Všude, kde nacházíme hvězdy pouze z prvních generací, je prvků těžších než vodík a helium málo. Kolem těchto hvězd tedy nemohou obíhat terestrické planety, ale nanejvýš tělesa Jupiterova typu. Právě proto musí být mrtvými zónami například eliptické galaxie, či malé galaxie, a v té naší hvězdné soustavě třeba kulové hvězdokupy.

V centrech galaxií je mnohem vyšší hustota hvězd než třeba v okolí Slunce. Výbuchy velmi blízkých supernov dokáží sterilizovat vše živé v jediném okamžiku. Ve středových oblastech galaxií je zkrátka příliš mnoho energie v malém prostoru. Naopak na okraji galaxie je hvězd málo, tady zřídka dojde k výbuchu supernovy, a proto je zde málo těžších prvků, podobně jako v počátcích vesmíru.

Víme už, že v planetárních soustavách s „horkými Jupitery“ – tedy s hmotnými planetami, které jsou příliš blízko u hvězdy – nemohou existovat planety zemského typu, obíhající po stabilních drahách. Není tam pro ně dost místa. Ale také obří planety na výstředných drahách jsou překážkou v rozvoji života: v takové planetární soustavě žádné těleso neobíhá po stálé dráze, na žádném z nich nejsou stabilní klimatické podmínky.

Čím přispěl k úvahám o udržení života na naší planetě geologický průzkum Země? Zejména tím, že rozpoznal klíčový význam jevu zvaného *desková tektonika*. Tak označujeme neustálý, byť pomalý pohyb bloků kůry po svrchním plastickém plášti zeměkoule. Bloky – jakési kontinenty – se na řadě míst srážejí, v místech střetů se tvoří horstva, jeden blok se podsouvá pod druhý. Jinde se zase kůra rozestupuje.

Díky deskové tektonice se tvoří kontinentální kůra, poněkud lehčí než oceánská. Vyčnívá nad hladinu oceánů, a tak se na ní mohl uchytit a rozvíjet složitější život. Ale především: tento proces funguje jako celoplanetární termostat. To je třeba vysvětlit. Jak už víme, na počátku vývoje planetární soustavy mělo Slunce menší zářivý výkon než má nyní, asi jen 70 pro-

cent dnešního. A sluneční výkon se bude zvyšovat i nadále, to platí pro všechny hvězdy. Když ovšem dříve Slunce ohřívalo Zemi méně, musel být na Zemi silnější skleníkový efekt, aby zde bylo dostatečně teplo a oceány nezamrzly. Oxidu uhličitého – hlavního skleníkového plynu – bylo v ovzduší dost, ale vymývaly ho silné deště. Jakmile vodní srážky dopadly na pevninu, vznikaly uhličitánové a hydrouhličitánové ionty, které řeky splavily do oceánů. Tam plankton a jiné organismy tyto ionty pohlcovaly a vytvářely z nich vápencové schránky či ulity. Tak se ze zbytků těchto organismů hromadily na oceánském dně vápencové usazeniny.

Návrat oxidu uhličitého do atmosféry pak zajišťuje právě pohyb kontinentálních desek. V místech, kde se mořské dno i s vápencovými horninami noří do pláště Země, taví se a chemicky rozkládá. Při sopečných erupcích se pak oxid uhličitý znovu navrácí do atmosféry.

Když se Země hodně oteplí, zvýší se atmosférické srážky a z ovzduší se vymyje více oxidu uhličitého. Následkem toho se skleníkový efekt zeslabí a teplota poklesne. Na druhé straně se vulkanickými procesy do atmosféry navrácí přibližně stále stejné množství tohoto skleníkového plynu.

Dlouhodobě je množství oxidu uhličitého ovlivňováno řadou geologických, atmosférických a hydrologických procesů. Až doposud – po celé čtyři miliardy let – se množství oxidu uhličitého v atmosféře měnilo tak, že vždy na naší planetě zachovalo klima vhodné pro život. Možná, že je to jen náhoda.

Desková tektonika funguje pouze na Zemi. Nenajdeme ji na Merkuru ani na Marsu, ba ani na Venuši, i když její rozměry a hmotnost jsou jen nepatrně menší než zemské. Nikdo zatím přesně neví, proč se s deskovou tektonikou setkáváme právě jen na naší planetě. Je to ... jen další náhoda?

O zvláštní úloze obřího Jupiteru v souvislosti s existencí samotné Země i s rozvojem života na ní jsme se již zmínili. Uvažme nyní, jak unikátní roli hraje jiné kosmické těleso – náš Měsíc. Ten není jen půvabnou ozdobou nočního nebe. Nebýt Měsíce, neměla by naše planeta rotační osu mírně skloněnou k oběžné rovině, a hlavně – sklon rotační osy by se s časem dosti rychle proměňoval. Tak je tomu třeba u Marsu, který svůj dostatečně hmotný měsíc nemá. Stálý sklon osy rotace zajišťuje nejen pravidelné střídání ročních období ve středních zeměpisných šířkách, ale i stabilní klima kdekoli na zeměkouli. Přesně to je zapotřebí k nerušenému vývoji života na planetě.

Uvažme ještě, že díky přítomnosti dosti hmotného Měsíce dochází pravidelně k mořským přílivům a odlivům. Není pochyb o tom, že periodické dmutí moře usnadnilo přechod živých organismů z vody na pevnou zem, k němuž došlo asi před půl miliardou roků.

