

## Darwinova evoluční teorie

Jiří Svršek <sup>1</sup>

©2002 *Intellectronics*

### Abstract

Klíčovou vědeckou teorií vývoje života na Zemi od jednodušších forem k formám složitějším je Darwinova evoluční teorie, která je postavena na dvou principech: na principu neorientované variace a na principu selekce variant. V posledních desetiletích se objevily neodarwinovské interpretace evoluce, jako je například evoluční teorie, která vznikla na Svobodné univerzitě v Bruselu.

Evoluční teorie je předmětem trvalé kritiky ze strany věřících, kteří odmítají názor, že člověk vznikl nahodilým přírodním výběrem a nikoliv Božím záměrem.

Kreacionisté s oblibou tvrdí, že tzv. "darwinismus" je ve své podstatě náboženstvím, protože se opírá o neopodstatněnou víru v něco, co nelze dokázat.

---

<sup>1</sup>e-mail: [natura@eri.cz](mailto:natura@eri.cz), WWW: <http://natura.eri.cz>

## References

- [1] **Leakey, Richard E.: Darwinův původ druhů v ilustracích.** nakl. Panorama, Praha 1989, překlad: Květa Jeníková, orig.: *The Origin of Species by Charles Darwin*, The Rainbird Publishing Group Ltd., London 1979. ISBN: 80-7038-023-3
- [2] **Gould, Stephen Jay: Pandin palec.** Mladá fronta, edice Kolumbus, Praha 1988
- [3] **Raup, David Malcolm: O zániku druhů.** Nakl. Lidové Noviny, Praha 1995, překlad: Anton Markoš (originál: *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?*, Acta geol. hisp., 16, 1/2, 25 - 33, rok: 1981) ISBN: 80-7106-099-2
- [4] **Principia Cybernetica Web. Evolutionary theory.** Prof. dr. Francis Heylighen, PESp, Free University of Brussels, Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium.  
<http://pespmc1.vub.ac.be>
- [5] **Phillip E. Johnson: Spor o Darwina.** Návrat domů, Praha 1996, z angl. orig.: *Darwin on Trial.*, ISBN 80-85495-57-0
- [6] **Pearcy, Nancy R.; Thaxton, Charles B.: Duše vědy. Proměny ve vztahu vědy a náboženství.** Nakl. Návrat domů, Plzeňská 166, 150 00 Praha 5. překlad: Alena Koželuhová. angl. orig.: *The Soul of Science. Christian Faith and Natural Philosophy.* Konos Connection, 111 Bethea Road, Fayetteville GA 30214, USA. Vydáno: Crossway Books, a division of Good New Publishers, 1 300 Crescent Street, Wheaton, Illinois, 1994 ISBN: 80-85495-73-2
- [7] **Capra, Fritjof: Tao fyziky.** Gardenia, Bratislava 1992 angl. orig.: *The Tao of Physics*, Bantam Books 1984
- [8] **Špínar, Zdeněk V.: Paleontologie.** Polytechnická knihnice, Česká vědeckotechnická společnost, Praha 1986
- [9] **Havránek, Miloš: Entropie živých organismů. (teorie otevřených systémů).** Univerzum č.19, zima 1995, Revue přírodovědecké a technické sekce České křesťanské akademie, Praha
- [10] **Chmelař, Dittmar: Počítačové modely evoluce.**

# 1 Darwinova evoluční teorie

*„Moji teorii určitě odmítne každý, koho vede povaha k tomu, aby přikládal větší váhu nevysvětleným potížím, než určitému počtu vysvětlených faktů.“*

**Charles Robert Darwin** (1809 - 1882)

## 1.1 Z historie

**Charles Darwin** trpělivě a systematicky prostudoval všechny důkazy vztahující se k příčinám evoluce. Pět plodných let strávil na lodi Beagle (1831 - 1836) jako přírodopisec a během této doby neustále pozoroval, sbíral a především hluboce přemýšlel o geologických a biologických jevech, se kterými se setkával. Již v roce 1837 pochyboval, že druhy jsou stálé a neměnné. Ačkoliv v letech 1837 až 1859 se zabýval mnoha jinými problémy, otázkou původu druhů se nepřestal zabývat. V roce 1859 vydal svoji slavnou knihu *„On the Origin of Species...“* (O původu druhů cestou přírodního výběru aneb zachování zvýhodněných odrůd v boji o život), která problém analyzovala v celé jeho šířce a hloubce.

Charles Darwin ve své knize předložil vysvětlení, jak se mohou měnit. Tímto mechanismem byl přírodní výběr. Na tuto myšlenku narazil již v roce 1838 po přečtení díla *„Pojednání o zákonitostech populace“* od **Thomase Malthuse**, kněze a ekonoma začátku 19. století. Malthus studoval především lidskou populaci. Zdůrazňoval však obecný princip přírody, že živé organismy plodí více potomků, ačkoliv ne všichni přežijí do dospělosti nebo budou schopni se rozmnožovat. Navzdory mohutné rozmnožovací schopnosti některých organismů zůstává dospělá populace zhruba početně stabilní. Darwin pochopil, že mezi potomky existuje výběr, který rozhoduje o přežití. Jedinci populace se od sebe lehce liší. Proto určití jedinci mají nějakou výhodu před jinými, například jsou rychlejší, dravější nebo odolnější. Tento přírodní výběr pak může odpovídat za biologickou evoluci. *„Příroda zaručuje přežití nejschopnějšího“*, napsal evoluční filozof **Herbert Spencer**.

Charles Darwin nebyl první, kdo předložil teorii evoluce, ale byl první, kdo ji předložil s promyšleným výkladem. Ani objev přírodního výběru nelze připisovat Darwinovi. Nezávisle na něm jej objevil **Alfred Russel Wallace** (1823 - 1913), který tento objev zveřejnil v roce 1858, tedy o rok dříve než Darwin. Wallace se s Darwinem nikdy osobně nesetkal. Poslal mu však svůj krátký esej *„O sklonu variet nekonečně se odchylovat od původního typu“*, ve kterém vysvětloval principy přírodního výběru. V průvodním dopisu žádal Darwina, aby esej prostudoval a pokud jej uzná za hodnotný, aby jej předal Charlesu Lyellovi. **Charles Lyell** a **Joseph Hooker** uspořádali společnou Darwinovu a Wallaceovu přednášku o přírodním výběru v červenci roku 1858 v Linnéově společnosti.

Přírodní výběr nemohl být podroben experimentální prověrce a proto se značná část vědců zdráhala jej přijmout jako jediný mechanismus evoluce. Sám Darwin začal hledat další mechanismy, jako byl sexuální výběr. Objevila se značná kritika, že přírodní výběr dostatečně nevysvětluje evoluci organismů. Teprve začátkem 20. století moderní genetika, terénní pozorování a laboratorní výzkum prokázala význam Darwinovy teorie. Ve 20. letech vznikly spisy významných populačních genetiků, jako byli **Ronald Fisher**, **J. B. S. Haldane** a **Sewall Wright**. Spojení Darwinovy teorie přírodního výběru a díla **Gregora Mendela** o genetice tvořilo konzistentní obraz evolučních změn. Toto spojení se označuje jako neodarwinistická syntéza.

Před vznikem Darwinovy evoluční teorie řada vědců považovala druhy za pevné a neměnné skupiny, které byly stvořeny Bohem. Bůh stvořil jednotlivé druhy a každý druh měl určité hlavní rysy, o nichž se předpokládalo, že je vlastnil původní pár každého druhu. O variaci uvnitř druhu se předpokládalo, že má přirozenou hranici, která zabraňuje změně jednoho druhu v druh jiný. Charles Darwin naopak tvrdil, že variace jednotlivých organismů a výběr z nich mohou vést k novému druhu. Darwin se ve svém díle vyhnul přesné definici druhu. Definoval jej zhruba jako populaci, která je současně rozmnožujícím se společenstvem, ekologickou jednotkou a genetickou jednotkou. Jednotlivci daného druhu se mohou křížit, obývají tutéž ekologickou niku, ucházejí se

obvykle o tutéž potravu, trpí stejnými druhy škůdců, sdílejí tentýž genofond.

Od Darwinovy doby evoluční biologie značně pokročila. Richard E. Leakey na sebe vzal nelehký úkol, když se rozhodl zpřístupnit původní Darwinovo dílo současnému čtenáři. Použil k tomu šesté vydání knihy "O původu druhů" z roku 1872.

## 1.2 Základní principy evoluční teorie.

Darwinova evoluční teorie vysvětluje vývoj živých organismů jako výsledek malých (náhodných) genetických mutací (dědičných změn vlastností) a přežití nejlépe přizpůsobených organismů. Tvrdí, že k velkým změnám v organismech může dojít postupně po krocích přirozeným způsobem působením času, náhody a diferencovaného přežití.

*Darwinovy teorie chápe evoluci jako výsledek přírodního výběru působícího na populace organismů, které vzájemně soutěží o přírodní zdroje (jako je potrava, životní prostor, atd.). Vybrány jsou pouze takové organismy, které jsou nejlépe schopny využít přírodní zdroje nezbytné pro rozmnožování a přežití. Ostatní organismy jsou odsouzeny k zániku.*

Evoluční teorie je postavena na dvou základních principech:

### • neorientovaná variace

Prvním principem je **neorientovaná variace**, kdy genetickými variacemi (mutacemi) vznikají jedinci (varianty) s nepatrně odlišnými vlastnostmi od jiných jedinců daného druhu nebo populace. Slovo "neorientovaná" zdůrazňuje, že tyto variace není směřována žádnými vnitřními ani vnějšími vlivy.

### • selekce variant

Druhým principem je **selekce variant**, která probíhá bojem o zdroje (potrava, prostředí, možnost rozmnožování, atd.). V tomto boji vítězí jedinci lépe přizpůsobení danému prostředí a zdatnější v boji o zdroje.

Charles Darwin ve své evoluční teorii předložil tři důležitá tvrzení:

- Druhy nejsou neměnné ale jsou důsledkem přírodního vývoje (evoluce).
- Přírodním vývojem lze vysvětlit veškerou rozmanitost životních forem.
- Přírodní vývoj je řízen přírodním výběrem (tj. přežitím lépe přizpůsobených a zdatnějších jedinců v boji o zdroje).

## 1.3 Problémy evoluční teorie.

### *Nedostatek přechodových forem organismů.*

Pokud se druhy vyvíjely z jiných druhů jemným odstupňováním, proč nepozorujeme bezpočet přechodných forem? Proč v přírodě místo dobře definovaných druhů není pouze chaos přechodných forem? V jednotlivých geologických vrstvách nepozorujeme žádné přechodné fosilní nálezy, které by dokazovaly, že existoval nějaký vývoj například od žaber k plicím nebo od přední končetiny plazů ke křídům ptáků.

Historie většiny fosilií obsahuje dva rysy, obzvláště odporující teorii postupného vývoje:

### • Stagnace.

Většina druhů po dobu svého trvání na zemi nevykazuje žádné podstatné změny.

### • Náhlý výskyt.

V žádné místní oblasti druh nevzniká postupnou proměnou svých předchůdců, ale objevuje se zcela najednou jako "plně vytvořený". Náhlý výskyt mohou darwinisté vysvětlit tím, že přechodové

mezičlánky z nějakých důvodů nezkameněly. Ovšem stagnace a trvalá nepřítomnost zásadní jasně orientované změny je pozitivně doložena. A není to výjimka, ale pravidlo.

Přírodní výběr působí výhradně tím, že zachovává výhodné odchylky. Každá nová forma bude mít sklon zaujmout místo méně dokonalé rodičovské formy a místa jiných méně dokonalých forem, se kterými vede boj o přežití. Nové formy proto zpravidla všechny přechodné a neúspěšné formy vyhubí.

Proč nenacházíme v geologických vrstvách nespočetné formy? Zjištěné nálezy jsou nesrovnatelně méně dokonalé, než se obecně myslí. Pokud cestujeme po kontinentu od severu k jihu, obvykle se po určitých vzdálenostech setkáme s blízkce příbuznými druhy, které se vzájemně prolínají. Pokud tyto druhy srovnáme na místě, kde se prolínají, zjistíme, že jsou navzájem tak odlišné, jako jsou tyto druhy ve svých hlavních oblastech výskytu. Příbuzné druhy vzešly ze společného předka a během vývoje každý z nich vytěsnil svou rodičovskou formu a přechodné formy. Proto nelze očekávat, že objevíme v dané oblasti řadu přechodných forem. Proč se ale nevyskytují přechodné formy v přechodných oblastech, které mají přechodné podmínky života?

Darwin uvádí, že musíme být opatrní v tvrzení, že nějaká oblast, která je nyní spojitá, byla vždy spojitá v minulosti. Tento argument však Darwin nechtěl používat jako hlavní, protože věřil, že mnohé dobře definované druhy vznikaly v oblastech se spojitými podmínky. Obvykle pozorujeme na velké oblasti určité rozšíření nějakého druhu a pak rychlý pokles na hranicích oblastí a úplné zmizení druhu za hranicemi jeho oblasti rozšíření. Hranice mezi oblastmi bývá velmi úzká ve srovnání s rozlohami oblastí, v nichž druhy žijí. Stejně závěry lze činit o odrůdách. Pokud tedy existuje nějaký druh v rozsáhlé oblasti, vzniknou dvě odrůdy přizpůsobené podoblastem a pokud by vznikla nějaká přechodná odrůda, měla by k dispozici jen malé území na hranicích.

Odrůda existující na hranicích ale záhy vymře vlivem malého počtu jedinců, vlivem nepřátel nebo vlivem přírodních podmínek. Navíc taková odrůda je ohrožena odrůdami z obou oblastí, které k hranici přiléhají. Daleko důležitější je skutečnost, že formy existující ve velkém množství v daných oblastech mají lepší příležitost vytvořit příznivější odchylky pro působení přírodního výběru, než má vzácnější forma na hranici oblastí.

Darwin si položil otázku, jaký typ přechodných forem dříve existoval. Jen obtížně se vyhnul představě forem bezprostředně spojujících dva druhy. Toto hledisko je podle Darwina mylné. Je třeba hledat přechodné formy mezi všemi druhy a jejich společným předkem, který je dostatečně odlišen od svých potomků. Holubi pavíci a voláci pocházejí ze společného předka holuba skalního. Pokud bychom získali všechny přechodné formy, dostali bychom sevřenou řadu mezi pavíkem, voláčem a holubem skalním, ale neměli bychom žádné bezprostředně přechodné formy mezi pavíkem a voláčem, tedy žádnou přechodnou formu spojující poněkud rozšířený ocas s trochu rozšířeným volem.

U přírodních druhů, jako je kůň a tapír, se předkové dnešních forem hodně podobali, ale v určitých podrobnostech tělesné stavby se mohli výrazně lišit, možná více, než se liší dnešní formy vůči sobě navzájem. Nebyli bychom schopni rozpoznat rodičovskou formu kterýchkoliv dvou druhů, jedině kdybychom měli téměř dokonalý řetězec přechodných spojovacích forem.

### *Problém složitých orgánů.*

Postupný vývoj orgánu, který je funkční až po dokončení vývoje, představuje zásadní evoluční problém. Jak mohlo dojít ke vzniku křídla, když postupně vyvíjející se křídlo nepředstavuje žádnou evoluční výhodu? Darwin se podrobně zabýval evolucí oka, protože tento orgán je dodnes citován kreacionisty jako nezvratný důkaz, že Bůh stvořil každý jednotlivý druh. Darwin již ve své době použil metod současných evolučních biologů: navrhl důkaz na základě kombinace srovnávací anatomie, embryologie, fyziologie, paleontologie a zdravého rozumu.

Darwin se zamýšlel nad tím, jakým způsobem vznikly některé značně dokonalé a složité orgány, jako je například lidské oko. Uznává, že vývoj oka přírodním výběrem se může jevit absurdní.

Lze prokázat, že existují početné stupně od jednoduchého oka k oku složenému a dokonalému a že každý vývojový stupeň měl pro své majitele užitečný význam. Pokud víme, že oko jako každý orgán je proměnlivé a všechny odchylky jsou dědičné, není fakt vzniku oka přírodním výběrem tak neuvěřitelný.

Existují živočichové, kteří mají pouze shluk pigmentových buněk citlivých na světlo pro rozlišení světla a tmy. Primitivním orgánem pro nedokonalé vnímání okolí je shluk pigmentových buněk opatřený optickým nervem. Některé mořské hvězdice mají ve vrstvě světlocitlivého pigmentu malé prohlubně v okolí nervu, v nichž je průhledná želatinová látka. Neslouží k tvorbě obrazu, ale pouze soustřeďuje světelné paprsky. Jde o významný krok vpřed, protože oko vytvářející obraz potřebuje umístění optického nervu ve správné vzdálenosti od orgánu koncentrujícího světlo. Členovci mají optický nerv jednoduše povlečený pigmentem, který někdy tvoří jakýsi druh panenky, ale bez optické čočky. Hmyz má četné fasety na rohovce složeného oka, které tvoří optické čočky a kužele faset obsahují uzpůsobená optická vlákna.

Pokud uvážíme, jak obrovské množství organismů muselo vymřít v porovnání s těmi, které dnes můžeme studovat, není obtížné si představit, že přírodní výběr byl tím mechanismem, který vedl od primitivního optického nervu povlečeného pigmentem k dokonalému oku hmyzu.

Vyskytly se různé námitky. Jednou z nich je námitka, že proto, aby oko bylo stále udržováno jako dokonalý nástroj, musely četné změny probíhat současně. Darwin proti tomu namítá, že tyto změny byly velmi pozvolné a postupné. Wallace k tomu dodal několik svých postřehů. Pokud má například čočka příliš dlouhé nebo příliš krátké ohnisko, může být upravena změnou zakřivení nebo změnou hustoty. Pokud je zakřivení nepravidelné, pak se paprsky nesoustřeďují do jednoho bodu a vylepšením bude jakákoliv změna ve prospěch pravidelnosti a zakřivení. Podobně stahování duhovky a svalové pohyby pro vidění nejsou podstatné a jsou pouze vylepšeními, která mohla vzniknout kdykoliv během vývoje oka.

Kopinatci mají velmi primitivní oko tvořené váčkem z pokožky opatřené nervem a lemované světlocitlivým pigmentem. Ryby a plazi mají oko značně upravené. Krystalická čočka v lidském embryu vzniká akumulací epidermálních buněk ležících ve váčkovitém záhybu kůže a sklivec se tvoří z embryonálního podpokožkového pletiva.

### *Problém neutrálních mutací.*

Mutace představují určitou změnu sledu bází v molekule DNA, která má vliv na syntézu příslušné proteiny. Mutace vede ke změnám proteinů a podle Darwinovy evoluční teorie prospěšné mutace jsou přírodním výběrem prosazovány a škodlivé naopak potlačovány. Jenže některé mutace nemusí vést k žádné funkční změně proteinu (hovoříme o neutrálních mutacích). Za normálních okolností ve velké populaci se četnost takových mutací nebude zvětšovat. Někteří však biologové tvrdí, že většina mutací jsou neutrální mutace. V takovém případě by však existoval podstatný nedarwinovský zdroj evolučních změn, tedy zdroj neovlivněný přírodním výběrem, ikdyž neutrální mutace by nevedly samy o sobě k novým adaptacím.

Existence více než jedné proteinové formy v populaci se označuje jako proteinový polymorfismus. Pokud se má polymorfismus v populaci udržet, musí část populace vymřít, jako je tomu v případě vztahu srpkovité anémie a malárie. Pokud by se však měly udržet všechny zjištěné polymorfismy, muselo by vymřít více jedinců než se jich narodí.

Evoluční biologové jsou tak znovu nuceni k závěru, že tyto proteinové polymorfismy jsou neutrální. Tím se četnost různých forem v populaci nebude významně měnit. Ve skutečnosti jsou však některé proteiny mnohem proměnlivější než jiné a mají řadu forem.

Neutrální mutace jsou jedním z faktorů odlišných od přírodního výběru, který působí na genofond. Dalším takovým faktorem je genetický drift, který však ovlivňuje pouze malé populace. Bez přírodního výběru výskyt určitého genu se v populaci nebude významně měnit (platí silný zákon velkých čísel). V malé populaci se výskyt genu může měnit náhodně a to je příčinou genetického

driftu. Účinky genetického driftu jsou u malých populací často pozorovatelné. Genetické vady, které jsou u velkých populací velmi vzácné, se mohou u malé uzavřené populace značně rozšířit.

Neutrální mutace a genetický drift jsou součástí sporu mezi skupinou vědců, kteří všechny znaky organismu považují za znaky mající význam pro přizpůsobení, a mezi skupinou vědců, kteří některé znaky považují za náhodné nebo za důsledek vývojových omezení. Příkladem druhého názoru je lidská brada, která byla pro biology záhadou, dokud nepoznali, že nemá žádný adaptivní význam. Jde o obecně známý jev označovaný jako allometrický růst, kdy různé části čelisti se zvětšovaly různou rychlostí.

### *Problém evoluce pohlaví.*

Vznikl sex a pohlavní rozmnožování také cestou přírodního výběru? Pohlavní rozmnožování vzniklo před více než miliardou let a proto je kolem něj řada nejasností v podrobnostech. Obecně lze pohlavní rozmnožování považovat za znak eukaryontů, ikdyž některé prokaryontní organismy se rozmnožují bezpohlavně. Z hlediska evoluce muselo pohlavní rozmnožování být velmi významným jevem. Výhoda pohlavního rozmnožování zjevně spočívá ve vysoké podpoře variability organismů. Bezpohlavní rozmnožování vede k identickým kopiím původního organismu a šance na změnu je omezena pouze na mutaci genů. Šance získat dvě příznivé mutace je omezena na dvě nezávislé události. Při pohlavním rozmnožování je mnohem větší šance, že se dvě prospěšné mutace přenesou na další generace.

Na druhé straně samička úspěšného druhu při bezpohlavním rozmnožování přenesou svoji genetickou výbavu na všechny potomky. Při pohlavním rozmnožování polovina genů pochází od samečka a polovina od samičky a genetická výbava samičky se přenesou pouze na polovinu všech potomků. Proto by bylo možno očekávat, že samičky dobře přizpůsobených druhů přejdou zcela na bezpohlavní rozmnožování a vytvářejí čistě samičí populace. Ve skutečnosti tomu tak ale není, protože neustále se měnící prostředí vyžaduje, aby se druhy tomuto prostředí přizpůsobovaly. Populace, která by se rozmnožovala pouze bezpohlavně, by zanikla jakmile by se prostředí významně změnilo.

V přírodě je pozorováno, že některé druhy se rozmnožují partenogeneticky (bepohlavně), ale tento proces je sdružen s rozmnožováním pohlavním. Mšice se rozmnožují bezpohlavně během léta, kdy je dostatek potravy. Na podzim se rodí samečci, kdy také dochází k pohlavnímu rozmnožování. Samičky snášejí vajíčka, která přezimují a vylíhnou se až na jaře.

### *Problém vzniku altruismu a sociálního chování.*

**Charles Darwin** tvrdil, že přírodní výběr působí pouze na jednotlivce (ačkoliv udělal výjimku v případě sociálního hmyzu). Současní evoluční biologové mají podobný názor. Teorie, která tvrdí, že přírodní výběr působí také na úrovni druhů, je z velké části chybná. Jejím cílem je vysvětlit altruistické jednání uplatňované jedním jedincem vůči jinému nebo vůči skupině. Tato teorie tvrdila, že takové jednání se děje ve prospěch druhu.

Některá z takových vysvětlení mohou být snadno vyvrácena. Samička ptáka neochraňuje a neživí své mládě ve prospěch druhu, ale pouze kvůli rozmnožení vlastních genů. Pokud by neměla geneticky daný mateřský instinkt, její geny by záhy vymizely. Podobně ptáci neomezují počet vajec proto, aby zabránili populační explozi ve prospěch druhu, ale pouze proto, že by mláďata strádala nedostatkem potravy a nepřežila by.

Další příklady altruismu nelze tak snadno vyvrátit. V tlupě paviánů může jeden její člen riskovat život při obraně tlupy. U některých druhů ptáků se nepáří všichni jedinci a nevychoávají svá vlastní mláďata. Ti, kteří tak nečiní, pak někdy pomáhají při krmení cizích mláďat. Teorií, která je schopna vysvětlit takové případy chování v rámci Darwinovy evoluční teorie, je příbuzenský výběr. Ve své nejjednodušší formě tato teorie tvrdí, že bratr nebo sestra sdílí tolik genů, jako vlastní potomek. Proto pomoc bratrovi nebo sestře při rozmnožování znamená zachování svých vlastních genů. Poslední práce však naznačují, že příbuzenství nelze stavět na stejnou úroveň jako vlastní

rozmnožování. Je nutný mnohem komplexnější matematický přístup, který bere v úvahu například věk a rozmnožovací schopnosti příbuzenstva.