Jak je vidět, existuje hodně podmínek, jež musí být splněny, aby na nějaké planetě vznikl život a udržel se dostatečně dlouho (tím máme na mysli časovou škálu miliard roků). Za povšimnutí stojí ale ještě další skutečnost: víme, že Země existuje asi 4 a půl miliardy roků. Dost brzy poté, před přibližně čtyřmi miliardami let na Zemi vznikl první jednoduchý život, ale teprve před dvěma a půl miliardami let se objevily první mnohobuněčné organismy. Do té doby to byly jen primitivní bakterie. Ještě složitější, komplexní mnohobuněčný život se začal rychle rozvíjet až mnohem později, v poslední půl miliardě roků – hovoří se o tzv. *kambrijské explozi*.

V souvislosti s úvahami o vzácné Zemi se musíme zmínit o tzv. Drakeově rovnici. V roce 1961, na jedné z prvních konferencí o hledání cizích civilizací uvedl Frank Drake jednoduchý vztah, jenž určuje, kolik civilizací **C** podobných naší může existovat v Galaxii, ve které se nacházíme. Celkový počet hvězd – označme jej **N** – násobíme postupně řadou koeficientů **f** rovnajících se nanejvýš jedničce:

$$C = N \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times \dots$$

Koeficienty f_i jsou pravděpodobnosti, že daná skutečnost nastane: jednička – když nastane pokaždé, nula – když nikdy. Pokusme se jednotlivé koeficienty alespoň pojmenovat, neboť číselně je zatím nejsme schopni vyjádřit. Tím zároveň shrneme do pár vět závažný problém: čím vším je komplexní, rozvinutý život na Zemi podmíněn?

První koeficient udává počet vhodných hvězd: nesmí být příliš staré – takové neobsahují dostatek těžších prvků. Nesmí být ani v centru, ani na periferii Galaxie. A musí mít i „správnou“ hmotnost, podobnou sluneční, protože víme, že čím je hvězda hmotnější, tím se vyvíjí rychleji. U hmotných hvězd by tak nezbylo dost času na dlouhý a pozvolný rozvoj života.

Nyní se věnujme planetární soustavě, která – jak předpokládáme – se utvoří s jistou pravděpodobností již v době, kdy vzniká i samotná hvězda. Další koeficienty v Drakeově rovnici popisují takovou planetární soustavu: musí být *stabilní*, tedy žádné hmotné planety na výstředných drahách, žádní „horcí Jupiteri“, jak jsme již uváděli. Planeta vhodná pro život musí mít správnou hmotnost, zřejmě nepříliš odlišnou od té zemské. Bude-li mít větší, obalí se hustou atmosférou Jupiterova typu a v ní se život nebude mít dlouhého trvání. Malá zase nemá dostatek energie k udržení geochemických cyklů, bez nichž se dlouhodobě nenastaví stabilní klimatické poměry. A pak musí být planeta ve vhodné vzdálenosti od hvězdy, aby na ní voda mohla být v kapalném stavu.

Konečně je tu řada omezení, týkající se vlastní planety. I o nich jsme se již zmínili. Planetu musí doprovázet relativně hmotná družice, jinak rotační osa neudrží dlouhodobě stabilní směr v prostoru. V sousedství musí být planeta Jupiterova typu – tedy těleso dosti hmotné na to, aby vychytalo mnohé planetky a komety, aby velké impakty na „živé“ planetě nebyly příliš četné. Na planetě musí fungovat desková tektonika, s níž je spojena řada důležitých jevů, například geochemické cykly, jež stabilizují zemské klima po dlouhé období.

Klíčová je pochopitelně otázka vody. Na planetě musí být dostatek tekuté vody, ale ... té vody musí být tak říkajíc „správné množství“ – protože vodou zcela pokrytá planeta by neumožnila rozvoj vyšších forem živočichů, a planeta bez vody je samozřejmě mrtvým tělesem.

Tento výčet koeficientů či pravděpodobností určitě není konečný, ale už tak je dost vysoký. Na první pohled to skoro vypadá, že inteligentní život – kupříkladu pokročilá civilizace našeho typu – ve vesmíru ani nemůže vzniknout. Nicméně jedna určitě existuje.

Vše, co jsme doposud uvedli, nám dává možnost zformulovat jednu dosti závažnou hypotézu – *domněnku o vzácné Zemi*. Ta ve své první části říká: **Život ve své nejjednodušší podobě (jako jsou mikroby nebo jejich obdoba) může být ve vesmíru značně rozšířen.** K tomu ale musíme dodat i část druhou: **Komplexní život (a míníme tím vyšší rostliny a živočichy) se ovšem vyskytuje jen málokde, a možná též pouze na krátkou dobu, protože planety, na nichž by takový život mohl vzniknout a vyvíjet se, jsou ve vesmíru velice vzácné.**

Příliš pesimistické? Připouštím, ale hned jedním dechem dodávám, že *čirá spekulace to není!* Domněnka o vzácné Zemi je přece založena na mnoha poznatcích soudobé astrofyziky, geologie či biologie! Na druhé straně to není ani definitivní, již neměnná pravda – je to pouze domněnka. A ta se bude proměňovat a upřesňovat s dalším vývojem vědy.

Možná, že některé těmito nezvyklými pohledy na naše postavení ve vesmíru uvádím poněkud do rozpaků. Tento zvláštní stav myslí skvěle vyjádřil francouzský spisovatel a filozof 18. století Voltaire, když prohlásil: *„Pouze šarlatáni jsou si něčím jisti. Pochybnost není právě příjemným stavem, ale jistota je směšná.“*

25. března 2006