Jedním z příkladů nejobtížněji vysvětlitelného altruismu je chování jednoho druhu ptáka, který vydává varovný křik, když zahlédne blízkého se jestřába. Tento křik umožňuje celému hejnu, aby odletělo a jestřába tak zmátlo. Pták, který vydává křik, je přitom nejnápadnější a je větší pravděpodobnost, že bude zabit. Nedávné výzkumy chování ptáků ukázaly, že křikem pták způsobí vzlet celého hejna, ve kterém se tento jedinec sám ztratí a tím vlastně sám sebe zachrání před napadením.

### *Přírodní výběr a instinkty.*

Jak mohou být přírodním výběrem získány a upravovány instinkty? Jak se vysvětlí instinkt, který vede k tvorbě pláství jako matematicky velmi přesných objektů?

### *Vývoj organismů se zvláštním chováním a strukturou.*

Oponenti Darwinovy evoluční teorie někdy kladou otázku, jak se masožravý suchozemský živočich mohl změnit v masožravého vodního živočicha. Jak se zvíře živilo v přechodném stavu? Darwin říká, že lze snadno ukázat existenci masožravých živočichů s přechodným způsobem života v suchozemském i vodním prostředí. Uvádí další zdánlivě záhadné příklady jako je čeleď veverkovitých, nebo poletucha z dnes samostatného řádu Dermoptera, dříve z řádu hmyzožravců. Darwin tvrdí, že i když v současné době neexistují žádné přechodné formy, které by spojovaly poletuchy s ostatními hmyzožravci, není problém takové formy předpokládat. Nevidí ani problém v procesu vzniku netopýra, protože u některých druhů netopýrů lze nalézt létací blánu, která se táhne od vrchu ramene až k ocasu, přičemž zahrnuje zadní nohy. V tom lze spatřovat původní orgán, který sloužil spíše k plachtění než k létání.

Darwin si dále všímá rozmanitých přeměn křídel, která dnes některým ptákům slouží jako pádla nebo plachty. Dále si všímá korýšů a měkkýšů, jejichž jedinci dýchají pod vodou a mohou dýchat také na souši, nebo létajících plazů, kteří plachtili na velké vzdálenosti pomocí kožovitých záhybů.

Jestliže dnes vidíme vysoce dokonalý orgán, jako jsou křídla ptáků, musíme si uvědomit, že živočichové s nedokonalými orgány jen zřídka přežili do současnosti, protože byli dokonalejšími potomky zcela vytlačeni přírodním výběrem. Darwin říká, že ryby schopné letu by nevyvinuly četné odvozené formy pro chytání různorodé kořisti na suché zemi a ve vodě, dokud by jejich letové orgány nebyly natolik dokonalé, že by poskytovaly rozhodující výhodu mezi jinými živočichy v boji o život.

Darwin také často pozoroval rozrůzněné chování jedinců téhož druhu. Například sýkora koňadra někdy šplhá po větvích a někdy zabíjí malé ptáky ranou do hlavy jako ťuhýk. Také viděl často sýkoru, jak roztlouká na větvi semena tisu a louská je jako brhlík. V Severní Americe byl pozorován medvěd baribal, který celé hodiny plaval s široce otevřenou tlamou a chytil do ní hmyz.

Pokud vidíme jedince s odlišným způsobem chování pro daný druh, mohli bychom očekávat, že z takových jedinců příležitostně vzniknou nové druhy s odlišným chováním a později s jinou stavbou těla odlišnou od původního druhu. Je snad výraznější, příkladem adaptace datel, který šplhá po stromech a chytá hmyz ve skulinách jejich kůry? V Severní Americe ale žijí datlovití, kteří se živí převážně plody a jiní datlovití s prodlouženými křídly, kteří loví hmyz v letu. Mexický datel zase vysekává do dřeva stromu díry, aby v nich uskladňoval žaludy.

Ten, kdo věří v boj o přežití, bude souhlasit s tím, že každý organismus se snaží zvětšit svůj počet. Pokud některý jedinec poněkud změní své chování nebo stavbu svého těla a získá tím výhodu nad jedinci třeba jiného druhu, zaujme místo těchto jedinců, i když se třeba toto místo kvalitativně odlišuje od jeho původního. Důkazem mohou být třeba někteří chrústalové, kteří žijí na lukách místo v močálech, potápějící se drozdové a buňáci chovající se jako alky.

### *Způsoby přeměny postupnými modifikacemi.*

Pokud by existoval nějaký složitý orgán, který nevznikl početnými, postupnými a drobnými modifikacemi, Darwinova evoluční teorie by se zhroutila. Jak Darwin uvádí, žádný případ nenalezl. Darwin říká, že je třeba velké opatrnosti v úsudku, když chceme tvrdit, že nějaký orgán nemohl postupnými změnami vzniknout. Je možné, že u nižších živočichů daný orgán vykonával zcela jinou funkci nebo zastával více funkcí. Například u larvy vážky a u ryby sekavce zažívací trubice slouží k trávení, vyměšování a k dýchání. U nezmara klidně vnější povrch může sloužit k trávení a vnitřní k dýchání, pokud by živočich byl obrácen "naruby". Přírodní výběr mohl orgán, který dříve vykonával více funkcí, specializovat na funkci jedinou a tak postupnými kroky zcela změnil jeho povahu.

Jsou známy případy, kdy různé orgány vykonávají stejnou funkci. Tato skutečnost je pro postupné změny velmi významná. Existují například některé ryby se žábry, které dýchají vzduch rozpuštěný ve vodě a současně dýchají volný vzduch ze svých plovacích měchýřů.

Rostliny mohou šplhat třemi různými způsoby: spirálně ovíjejí stonky, přidrží se pomocí úponků a vytvářejí vzdušné kořeny. Některé rostliny užívají dva způsoby, jako třeba hrách, některé dokonce i všechny tři způsoby. Jeden z orgánů pak může být postupně přizpůsoben k jinému účelu.

Například u ryb se nejprve vyvinuly orgány podobné plicím, které se u některých později přeměnily na plovací měchýře. Darwin se domníval, že tomu bylo naopak. Proto tvrdil, že obratlovci opatření plicemi vznikly z neznámého druhu opatřeného plovacím měchýřem. U vyšších obratlovců žábry zcela vymizely, ale u embrya lze pozorovat štěrbinu po stranách krku a smyčkovitý průběh tepen v oblasti, kde byly původně žábry.

Darwin uvádí, že velké potíže mu činí elektrické orgány ryb. Nedokázal si představit, jakými postupnými kroky tyto orgány mohly vzniknout a neznal jejich účel. Úhoř elektrický a parejnk elektrický mohou tento orgán používat k obraně a k lovu kořisti. Rejnok však má podobný orgán v ocase a vytváří tak malé napětí, že jej pro uvedené účely nelze použít.

Váženějším problémem je skutečnost, že elektrické orgány se vyskytují u více než deseti druhů ryb, z nichž některé druhy jsou od sebe příbuzensky značně vzdálené. Navíc je tento orgán u různých druhů umístěn na jiném místě těla a liší se stavbou, uspořádáním článků a procesem vzniku elektriny. Konečně nervová zakončení u různých druhů vedou do různých center. Tyto důvody nutně vedou k závěru, že elektrické orgány nemohly být zděděny z nějakého společného předka. Kdyby tomu tak bylo, musel by být podobný u všech druhů ryb, které ho mají.

Podobný problém představují luminiscenční orgány některých druhů hmyzu z velmi odlišných čeledí. Podobně je tomu u rostlin. Oči hlavonožců a obratlovců se podobají tím, že tvoří průhledné pletivo, mají určitý typ čočky a obraz vzniká na pozadí temné komory. Kromě těchto znaků mezi očima hlavonožců a obratlovců není žádná podobnost.

Z výše uvedených příkladů plyne, že evoluční vývoj spěje ke stejným účelům velmi rozdílnými způsoby někdy i v případě velmi příbuzných organismů. Stačí porovnat odlišnou konstrukci křídla netopýra a křídla ptáka. Za tímto vývojem však v žádném případě nelze vidět nějaký úmysl či cíl. Daný orgán je pouze výhodný v boji o přežití a přírodní výběr k němu směřuje různými způsoby.

Dochází k postupnému zdokonalování složitých a rozmanitých prostředků, pomocí nichž je dosahováno stejných cílů. Pokud se mění dvě rozdílné formy, proměnlivost není stejná a ani výsledky docílené přírodním výběrem pro tentýž účel nebudou obecně stejné. Každý složitě vyvinutý organismus prošel mnoha změnami a každá odchylka může být znovu změněna.

Když si Darwin uvědomil, jak malý je počet živých a známých forem v porovnání s formami vyhynulými a neznámými, byl překvapen tím, jak zřídka lze nalézt orgán, k jehož vzniku nevede žádný přechodný stupeň. Orgány, které byly vytvořeny pro nějaký vysoce speciální účel, jsou v přírodě velmi řídké. Milne Edwards to vyjádřil slovy, že příroda je rozmařilá v tvorbě odrůd, ale skoupá ve zlepšování. Darwin se ptá, proč by v případě Božího stvoření mělo existovat tolik různotvárnosti a tak málo opravdové novosti. Dále se ptá, proč jsou všechny orgány a jejich části mnoha nezávisle Bohem stvořených tvorů spojeny mnoha přechodovými stupni. Proč Bůh nečinil skoky od dokonalé struktury k dokonalé struktuře? Přírodní výběr využívá pouze mírné a postupné změny a příroda nemůže udělat náhlý a velký skok, ale musí postupovat krátkými a tudíž velmi pomalými kroky.

### *Vliv přírodního výběru na málo důležité orgány.*

Protože přírodní výběr působí prostřednictvím boje o přežití, je někdy velmi obtížné vysvětlit původ a utváření málo důležitých orgánů. V Darwinově době bylo o ekologii jakéhokoliv živočicha známo jen velmi málo na to, aby se dalo odhadnout, které drobné odchylky by mohly být důležité.

Darwin se pokusil vysvětlit některé příklady velmi nepatrných vlastností, jako je chlupatost některých plodů, barva dužniny nebo ocas žirafy. Usuzoval, že orgány, které mají dnes pouze nepatrný význam, měly pravděpodobně v minulosti význam velký. V řadě případů se však můžeme mýlit, pokud určitým znakům přisuzujeme důležitost a věříme, že vznikly přírodním výběrem. Darwin zdůrazňoval, že nesmíme přehlížet účinky spontánních odchylek, účinky reverze k již ztraceným znakům, účinky složitých zákonů růstu (korelace, kompenzace atd.), účinky tlaku jedné části na druhou a konečně účinky sexuálního výběru.

Darwin poznamenal, že pokud by existovaly pouze zelené druhy datlovitých a nebyly by černé nebo strakaté druhy, domnívaly bychom se, že zelená barva je významným znakem pro ukrytí datlů před nepřáteli a tento znak byl získán přírodním výběrem. Ve skutečnosti však barva datlů souvisí se sexuálním výběrem. Takových příkladů je celá řada a Darwin varuje před ukvapenými závěry.

### *Hypotéza užitekosti, krása.*

Někteří přírodovědci Darwinovy doby se domnívaly, že mnohé struktury nevznikly pro dobro jedince ale pouze pro krásu, aby potěšily člověka a Boha Stvořitele. Darwin souhlasil s tím, že mnohé struktury nemají pro svého držitele žádný bezprostřední význam. Část z nich je způsobena dědičností a proto mnohé tyto struktury nemají žádný úzký vztah k současnému způsobu života. Také však stěží lze věřit, že plovací blány horské husy nebo fregatky mají pro tyto ptáky nějaký užitek. Tyto struktury lze bezpečně přisoudit dědičnosti a předpokládat, že plovací blány byly užitečné pro jejich prapředky.

K otázce víry, že živí tvorové byli Bohem stvořeni krásní pro jeho potěchu a pro potěšení člověka, Darwin poznamenal, že smysl pro krásu závisí na povaze myslí bez ohledu na nějakou kvalitu obdivovaného předmětu. Představa krásy není neměnná ani vrozená. Pokud krásné předměty byly Bohem stvořeny pouze pro potěšení člověka, mělo by být na Zemi méně krásy před jeho vznikem. Byly snad eocénní měkkýši se spirálovitými ulitami nebo mezozoičtí půvabně tvarovaní amoniti stvořeni jen k tomu, aby je člověk po uplynutí miliónů let obdivoval? Málo předmětů je tak krásných, jako drobné schránky rozsivek. Byly snad rozsivky stvořeny Bohem proto, aby je člověk mohl obdivovat v mikroskopu?

Květy jsou snad nejkrásnější výtvořiny přírody. Jsou nápadné v protikladu k zeleným listům rostlin, aby je hmyz mohl snadno zpozorovat. Pokud je květ již opylován větrem, nikdy nemá jasné zbarvenou korunu. Několik druhů rostlin tvoří dva druhy květů. První je otevřený a zbarvený, aby lákal hmyz k opylení, druhý je zavřený a bezbarvý, bez nektaru. Pokud by se hmyz nevyvinul, zřejmě by se vytvářely pouze květy skromné, jako je tomu u jedlí, jasanů, trav, špenátu a kopřiv, které jsou opylovány větrem.

Darwin samozřejmě připustil, že značné množství samců, jako jsou nádherní ptáci, některé druhy ryb, plazů a savců, řada skvěle zbarvených motýlů, byli obdařeni krásou jen kvůli kráse. Tento proces nebyl ovlivněn přírodním výběrem ale sexuálním výběrem samic, které dávají přednost krásnějším samečkům.

Je jisté záhadné, jak se smysl pro krásu objevil u živočichů a posléze u člověka. Darwin tvrdil, že se do hry zapojily životní zvyklosti, ale také že ve stavbě nervového systému musí být nějaká základní příčina.

Přírodní výběr nemůže vytvořit u jednoho druhu odchylku, která by byla prospěšná výlučně jinému druhu. Vytváří však často struktury, které slouží k usmrcování jiných živočichů, jako jsou jedové zuby zmije, nebo které slouží k jejich poškozování, jako je kladélko lumíka ke kladení vajíček do živých těl jiného hmyzu.

Přírodní výběr také nikdy nevytvoří strukturu, která by jeho nositeli byla více škodlivá než prospěšná. Pokud je rovnováha mezi dobrým a špatným, obě stránky budou celkově výhodné. Pokud je nějaká část organismu v průběhu měnících se podmínek trvale nevýhodná, bude modifikována nebo organismus vyhyne.

### *Univerzálnost přírodního výběru.*

Debaty mezi zastánci selekce a zastánci neutrálních mutací neznamenají návrat do 19. století, kdy se často pochybovalo o přírodním výběru jako hlavním mechanismu evoluce. Adaptaci a přírodní výběr sice lze snadno pochopit, ale mnohdy obtížně studovat. Kritikové přírodního výběru mohou mít pravdu, když pochybují o jeho univerzálnosti. Význam jiných mechanismů, jako jsou neutrální mutace nebo genetický drift, není dosud objasněn. Moderní evoluční teorie s úspěchem využívá přírodní výběr ve stejném rozsahu jako Charles Darwin, ačkoliv molekulární genetika změnila způsoby nazírání na vývoj.

Jednou z otázek je, zda přírodní výběr má skutečně tak mocný účinek, že začal u primitivní buňky a za miliardy let vytvořil vyšší organismy včetně člověka. Charles Darwin nemohl nabídnout přesvědčivé důkazy přírodního výběru a proto argumentoval analogií s umělým výběrem, který používají šlechtitelé rostlin a chovatelé domácích zvířat.

Námítka kreacionistů proti této argumentaci spočívá v tom, že chovatelé využívají svoji inteligenci a rozum, zatímco přírodní výběr probíhá bez jakéhokoliv účelu a cíle.

Umělý výběr má své genetické hranice a proto například vyšlechtěná plemena psů nedosahují velikosti slona a ve slony se neproměňují. Argumentují také tím, že ke křížení dochází jen v rámci druhů a vzácně mezi některými příbuznými druhy.

Další námitka směřuje proti tomu, že přírodní výběr upřednostňuje pouze přizpůsobené organismy. Téměř každá vlastnost může být pro určitý druh podle situace výhodná, neutrální nebo dokonce nevýhodná. Velký lidský mozek vyžaduje velkou lebku, která matce při porodu přináší nepohodlí a jisté nebezpečí. Předpokládáme, že velikost našeho mozku je předností, protože momentálně ovládáme tuto planetu, ale zdaleka není zřejmé, že velký mozek byl předností za okolností, v nichž se údajně vyvinul. Většinou není možné určit výhodnost nezávisle na výsledku.

Tato námitka je ale mylná. Neorientovaná variace způsobuje, že všechny vlastnosti organismu se nějakým způsobem vyvíjejí. Přitom řada vlastností je vedlejším důsledkem vlastností jiných. Mezi vlastnostmi existují složité nelineární vztahy, jimiž se navzájem ovlivňují (změna jedné vlastnosti může vést k funkčním nebo strukturním změnám vlastností jiných). Přírodní výběr nevybírá jediný znak nebo vlastnost, ale organismus jako celek se všemi vlastnostmi. Boje o přežití se účastní celý organismus a nikoliv nějaká jedna nebo dvě jeho vlastnosti. Přitom některé vlastnosti sami o sobě mohou být neutrální nebo dokonce nevýhodné.

Kreacionisté například namítají, že velký lidský mozek je sice dnes předností, ale není zřejmé, že byl předností za okolností, v nichž se údajně vyvinul.

Jenže evoluční vývoj takovým způsobem neprobíhá. Pokud je některá vlastnost v daném prostředí výhodná, je vybírán celý organismus se všemi vlastnostmi, tedy také s těmi, které jsou v daném prostředí neutrální nebo dokonce nevýhodné. Při změně prostředí ale právě tyto neutrální vlastnosti se mohou náhle stát velmi výhodné. Evoluční biologové například ukázali, jak geologický zlom, který oddělil Etiopii od Somálska, způsobil, že předchůdce člověka se náhle ocitl v krajině bez pralesního porostu, a tehdy se projevil jako výhodné právě ty vlastnosti, které v pralese byly neutrální.

Další námitka směřuje proti přírodnímu výběru jako vědecké hypotéze, pro níž nejsou žádné důkazy.

Takové důkazy se hledají velmi obtížně. Existují např. pozorování, která ukazují, jak bakterie získávají odolnost vůči různým antibiotikům a jak mohou mutovat v jiné kmeny, které se přizpůsobily změnám prostředí. V roce 1977 v důsledku sucha na Galapágách pěnkavy byly nuceny požírat větší semena, než kterými se běžně živí. Po jedné generaci se průměrná velikost ptáků a jejich zobáků znatelně zvětšila.

Tato pozorování nejsou přesvědčivým důkazem proto, abychom si mysleli, že přírodní výběr může vytvořit nové druhy, nové orgány nebo jen menší trvalé změny. Pouze ukazují, že existuje neorientovaná variace a přírodní výběr. Přírodní výběr ale vyžaduje dlouhodobou změnu prostředí, aby se mohl projevit. Jakmile se na Galapágách znovu objevila menší semena, pěnkavy požíraly všechna semena a přírodní výběr přestal působit.

Jiným proti přírodnímu výběru je námitka, že existují "živé fosilie", které milióny let zůstávají beze změny. Takovým příkladem je žralok. Žralok je ve svém prostředí mimořádně úspěšný a proto přírodní výběr neupřednostňuje nějaké variace žraloků.

## 2 Bruselská interpretace evoluční teorie.

### *Svobodná univerzita v Bruselu*

Svobodná univerzita v Bruselu (francouzsky: *Université Libre de Bruxelles*, ULB, dánsky: *Vrije Universiteit Brussel*, VUB byla založena v roce 1834 na protest proti útlaku vyššího vzdělání katolickou církví. Zakládajícím principem univerzity byla svoboda informací nezávislejší na názorech náboženských představitelů. Podobně jako všechny instituce v Belgii je Svobodná univerzita v Bruselu dvojjazyčná a skládá se z francouzsky a dánsky mluvící části. V roce 1969 proto vznikla VUB a nyní jsou ULB a VUB prakticky dvě nezávislé univerzity, které udržují dobré kontakty a společně zastávají původní liberální a pokrokovou filozofii založenou na principech svobody myšlení a humanismu. V současnosti má VUB asi 8000 studentů, ULB asi 18000 studentů. I když školné v Belgii je ve srovnání s okolními státy výjimečně nízké, Svobodná univerzita v Bruselu využívá řady dalších možností, jak náklady na studium ještě zmenšit a studentům poskytuje širokou sociální a finanční podporu, takže i studenti z nejhudších vrstev mohou získat úplné vysokoškolské vzdělání bez jakékoliv diskriminace.

Univerzity VUB a ULB tedy rozhodně nejsou školami pro elitu, přestože řada jejich výzkumných pracovníků a oddělení dosahuje mezinárodního uznání. Mezi výjimečné postavy Svobodné univerzity v Bruselu patří **Jules Bordet**, nositel Nobelovy ceny za medicínu v roce 1919, **Albert Claude**, nositel Nobelovy ceny za medicínu v roce 1974, **Ilya Prigogine**, nositel Nobelovy ceny za chemii v roce 1977 a **Pierre Deligne**, oceněný za matematiku v roce 1978. Zejména Ilya Prigogine, jeden ze zakladatelů "bruselské školy" v nerovnovážné termodynamice, získal mezinárodní věhlas za svůj výzkum disipativních struktur a za své knihy "*Order out of Chaos*" a "*From Being to Becoming*" a další, které napsal ve spolupráci s filozofkou **Isabelle Stengersovou**. I když VUB je menší univerzita s mnohem kratší historií, pochází z ní již několik mezinárodně uznávaných vědců, jako filozof **Leo Postel**, který začínal na ULB, ale profesuru získal na VUB, **Jean Bourgain**, oceněný za matematiku v roce 1994, **Ingrid Daubechiesová** (nyní v Princetonu) a další.

V roce 1987 VUB založila anglicky hovořící oddělení Vesalius College ve spolupráci s Bostonskou univerzitou. Vesalius College poskytuje liberální vzdělání v americkém stylu a využívá stále rostoucí prestiže Svobodné univerzity v Bruselu. [4]

### *Bruselský model evoluční teorie*

Vědci ze Svobodné univerzity v Bruselu chápou evoluci jako proces variace, který je založen na principu pokusu a omylu, a přírodního výběru systémů na všech úrovních složitosti. Pojem "přírodní výběr" pochází z Darwinovy teorie biologické evoluce, která rozlišuje mezi "přírodním" a "umělým" výběrem. Umělý výběr slouží k zdůraznění nebo potlačení určitých vlastností s jistým účelem (například šlechtitelé provádějí křížení krav s cílem dosáhnout vyšší produkce mléka). "Implicitním" cílem přírodního výběru je udržení nebo reprodukce určité konfigurace na jisté úrovni abstrakce. Výběr je přírodním v tom smyslu, že neexistuje žádný činitel nebo systém, který výběr provádí. Výběr probíhá čistě automaticky nebo spontánně bez nějakého předchozího plánu.

Evoluce obvykle vede k vyšší složitosti systému, i když je třeba určité opatrnosti při definování tohoto pojmu.

Darwinův obraz evoluce byl a stále je předmětem kritiky, především ze strany křesťanů, podle nichž musí existovat jistý plán evoluce, který mohl sestavit pouze Bůh. Nedávno se objevila jiná kritika Darwinovy evoluční teorie spočívající v tvrzení, že evoluci lze vysvětlit je tehdy, pokud je přírodní výběr doplněn samoorganizací.

Úzce chápaná interpretace Darwinovy teorie chápe evoluci jako výsledek přírodního výběru působícího na populace organismů, které vzájemně soutěží o přírodní zdroje. Vybrány jsou pouze takové organismy, které jsou nejlépe schopny využít přírodní zdroje nezbytné pro rozmnožování a přežití. Ostatní organismy jsou odsouzeny k zániku. I když abstrahujeme od pojmu "organismy", přesto tato interpretace Darwinovy teorie předpokládá následující dvě omezení

- předpokládá se existence množství ("populace") konfigurací, z nichž se uskutečňuje výběr
- předpokládá se, že výběr probíhá prostřednictvím společného prostředí, v němž konfigurace existují

V obecnější interpretaci není nutná soutěž mezi současně existujícími konfiguracemi. Konfigurace může být vybrána nebo zamítnuta nezávisle na přítomnosti jiných konfigurací. Systém tak může přecházet od jedné konfigurace k druhé, přičemž některé z nich jsou přijaty a jiné odmítnuty. "Soutěž" probíhá pouze mezi různými stavy jediného systému. Takový výběr můžeme stále chápat jako "přírodní".

Mnohem důležitější ovšem je skutečnost, že tento výběr vůbec nevyžaduje existenci nějakého "vnějšího prostředí", jehož vlivem výběr konfigurací probíhá. Lze si snadno představit, že různé konfigurace systému mohou být vnitřně stabilní nebo nestabilní. Shluk molekul ve vakuu (tedy v "prázdném prostředí") se rozplyne nezávisle na přítomnosti nějakých vnějších sil. Krystal v též vakuu ale zachová svoji pevnou strukturu. První konfigurace je tedy výběrem zamítnuta, druhá může být vybrána. Stabilita určité struktury a fungování výběrového kritéria je čistě vnitřní záležitostí systému a není nutná existence nějakých vnějších sil na jejich vysvětlení.

V takových případech je výběr vlastností samotné konfigurace a asymetrický přechod od změny ke stabilitě lze chápat jako "samoorganizaci" systému. Přírodní výběr tak může odpovídat jak darwinovskému výběru, tak "samoorganizačnímu" výběru.

### *Metoda "pokus - omyl"*

Podle neodarwinistické interpretace evoluce probíhá díky tvorbě náhodných konfigurací hmoty, které svádějí boj o existenci, díky němuž některé konfigurace přežívají a jiné jsou odsouzeny k zániku. **Karl R. Popper** to popisuje jako činnost obecné metody "eliminace pokusem a omylem". **Donald T. Campbell** používá termín "slepá variace a selektivní paměť". Bruselská škola hovoří o metodě pokusu a omylu. Nelze používat termín "slepý", neboť např. v kulturní evoluci nebo při řešení nějakého problému máme informaci o možných volbách. Bruselská škola sice buduje svoji teorii za předpokladu, že variace je slepá a také ji za tohoto předpokladu testuje. Nikde však tohoto faktu nevyužívá, tedy nikde nepředpokládá, že všechny logicky možné volby jsou stejně pravděpodobné. Úspěchem teorie je skutečnost, že slepota variace je postačující, ale nikoliv nutnou podmínkou. Hlavním požadavkem teorie je velký počet možných stavů nebo řešení, které vznikají procesem variace.

Tento princip je natolik silný, že kdykoliv je nějaký typ variací nebo pokusů následován vyloučením "nevyhovujících" nebo "chybných" pokusů a ponecháním nebo prosazením "vyhovujících" pokusů, hovoříme o evoluci. Skutečnost, že pouze úspěšné kroky jsou ponechávány, nutně vede k nevratnému vývoji určitým směrem bez možnosti návratu do původního stavu (princip asymetrického přechodu).

### *Princip autokatalytického růstu*

Stabilní konfigurace, které vedou k výskytu vzájemně si podobných konfigurací, se stávají nepoččetnější. Tento princip doplňuje princip selektivní paměti, který vyjadřuje konzervativní aspekt evoluce. Princip autokatalytického růstu vyjadřuje naopak progresivní aspekt evoluce, růst a vývoj. Autokatalytický růst popisuje jak biologickou reprodukci, tak kladnou zpětnou vazbu nebo nelinearitu charakterizující většinu anorganických procesů samoorganizace, jako je růst krystalů. Princip autokatalytického růstu tvrdí, že k explozivnímu růstu postačuje, aby nějaká konfigurace byla stabilní a v jistém aspektu byla autokatalytická (umožňovala vlastní reprodukci) nebo se přímo reprodukovala.

Takové konfigurace se v biologii označují jako velmi úspěšné, což pro ně představuje selektivní výhodu nad ostatními. Růst počtu konfigurací vyžaduje určité (konečné) zdroje. Z toho plyne, že

takový růst se musí nutně zastavit a že dvě konfigurace, které využívají stejné zdroje, musí nutně o ně soutěžit. Úspěšnější konfigurace obvykle méně úspěšnou konfiguraci vyřadí z boje tím, že ji neponechá žádné zdroje pro přežití. Toto zobecnění principu selektivní paměti lze nazvat principem přírodního výběru.

### *Princip výběrové mnohotvárnosti*

Čím větší mnohotvárnost konfigurací má systém k dispozici, tím větší je pravděpodobnost, že alespoň jedna tato konfigurace bude výběrem ponechána. I když je tento princip ve své podstatě tautologií, vede k řadě užitečných a netriviálních závěrů. Např. čím méně stabilních konfigurací má systém k dispozici, tím více variacemi (procházejícími řadou konfigurací) musí projít, než dosáhne stabilní konfigurace. Pokud se výběrové kritérium, které rozhoduje o stabilitě konfigurací, může měnit, má větší úspěch systém s co největším možným počtem konfigurací. Pokud nějaká konfigurace systému díky změně výběrového kritéria přestane být stabilní, má systém s větším počtem možných konfigurací větší šanci, že dosáhne nějaké nové stabilní konfigurace. Klasickým příkladem je nějaká monokultura geneticky podobných nebo stejných rostlin. Jediné onemocnění nebo napadení škůdcem vede ke zničení celé monokultury. Pokud by zde existovala mnohotvárnost různých rostlin, pak je vždy určitá šance, že nějaké rostliny přežijí.

Jiným zvláštním případem je princip "pořádku ze šumu", který souvisí s "pořádkem mimo chaos". Náhodný šum nebo chaos lze chápat jako rychlou a slepou variaci. Tento princip tvrdí, že přidání šumu do systému může vést k přechodu systému do nějaké stabilní konfigurace. Prakticky se tato technologie používá tak, že se šum nebo variace přidává postupně ve stále menším množství, až se dosáhne stabilní konfigurace.

### *Princip rekursivní výstavby systémů*

Procesy na základě principu rekursivní výstavby systémů rekursivně vytvářejí stabilní systémy kombinací stabilních stavebních bloků. Takové stabilní konfigurace lze považovat za elementární prvky. Jejich stabilita je odlišuje od proměnlivého pozadí. Tato odlišnost je přitom sama stabilní. Vztahy mezi těmito prvky také podléhají změnám, které lze chápat jako rekombinace prvků. Ty kombinace prvků, které jsou nejstabilnější, se zachovávají.

Takové konfigurace vyššího řádu lze označovat jako systémy. Prvky nižšího řádu v těchto procesech hrají roli stavebních prvků a jejich stabilita je potřebná pro výstavbu konfigurací vyššího řádu. Princip "celek je více než jeho části" vyplývá ze skutečnosti, že nová stabilní konfigurace má některé nové vlastnosti, které její jednotlivé části neměly. Nová stabilní konfigurace může sloužit znovu jako stavební blok.

Simon ve své práci "*The Architecture of Complexity*" ukazuje, že stabilní konfigurace se skládají z relativně malého počtu stavebních bloků, protože čím je konstrukce složitější, tím je menší pravděpodobnost, že se jí dosáhne slepou variací. Takový vývoj vede k hierarchii konfigurací, které lze reprezentovat evolučním stromem.

Tento Simonův názor rozšiřuje bruselská škola dvěma zásadními poznámkami. Za prvé, pokud lze nějaké stavební bloky vytvořit snadněji než jiné, pak podle principu autokatalytického růstu jejich počet může růst neomezeně. Za druhé, je možné, i když méně pravděpodobné, že určité stavební bloky mohou vytvářet několik stabilních konfigurací, z nichž každá vyhovuje dvěma nebo více výběrovým kritériím. Je zřejmé, že čím více výběrových kritérií daná konfigurace splňuje, tím obtížněji jí může být dosaženo slepou variací. Stromová struktura může být v tomto případně zobecněna, kdy k nějaké konfiguraci se lze dostat několika způsoby.

### *Princip "červené královny"*

Princip "červené královny" tvrdí, že systém pokračuje ve vývoji pouze v případě, pokud si musí zachovat svoji výhodu před ostatními systémy, které se vedle něj vyvíjejí. Tento princip poprvé

navrhl biolog **L. van Valen** (1973). Jeho název vychází z knihy **Lewis Carolla** *"Through the Looking Glass"* (Alenka za zrcadlem), kdy Červená královna říká Alence, že *"v tomto místě jediné, co můžeš udělat, je zůstat v tomto místě"*.

Pokud nějaký druh má evoluční výhodu, pak variace normálně povede trvale ke zvětšování této výhody nad jinými druhy. Toto zvětšování evoluční výhody probíhá nutně na úkor ostatních druhů. Jedinou možností, jak si udržet evoluční výhodu nad ostatními druhy, je neustále zlepšovat svoji konstrukci.

Příkladem může být soutěž mezi predátory a jejich oběťmi, kdy jedinou možností, jak predátor může kompenzovat lepší obranu oběti (králík běží rychleji) je vyvinout lepší útok (liška běží rychleji).

Na druhé straně na příkladu stromů lze ukázat, jak taková soutěž může vést k evoluční nevýhodě. Stromy v lese soutěží o přístup k slunečnímu záření. Pokud některý strom vyrostе o něco výše než ostatní, získá více slunečního záření. Na druhé straně ale takový strom spotřebuje mnohem více zdrojů energie, než strom s nižší výškou. Toto je příklad problému "suboptimalizace". Optimalizace přístupu jednotlivých stromů ke slunečnímu záření nevede k optimálnímu růstu celého lesa.

### *Zobecněný "Peterův princip"*

Evoluční systémy mají tendenci se vyvíjet za hranice svých adaptivních možností. Peterův princip poprvé uvedl **L. Peter** ve své humoristické knize *"The Peter Principle"*. Tento princip ve své původní verzi tvrdí, že v hierarchicky strukturovaném úřadu lidé zastávají stále vyšší funkci v závislosti na své "úrovni nekompetence". Princip vychází z pozorování, že nový zaměstnanec začíná obvykle na nižší funkci a když úkoly této funkce konečně zvládne, je obvykle povýšen. Tento postup se může opakovat, dokud existují funkce, pro něž není příslušný pracovník kompetentní. Ustanovená pravidla úřadů jen obtížně mohou schopného pracovníka převést na nižší funkci, i když by ji mnohem lépe zvládal a cítil se třeba šťastnější. Výsledkem celého procesu je situace, kdy většinu vysokých funkcí zastávají nekompetentní lidé, kteří by se mnohem lépe osvědčili na jiné (nikoliv nutně snazší) funkci, než se od nich očekává.

Evoluční zobecnění tohoto principu je ve svých důsledcích méně pesimistické, protože evoluce nedisponuje byrokratickými nástroji, které nutí pracovníky úřadu zastávat funkce, na něž nestačí. Peterův princip v evoluci lze chápat tak, že systémy rychle překonávají snadné problémy a po určité době se střetnou s problémy, které překonávají obtížně. Takové systémy nejsou z evoluční soutěže vyřazeny, ale pouze překračují hranice své kompetence a problémy řeší s velkými obtížemi. Tím lze vysvětlit, proč tak složité a adaptivní druhy, jako jsou lidé, musí stále "bojovat o přežití" s mnohem primitivnějšími druhy, jako jsou bakterie. I když systém je schopen překonat všechny své evoluční problémy, přesto podle principu "červené královny" se po určité době setká s ještě složitějšími problémy a dostane se za hranice svých možností.

### *Růst složitosti*

Darwinova evoluční teorie je od počátku spojena s myšlenkou růstu složitosti v čase. Z elementárních částic vznikly atomy, z nich molekuly, pak složité molekuly a později první nebuněčné organismy. Tyto organismy se vyvíjely ve stále složitější. Podle klasické evoluční teorie ale neexistuje žádný důvod, proč by přírodní výběr měl zvýhodňovat stále složitější systémy. Evoluce probíhá jen na základě rostoucí úspěšnosti, která nemusí nijak souviset se složitostí systému. Například, podle některých teorií viry mohou být degenerované formy původně mnohem složitějších organismů. Viry žijí jako parazité a hostitelský organismus využívají jako prostředí, které jim zajišťuje možnost reprodukce. Proto viry nemají vlastní metabolismus a reprodukční systém. Přírodní výběr upřednostnil tyto organismy na základě částečné ztráty jejich složitosti.

Otázku, proč složitost jednotlivých systémů během evoluce roste, lze snadno zodpovědět použitím "Zákona nutné rozmanitosti" z klasické kybernetiky a "principu červené královny" z evoluční teorie.

Podle Ashbyho zákona nutné rozmanitosti pro zajištění úplné kontroly systému nad prostředím musí být rozmanitost akcí, které řídí systém, větší než rozmanitost perturbací prostředí, které má systém kompenzovat. Evoluční systémy (organismy, společenstva, samoorganizující se procesy) budou tím úspěšnější, čím větší mají kontrolu nad prostředím, v němž mají přežít a reprodukovat se. Proto evoluce prostřednictvím přírodního výběru vede organismy k růstu jejich kontroly nad prostředím a tedy k růstu vnitřní rozmanitosti. Protože je ale zřejmé, že rozmanitost prostředí je vždy mnohem větší, než je rozmanitost systému, vyvíjející systém nikdy nemůže dosáhnout úplné kontroly nad svým prostředím, ale může dosáhnout alespoň dostatečné kontroly nad svým okolím. Lze si proto představit pokračující proces, kdy rozmanitost systému trvale pomalu roste, ale nikdy nedosáhne nekonečné rozmanitosti prostředí.

Podle principu výběrové rozmanitosti a principu potřebného tlaku Ashbyho zákon nutné rozmanitosti má svá omezení. V určitém bodě růst rozmanitosti systému spíše zmenšuje než zvětšuje jeho kontrolu nad okolím. Systém se asymptoticky blíží k bodu, kdy nutná rozmanitost je v rovnováze s potřebným tlakem. Např. u virů je tento bod charakterizován velmi nízkou rozmanitostí, u lidí velmi vysokou rozmanitostí.

Tato analýza předpokládá, že prostředí je stabilní a předem dáno. Ale prostředí systému  $A$  se samo skládá z evolučních systémů (řekněme  $B$ ,  $C$ , ...), u nichž obecně stejným způsobem asymptoticky roste rozmanitost. Systém  $B$  se nachází v prostředí systému  $A$  a naopak. Proto růst rozmanitosti systému  $A$  vytváří vyšší tlak na růst rozmanitosti systému  $B$ , neboť oba systémy nyní musí kontrolovat mnohem složitější prostředí. I když růst složitosti je provázen asymptotickým zpomalováním, existuje kladná zpětná vazba mezi všemi zúčastněnými systémy. Proto řada evolučních systémů kvůli interakci s okolními systémy nutně zvětšuje svou složitost.

Uvedené argumenty ovšem neznamenají, že nutně všechny systémy musí zvětšovat svoji složitost. Například viry dosáhly dostatečné rovnováhy při kontrole svého prostředí díky tomu, že nemají na své úrovni složitosti žádnou konkurenci.

Uvedené argumenty lze také použít na zdůvodnění růstu složitosti celého prostředí. Uvažujme globální systém, který se skládá z řady společně se vyvíjejících podsystémů. Typicky může jít o nějaký ekosystém, ve kterém koexistují podsystémy organismů různých druhů.

Ekologové a evoluční biologové mají řadu dokladů o tom, že ekosystémy mají tendenci k růstu složitosti. Roste nejen počet různých druhů, ale také množství různých závislostí a interakcí mezi těmito druhy. Archeologové a ostrovní ekologové pozorují, že na počátku se v dané oblasti vyskytuje velmi málo druhů, ale časem se jejich počet neustále zvětšuje imigrací a diferenciací druhů, které se specializují na různé prostředí.

Jak vysvětlil **E. O. Wilson** ve své práci *"The Diversity of Life"*, existuje tendence nejen vyplnit všechny niky novými druhy, ale také tendence vytvořit nové niky. Hypotetický nový druh může obsadit dosud novou niku a svojí přítomností vytvořit řadu nových nik. Různé další druhy se pak mohou specializovat na jednotlivé nové niky. Například parazité mohou napadat zmíněný nový druh, jeho výkaly mohou využívat rostliny a může být loven některými predátory, atd. Každý z nových druhů vytváří opět nové niky, které mohou obsadit další druhy. Všechny druhy závisejí jeden na druhém. Pokud původní nový druh z niky odejde, na něm závislé druhy mohou vyhynout.

Tento princip není omezen pouze na ekosystémy nebo biologické druhy. Pokud se během evolučního vývoje v nějakém globálním systému (nitro hvězdy, zárodečná směs různě interagujících chemických sloučenin) objeví stabilní systém nového typu (nový chemický prvek v nitru hvězdy, nová chemická sloučenina), pak tento nový systém nutně vytváří nové prostředí a nové podmínky přírodního výběru. To znamená, že různé variace se buď novému systému adaptují (jsou vybrány) nebo neadaptují (jsou vyloučeny). Vyloučení nevyhovujících systémů může vést ke snížení složitosti, výběr vyhovujících systémů naopak vede ke zvýšení složitosti. Např. vznik nového druhu vytváří možnost vývoje specifických parazitů neb predátorů, ale také může znamenat vyhynutí méně přizpůsobených konkurenčních druhů nebo kořisti.

Obecně ale vyloučení ostatních systémů je omezeno v prostoru, protože nový systém není schopen ihned zaujmout všechna volná místa prostoru. Například vznik určité molekuly v některé části

zárodečné směsi neovlivní již existující molekuly v jiné části směsi. I když nový systém může způsobit vymizení jiného systému ve svém okolí, neznamená to, že tento jiný systém vymizí úplně. Podobně přizpůsobení nového systému je omezeno jen na jeho okolí, ale nevede k žádným změnám ve vzdálených oblastech. Dojde pouze k lokálním změnám, zatímco ostatní části zůstanou nedotčeny. Prostředí jako celek je stále více rozrůzněné a roste jeho složitost.

### *Směr evoluce*

Zásadní kritika myšlenky rostoucí složitosti, formulovaná mimo jiné **Stephenem Jayem Gouldem** (1994), se opírá o fakt, že takový růst by preferoval určitý směr evoluce, určitý "pokrok" nebo vývoj směrem k dokonalejším formám. Nedávné práce v evoluční teorii (např. teorie přerušované rovnováhy) a pozorování různých evolučních jevů ukazuje, že evoluce je zcela nepředpověditelná, chaotická a nahodilá posloupnost událostí, kdy malé fluktuace mohou způsobit rozsáhlé katastrofy, jejichž důsledkem jsou zásadní změny směru budoucího vývoje. Na první pohled se tedy zdá zcela nesmyslné hovořit o nějakém "směru evoluce".

Představme si skálu, z níž se mohou valit kameny k jejímu úpatí. Nepatrné nerovnosti skály způsobují, že konkrétní dráhu valícího se kamene je naprosto nemožné předpovědět. Opakované pokusy vedou k naprosto rozdílným drahám. Přesto jedna věc je naprosto jistá. Všechny kameny se nakonec zřítí k úpatí skály. I když tedy nejsme schopni určit dráhu valícího se kamene ve vodorovném směru, svislý směr je naprosto jistý.

Pokud chceme tuto představu použít na evoluci, musíme najít určitý ekvivalent "svislého" směru, tedy musíme definovat určitou proměnnou, která v průběhu evoluce vzrůstá. V termodynamice tuto roli sehrává entropie, ale pro popis složitosti je tento pojem obtížný. Fisherův (1958) teorém přírodního výběru navrhuje jinou proměnnou, která existuje u všech populací živých systémů. Touto proměnnou je průměrná úspěšnost. Úspěšnost je dána počtem jedinců daného druhu. Tento pojem lze zobecnit na nebiologické systémy díky principu asymetrického přechodu.

Poznamenejme ovšem, že úspěšnost je relativní pojem. Úspěch v jednom prostředí může být neúspěchem v jiném prostředí. Proto jednoznačný růst úspěšnosti platí pouze v invariantním prostředí (které je ale netypické v kontextu vedle sebe se vyvíjejících druhů). Gould například uvádí, že evoluce od nechlupečného slona k chlupečnému mamutu je způsobena ochlazením klimatu. Jakmile se globální klima znovu oteplí, chlupečatá varianta slona přestane být úspěšná a vývoj se zvrátí.

Absolutní úspěšnosti může systém dosáhnout nejprve zvětšením své vnitřní nebo vlastní úspěšnosti přidáním nebo upevněním vazeb mezi jeho jednotlivými komponentami (růst strukturální složitosti systému). Pak systém zvětšuje svoji úspěšnost vůči prostředí tím, že zvětší rozmanitost perturbací prostředí a tím svoji funkční složitost.

Tento proces lze ilustrovat na příkladu změny klimatu. Chlupečatý mamut je relativně úspěšnější než nechlupečatý slon, ale je absolutně úspěšnější než chladnokrevný plaz, který není vůbec schopen se adaptovat na chladné podnebí. Teplokrevnost je řízením vnitřní teploty organismu, tedy schopnost vnitřně kompenzovat variace vnější teploty klimatu.

Je zřejmé, že systém, který je schopen přežít situace  $A$ ,  $B$  a  $C$  je absolutně úspěšnější než systém, který je schopen přežít pouze situace  $A$  a  $B$ . Proto růst absolutní úspěšnosti nezbytně souvisí s růstem funkční složitosti. Evoluce je tedy nevratným procesem růstu funkční složitosti organismů.

Funkční složitost ale neroste lineárně a obecně nelze vůbec rozhodnout, který ze systémů má větší funkční složitost. Např. nelze rozhodnout, zda systém, který je schopen přežít situace  $A$ ,  $B$  a  $C$  je více či méně funkčně složitější než systém, který je schopen přežít situace  $C$ ,  $D$  a  $E$ . Samozřejmě, že oba systémy jsou méně úspěšnější než systém, který je schopen přežít situace  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  a  $E$ . Existuje tedy mnoho možností, jak systém může zvětšit svoji funkční složitost a tím také absolutní úspěšnost. Proto je evoluce zcela nepředpověditelná a neomezená.

Například lidé jsou absolutně funkčně složitější než třeba žáby. Ale evoluce mohla vytvořit naprosto odlišné druhy, které mohly dosáhnout různé úrovně funkční složitosti. Za nepatrné

odlišných podmínek proto na Zemi mohla vzniknout civilizace inteligentních psů, delfínů nebo chobotnic. Ikdýž se nám lidé jeví jako vrchol funkční složitosti v té části evoluce, kterou známe, v jiných částech vesmíru mohli nebo v budoucnosti na Zemi mohou vzniknout inteligentnější a funkčně složitější bytosti. Tento závěr je odmítnutím jakékoliv ideologie antropocentrismu.

### *Evoluční systémy*

Evolučním systémem je jakýkoliv materiální základ, na který působí evoluční procesy. Původně se pojem evolučních systémů omezoval na živé nebo lingvistické systémy (genetická informace a její změny). Prigoginova škola o disipativních strukturách ale ukázala, že také některé abiotické systémy jsou také "evoluční".

Teorie evolučních systémů má svůj původ v obecnější teorii systémů, ve strukturalismu. Obě teorie se zabývají strukturálními shodnostmi (ve formách a chování) mezi systémy různých látkových základů. S teorií evolučních systémů dnes souvisí nerovnovážná termodynamika, informační teorie, kybernetika "druhého" druhu, teorie hierarchií, teorie dynamických systémů, teorie kategorií, konstrukcionistická matematika, semiotika a filozofická analýza.

Hlavní proud syntetické evoluční teorie (neodarwinistické populační biologie) má na bruselskou školu evoluční teorie jen malý dopad. Většina prací se soustřeďuje na regularity změny (což darwinisté označují termínem "evoluční trendy").

Mezi standardním darwinismem a teorií evolučních systémů jsou určité zásadní rozdíly. Standardní darwinismus je mechanistický, zatímco většina jeho pozdějších verzí více či méně zásadně odmítá mechanistický materialismus jako filozofický základ. Bruselská škola teorie evolučních systémů vychází z takových myšlenek jako je samoorganizace, autogeneze, autokatakinéze nebo autognoze, které souvisejí s opuštěním newtonského a darwinistického pohledu na vesmír a nezbytnosti zahrnout subjektivního pozorovatele do teorie.

Bruselská škola teorie evolučních systémů předkládá řadu problémů k diskusi. Je nutné se shodnout na pracovních definicích základních termínů, jako je evoluce, samoorganizace a vývoj. Musí dojít k porovnání různých současně prosazovaných konceptů, jako je autogeneze nebo autokatakinéze. Je třeba nalézt metody, jak formalizovat nemechanické systémy, nalézt roli přírodního výběru v evolučních systémech, vyřešit problém na sebe se odkazujících systémů. Konečně je nutné nalézt řešení problému subjektivity ve vědě a znovu zrevidovat současnou roli termodynamiky v teorii evolučních systémů.

### *Samoorganizace*

**Tomáš Akvinský** byl patrně jedním z největších křesťanských myslitelů. Akvinský se pokusil sestavit logické důkazy existence Boha. Jeden z důkazů tvrdí, že Bůh je původní příčinou všech věcí, tedy že je jejich stvořitelem. Vychází se z názoru, že všechno, co má určitou organizaci a strukturu, muselo být na počátku někým stvořeno. Pokud něco má určité uspořádání, pak musel být někdo, kdo toto uspořádání navrhnul. Současná věda ale ukazuje, že hmota je schopna sama sebe organizovat a vytvářet struktury. Tímto způsobem bude možno vysvětlit vznik života jako samoorganizující se proces.

Samoorganizace je proces, při němž organizace určitého systému roste spontánně, tedy bez ovládní prostředím nebo zásahu nějakého jiného vnějšího systému.

Samoorganizace je procesem evoluce, kdy vliv prostředí je minimální a vývoj nových, složitých struktur probíhá pouze kvůli systému samotnému. Samoorganizaci lze porozumět na základě zcela stejných procesů variace a přírodního výběru, kterými se řídí procesy evoluce ovlivněné prostředím. Samoorganizace je způsobena procesy vnitřní variace, které označujeme jako "fluktuační" nebo "náhodný šum". **Hein von Foerster** odhalil princip, na jehož základě tyto procesy fluktuační vytvářejí selektivně udržované uspořádané konfigurace. **Ilya Prigogine** objasnil princip, jakým vzniká "řád z fluktuační". Oba tyto principy jsou zvláštním případem principu výběrové mnohotvárnosti.

Vzrůst organizace lze měřit jako pokles statistické entropie systému. Samoorganizující systém snižuje svoji termodynamickou entropii a proto podle druhého zákona termodynamiky musí nutně svoji entropii disipovat do svého okolí. Podstatným krokem k pochopení teorie samoorganizace hmoty je odlišit rovnovážnou termodynamiku, kdy veškerá schopnost změny je vyčerpána, od termodynamiky nerovnovázné. Rovnovážným stavem smísení mléka s kávou je obvyklá kapalina blátivé barvy. Během procesu mísení, během nerovnovážného stavu, však vznikají vířivé obrazce a struktury bílého mléka v černé kávě.

Samoorganizace dokazuje, že druhý zákon termodynamiky není pouze šipkou času, ale je zdrojem časových cyklů a prostorových struktur. Jak bude ukázáno později, jev samoorganizace těsně souvisí s nelineárními dynamickými systémy s deterministickým chaosem. Tento chaos neznamená pouhé rozrušení řádu, ale spíše jeho zvláštní formu. V chemických hodinách se na chaos nahlíží jako na posloupnost barevných změn. Přívlastek "deterministický" naznačuje, že tento chaos má skryté formy uspořádání. Kolem nelineárních dynamických systémů a deterministického chaosu vznikla nová vědecká oblast, označovaná termínem "nelineární věda", díky níž se objevila "nová fyzika", která se snaží realitu nerozdělovat na jednotlivé části, jak to fyzika činila až dosud, ale postihnout realitu jako celek. Matematika k nelineární vědě dospěla nejen prostřednictvím fyziky, ale také studiem fraktální geometrie a hledání řešení nelineárních diferenciálních rovnic, které nelze řešit explicitně.

Pro toho, kdo zná pouze rovnovážnou termodynamiku je značně překvapující, že v dynamických systémech daleko od rovnovážného stavu se objevuje vysoký stupeň uspořádanosti. Rozsáhlé shluky molekul se chovají koordinovaně jak v prostoru tak v čase. Takové struktury **Ilya Prigogine** označil jako "disipativní struktury", protože vznikají díky výměně energie a hmoty systému s okolím a tím dochází k celkovému růstu entropie, což se označuje obecně jako disipace. Složité a vzájemně závislé procesy, které vedou ke vzniku disipativních struktur, se označují jako samoorganizace.

Hlavním výsledkem Glansdorffovy a Prigoginovy práce je závěr, že druhý zákon termodynamiky dovoluje vznik uspořádanosti. V roce 1977 obdržel Ilya Prigogine Nobelovu cenu za chemii za přínos k rozvoji nerovnovážné termodynamiky.

Samoorganizace obvykle souvisí se složitějšími, nelineárními jevy, než s relativně jednoduchými procesy. Všechny projevy nelinearity (limitní cykly, deterministický chaos, citlivost na počáteční podmínky, disipativní strukturování) lze vysvětlit součinností kladných a záporných zpětných vazeb. Některé variace působí společně (projevují se jako autokatalytický růst), jiné variace se vzájemně potlačují. Oba typy zpětných vazeb ovlivňují přírodní výběr. Kladná zpětná vazba zvětšuje počet konfigurací (až do vyčerpání jejich zdrojů), záporná zpětná vazba konfigurace stabilizuje. Interakce mezi oběma vazbami, kdy variace jistými směry jsou posíleny a jinými směry naopak potlačeny, mohou vést k chaotickému chování, které se může velmi rychle vyvíjet, dokud není dosaženo některé stabilní konfigurace (atraktor).

Přechod z některého nestabilního stavu do stavu stabilního má určitou nenulovou pravděpodobnost, ale přechod opačný není možný. Pravděpodobnost přechodu z méně stabilní konfigurace  $A$  do více stabilní konfigurace  $B$  je vždy větší než pravděpodobnost přechodu opačným směrem.

Podobný princip navrhl již **Ashby** v roce 1962 ve své práci "*Principles of the Self-Organizing System*". Systémy mají obecně tendenci směřovat do rovnovážného stavu. Většina systémů se nyní nachází v nerovnovážném stavu a postupně přecházejí z většího počtu možných stavů k stále menšímu počtu možných stavů.

Zmenšování počtu dosažitelných stavů ukazuje, že statistická entropie systémů se zmenšuje, protože se zvětšuje organizace systému. Podle druhého zákona termodynamiky se ale entropie uzavřeného systému nemůže zmenšovat. Samoorganizující se systémy nejsou uzavřené, ale otevřené systémy, které si s okolím vyměňují hmotu, energii a entropii (jsou disipativní).

Hlubšího pochopení lze dosáhnout použitím termodynamické definice entropie. Energie systému je definována jako schopnost konat práci, tedy schopnost provádět změny (variace) stavu systému. Energii lze proto chápat jako potenciální variaci. Stabilní konfigurace systému již nepodléhá žádným

změnám. Abychom porušili stabilní rovnováhu systému, musíme mu dodat energii. Čím stabilnější rovnováha je, tím více energie systém vyžaduje. Stabilní systém odpovídá systému s minimálním množstvím energie.

Podle prvního zákona termodynamiky se energie zachovává a nelze ji zničit ani vytvořit. Klasická mechanika proto tvrdí, že nemůže existovat přechod z nestabilního stavu do stabilního stavu s nižší energií a evoluce je reverzibilní.

Termodynamika tento klasický obraz rozšířila pojmem disipace energie. Jednoduchý model disipace energie poskytuje kvantová mechanika například na modelu atomu, kdy elektron přechází ze stavu s vyšší energií do stavu s nižší energií emitací fotonu. Tento jev je reverzibilní, ale s menší pravděpodobností.

Princip asymetrického přechodu tvrdí, že systém má tendenci disipovat energii (nebo teplo), aby dosáhl stabilnějšího stavu. Pro uzavřené systémy je tento princip ekvivalentní druhému zákonu termodynamiky. V otevřených systémech statistická entropie může klesat, pokud jsou pravděpodobnosti přechodu z jednoho stavu do druhého asymetrické. Pokud otevřenému systému trvale dodávána energie, jeho konfigurace nikdy nebude schopna dosáhnout stavu s minimální energií. Takový systém bude mít tendenci dodávanou energii maximálně disipovat, protože pravděpodobnost, že energie je systémem emitována je větší, než pravděpodobnost, že energie bude systémem absorbována. Tato hypotéza zjevně odpovídá zákonu maximální produkce entropie (Swenson), který popisuje disipativní struktury a jiné konfigurace systému daleko od termodynamické rovnováhy.

Konfigurace systémů mají tedy tendenci směřovat ke stále stabilnějšímu stavu, přičemž emitují energii. Tento proces lze chápat jako narůstající rozdíl mezi zápornou energií stabilních vazeb a kladnou energií fotonů a pohybu částic. Některé současné kosmologické teorie předpokládají spontánní oddělování záporných a kladných energie, aby objasnily vznik vesmíru z vakua s nulovou energií. (Hawking 1988)

Nerovnovážná termodynamika přichází s novou myšlenkou, že různé příčiny mohou vést ke stejnému stavu s maximální entropií. Takový rovnovážný stav, k němuž směřují všechny ostatní stavy, se nazývá atraktor, protože přitahuje různé možné stavy systému tak, že všechny možné trajektorie stavů systému na atraktoru končí. Příkladem je např. volné kyvadlo, které se po několika oscilacích ustálí v rovnovážné poloze.

Atraktory mohou mít různý tvar. V nejjednoduším případě jde o jediný bod, který představuje stabilní stav. Všechny ostatní stavy přecházejí po různých trajektoriích k tomuto stavu.

Složitějším atraktorem je jednorozměrný atraktor nebo limitní cyklus. Všechny stavy postupně končí na tomto atraktoru a systém může procházet pouze stavy na atraktoru nebo limitním cyklu. Limitní cyklus je představován uzavřenou křivkou ve fázovém prostoru stavů.

Jak nelinearita systému roste, mohou vznikat stále složitější atraktory. Konečná trajektorie stavů systému může mít značně složitý tvar bez jakékoliv periodicity. Přesto i velmi složitá konečná trajektorie je atraktorem, protože všechny ostatní stavy systému postupně vedou k tomuto atraktoru bez možnosti tento atraktor opustit. Obecně je atraktorem oblast ve fázovém prostoru možných stavů systému, kterou systém po jejím dosažení nemůže samovolně opustit. Oblast může mít různý i neceločíselný počet rozměrů. Atraktory s neceločíselnou dimenzí se nazývají podivnými atraktory. Trajektorie stavů systému uvnitř podivného atraktoru jsou naprosto chaotické.

Jinou charakteristikou velmi nelineárních systémů může být větší počet různých atraktorů ve fázovém prostoru stavů. Systémy tak mohou obecně dosáhnout jiného atraktoru. Podobně jako každé moře má své povodí řek, které do něj vtékají, každý atraktor má svoji oblast stavů, v níž všechny stavy mají trajektorie končící na tomto atraktoru. Tyto oblasti mohou mít vzájemné hranice velmi složitého tvaru. U systémů s počátečním stavem poblíž takové hranice lze velmi obtížně rozhodnout, k jakému atraktoru jejich trajektorie stavů dospěje. Hranice oddělující dva atraktory se nazývá bifurkace. Poblíž této hranice se systém chová chaoticky, kdy nelze rozhodnout, k jakému atraktoru nakonec dospěje.

Pokud je dynamický systém vystaven vnějšímu tlaku, například zvýšením jeho energie nebo zvýšením toku energie, která systémem prochází, počet atraktorů systému se zvětšuje. Více en-

ergie vede k zesílení malých změn a tedy k většímu rozčlenění možných typů chování systému. Předpokládejme, že systém se může vyvíjet směrem k jedinému atraktoru. Jakmile roste tlak, vznikne bifurkace, kdy se tento atraktor rozdělí na dva. Nyní může systém dosáhnout dvou různých stabilních stavů. Dalším Zvyšováním tlaku na systém se stále rychleji zvětšuje počet možných atraktorů. V určitém bodě začne počet atraktorů růst neomezeně a systém se bude vyvíjet k chaotickému chování.

### *Samoorganizace v přírodních vědách*

Jedním z důležitých oborů, jež jsou základem analýzy evoluční teorie a složitosti systémů, je nerovnovážná termodynamika. Ilya Prigogine obdržel Nobelovu cenu za svoji práci s dalšími členy "bruselské školy", která ukázala, že fyzikální a chemické systémy daleko od termodynamické rovnováhy přenášejí do svého okolí entropii a mají sklon k samoorganizaci a ke vzniku disipativních struktur. Filozofické závěry (Prigogine, Stengers, 1984), které vycházejí ze samoorganizace hmoty v prostoru a v čase, a vědecké práce (Nicolis, Prigogine, 1977, 1989) o bifurkaci a uspořádání vznikajícího z chaosu jsou citovány v řadě různých pracích. Např. **Erich Jantsch** učinil ambiciózní pokus vysvětlit vývoj vesmíru od velkého třesku až po vývoj lidské společnosti.

Fyzik **Hermann Haken** (1978) vytvořil termín "synergetika" pro vědecký obor, který studuje kolektivní chování mnoha vzájemně interagujících komponent. Takové kolektivní chování bylo objeveno v některých chemických reakcích, při vzniku krystalů, u laserů, ve fyzice nízkých teplot (Boseova-Einsteinova kondenzace). Jiný nositel Nobelovy ceny, **Manfred Eigen** (1992) se soustředil na původ života na Zemi. Přišel s myšlenkou hypercyklu, určitého autokatalytického cyklu chemických reakcí, které obsahují další cykly, a s myšlenkou kvazidruhů, fuzzy rozdělení genotypů, které charakterizují rychle mutující populace organismů nebo molekul.

Matematické modely nelineárních systémů ve fyzice vedlo ke konceptu chaosu, deterministického procesu s vysokou citlivostí vzhledem počátečním podmínkám (Crutchfield, Farmer, Packard, Shaw, 1986). I když chaotické systémy přísně vzato nelze považovat za formu evoluce, představují důležitý aspekt chování složitých systémů. Celulární automaty a matematické modely dynamických systémů s diskretním počtem stavů a časem se staly základem pro studium deterministického chaosu a atraktorů. Stephen Wolfram vytvořil základní klasifikaci různých typů chování dynamických modelů. Teorie katastrof poskytla matematickou klasifikaci kritického chování procesů se spojitou mapou stavů.

Francouzský matematik **Benoit Mandelbrot** (1983) položil základy fraktální geometrie, která modeluje opakování podobných obrazců v různých velikostních měřítcích. Fraktály se mimo jiné vyskytují ve většině přírodních systémech. Per Bak (1988, 1991) studiem sněhových lavin a zemětřesení ukázal, že řada složitých systémů se spontánně vyvíjí ke kritickému rozhraní mezi pořádkem (stabilitou) a chaosem, přičemž velké poruchy jsou méně četnější než poruchy malé. Tento jev vysvětluje dynamiku přerušované rovnováhy, která se vyskytuje v biologické evoluci.

### 3 Počítačové modely evoluce.

Jednotlivé taxonomické skupiny organismů (druhy, rody, čeledi, řády atd.) mají stejně jako jednotlivé organismy svůj vlastní vývoj. Analogie se životem jednotlivých organismů je ale pouze zdánlivá. Fázi vymírání určitého taxonu nepředchází žádná fáze jeho stárnutí.

Přestože taxony vznikají a zase vymírají, během své existence nevykazují žádné orientované změny, ale chovají se chaoticky. Období jejich vývojové expanze jsou propletena s obdobími úpadku a jejich evoluční smrt přichází náhle.

Příkladem může být evoluce dnes vymřelých hlavonožců amonitů [*Ammonites*]. Před asi 360 milióny lety ve svrchním devonu šlo o silně rozvinou skupinu organismů. Koncem devonu tato skupina téměř vymizela. V karbonu a permu před asi 150 milióny lety se obnovilo morfologická a druhová diverzita těchto organismů. Na konci permu však většina z nich znovu vyhynula a jen část se objevila v triasu. Vhodné životní podmínky vedly k prudkému rozvoji a amonité se staly dominantní faunou oceánů a moří. Koncem triasu došlo k hromadnému vymírání amonitů a přežil zřejmě jen jediný druh. V období jury a křídly se amonité znovu přizpůsobily vnějšímu prostředí a došlo k jejich prudkému rozvoji a výraznému evolučnímu vítězství. Před 65 milióny lety na konci svrchní křídly však došlo k hromadnému organismů a amonité, podobně jako dinosauři, zcela vymizely.

Příčiny prudkých evolučních změn amonitů v geologické historii Země neznáme. Mohlo jít o silnou konkurenci jiných skupin organismů, o nevýhodnou změnu vnějšího prostředí nebo dokonce o náhodné a ničím nepodmíněné fluktuace. Může "slepá náhoda" řídit evoluční procesy stejným způsobem, jako např. rozpad radioaktivních látek? Znovu se tak objevila otázka Alberta Einsteina, který se ptal, zda "Bůh s přírodou hraje v kostky".

Ke studiu stochastické evoluce (založené na náhodných výběrech) se dnes používají počítačové modely evolučních procesů. Každou evoluční linii lze ztotožnit s tzv. počítačově generovaným dendrogramem nebo kladogramem, který představuje určitou variantu rozvětveného genealogického stromu. Generování rozvětvení vývojových linií (bifurkace) se provádí generátorem náhodných čísel.

V daném evolučním období má každá evoluční linie tři možnosti svého vývoje. Může se vyvíjet beze změn, může se rozdělit (bifurkovat) a tím mohou vzniknout nové linie nebo taxony, nebo konečně může vyhynout.

Výsledkem matematických modelů jsou stromovité útvary, které vyrůstají ze společného základu, a různým způsobem se rozrůstají podle počítačem generovaných stupňů volnosti.

Počítačovým modelováním evoluce se v minulosti zabývali např. Stephen Jay Gould, David Malcolm Raup a J.J. Sepkoski. [3] Zjistili, že počítačem generované kladogramy se nápadně podobají kladogramům vytvořeným na základě paleontologického výzkumu, v nichž se významné události (vznik nové linie, rozvoj, úpadek a zánik) zdůvodňovaly konkrétními příčinami. V případě počítačově modelovaných evolučních procesů rozhodovaly generátory náhodných čísel.

Paleontologie vytvořila řadu velmi věrohodných a logických evolučních scénářů. Avšak tyto scénáře mohou být pravdivé jen tehdy, pokud je pravdivý předpoklad, že evoluční linie byly podmíněny konkrétními biologickými a fyzikálními podmínkami. Autoři počítačových kladogramů se rozhodli otestovat, zda takové takové scénáře skutečně mají reálný základ nebo zda chování evoluce je skutečně z větší části náhodné. Od těchto výzkumů již uběhlo několik let.

Evoluční biologové stále častěji hledají a nacházejí scénáře dávných evolučních událostí. Toto hledání většinou začínají od testování od tzv. nulové hypotézy, podle níž příčiny určitého evolučního procesu jsou náhodné. Důkladně byl prozkoumán vývoj potenciálně konkurenčních skupin organismů, jako jsou hlavonožci a mlži, dinosauři a savci, vačnatci a placentálové, atd. Evoluční modely ukázaly, že skupina organismů, která "prohrála" svůj boj o život vymřela ještě před příchodem "vítězné" skupiny. Modely nenasvědčují, že by docházelo k bezprostřední konkurenci nebo k evolučnímu pokroku "vítězů".

Výsledky počítačových simulací evoluce samozřejmě neznamenají popření deterministických příčin evolučního vývoje. Modely však upozornily na to, že evoluční boj o život je spíše hazardní

hra než přísně deterministický vývoj.

Britský biolog Richard Dawkins se věnuje počítačové simulaci morfologie organismů. Rozhodl se pomocí počítače modelovat vývoj organismů, které se a Zemi dosud nevyskytovaly. Fantastický svět morfologických typů různých organismů představil světu ve své knize "Slepý hodinář" (The Blind Watchmaker, Penguin Book, 1998).

Dawkinsova úvaha byla jednoduchá. Evoluce se podle Darwina řídí variací jednotlivých organismů a neorientovanou selekcí. V každé generaci neorientovaná selekce vybere ty jedince, kteří jsou z nějakých důvodů "lepší" než zbývající část populace.

Richard Dawkins sestavil jednoduchý počítačový program a začal podobně jako Stephen Jay Gould s vytvářením dendrogramů. Program začíná od přímé linie, která se později rozvětví. Původní přímé linie tak bifurkují (rozvětvuji se) do podoby složitěho stromu. Vývoj každého organismu se řídí geny v jeho genotypu. Vývoj Dawkinsových dendrogramů se řídil devíti "geny", které byly představovány podprogramy pro vytváření žádaných vlastností generovaných dendrogramů, jako např. délka jednotlivých linií, úhel mezi liniemi, celkové množství bifurkací, vzájemné vztahy a vazby mezi vývojovými větvemi atd. Každý podprogram mohl produkovat různé hodnoty vlastností, které reprezentoval, tedy "gen" mohl "mutovat". Dalším krokem byla neorientovaná selekce ("přírodní výběr"), která byla prováděna podle různých kritérií. Dawkins ve své knize uvádí, že použil "estetická kritéria".

Samozřejmě mezi umělým a přírodním výběrem je zásadní rozdíl. Chovatelem vyšlechtěný druh musí být přizpůsoben k přežití ve volné přírodě. Podobně tomu bylo s Dawkinsovými morfotypy. Aby přežily, nemusely brát ohled na jiné morfotypy ani na vnější podmínky, v nichž existovaly.

Jistě lze podmínit vývoj jedné skupiny morfotypů vlastnostmi morfotypů ostatních skupin. Avšak ani toto úsilí by nemuselo vést k úspěchu, protože "konkurující" morfotypy jsou pouze vzdálenou analogií skutečného boje o život v přírodě. Simulace skutečných životních podmínek je zřejmě v blízkých desetiletích nereálná.

Navzdory všem dosaženým výsledkům simulace evolučních procesů pomocí počítačových programů k objasnění reálných mechanismů evoluce příliš nepřispívají. Výsledky studia genomů organismů nasvědčují, že mutace nejsou výsledkem náhodných fluktuací, ale jsou přísně podmíněny faktory vnějšího prostředí a okamžitými stavy molekul, které skutečně řídí proces evolučních změn.

Stovky miliónů druhů organismů, které se v historii Země objevily, jsou jen nepatrnou částí bioprostoru generovaného počítačem modelovanou evolucí. Z počítačových modelů evolučních procesů se sice příliš nedovídáme o biosféře a evoluci přírody, ale získali jsme možnost se podívat na evoluci z jiného úhlu.

## 4 Geochronologická tabulka.

éra	perioda	epocha		stáří v mil. let	živočichové rostliny
Kenozoikum	kvartér	holocén	mladý střední starý	1,8	
		pleistocén			
	terciér	neogén	pliocén	22,5	vznik člověka
		paleogén	miocén		
				oligocén eocén paleocén	65

éra	perioda	epocha	stáří v mil. let	živočichové rostliny
Mezozoikum	křída	svrchní	100	vymření dinosaurů ptakoještěři, amoniti
		spodní	141	
	jura	svrchní (malm)	195	
		střední (dogger)		
	trias	spodní (lias)	230	první savci dinosauri
		svrchní		
	střední			
	spodní			

éra	perioda	epocha	stáří v mil. let	živočichové rostliny
Paleozoikum	perm	svrchní spodní	280	pelykosauři
	karbon	svrchní (siles) spodní (dinant)	345	první plazi
	devon	svrchní střední spodní	395	první obojživelníci rozvoj suchozem. členovců hmyz
	silur	svrchní spodní	430	první ryby
	ordovik	svrchní spodní	500	první bezčelistní
	kambrium	svrchní střední spodní	570	skoro všechny kmeny bezobratlých
éra	perioda	epocha	stáří v mil. let	živočichové rostliny
Prekambrium	Infrakambrium	Vend	600	ramenonožci, červi členovci, láčkovci
	Proterozoikum	Rifeikum	1000	první mnohobuněční vznik meiózy
	Proterofytikum	Karelien	1700	
	Archean	Belomorien	2500	první eukaryonty
	Hadean		3500 4700	jednobuněčné organismy vznik planety Země

## 5 Sebekontrola vědy.

Věda je schopna kontrolovat sama sebe a nepotřebuje žádné zásahy zvenčí v podobě nějakých výborů, které mají často inkviziční charakter. Tato kontrola spočívá v kritickém myšlení vědců, které se řídí sedmi pravidly: jasností, přesností, určitostí, věcností, hloubkou, šířkou a logikou.

**Jasnost problému** spočívá ve schopnosti tento problém popsat jiným způsobem, příkladem nebo stručnou charakteristikou.

**Přesnost problému** spočívá v jeho vymezení, do jaké míry to, co je nám předkládáno, je přesné nebo nepřesné.

Tvrzení může být jasné, přesné, ale neurčité. Požadujeme tedy **kvantifikaci problému**, jeho vymezení na určitou oblast.

**Věcnost tvrzení** spočívá v jeho vztahu k danému problému. Je možné, že tvrzení pouze vypadají, že se daného problému týkají. Nestačí pouze úsilí o popis problému, ale podstatný je výsledek.

**Hloubka problému** spočívá v jeho vztahu k pozadí, souvislostem nebo kořenům. Tvrzení nemohou být v rozporu s dříve potvrzenými a prokázanými skutečnostmi.

**Šířka problému** spočívá ve zkoumání souvislostí s ostatními tvrzeními, která jsou protikladná nebo odlišná.

**Logika problému** spočívá ve vnitřní bezrozpornosti. Důsledky stejného tvrzení nesmí být ve vzájemném rozporu.