

Ilya Prigogine - Řád z chaosu (výňatky)

Zvýšený vědecký zájem o problém chaosu se objevil pod vlivem práce I. Prigogina a I. Stengerse: Řád z chaosu. Nový dialog mezi člověkem a přírodou, zveřejněný v roce 1979 (revidovaný v roce 1984).

V této knize, která má vážné filozofické myšlenky, ale vychází se hlavně z materiálu fyziky a chemie, se chaos považoval za důsledek dynamické nestability komplexních systémů. Starý, dlouho zapomenutý poznatek zde byl znovu objeven: chaos má nejen destruktivní sílu, ale může se stát zdrojem pořádku.

Inovace Prigogina spočívala v rozpoznání pozitivní úlohy entropie ve fyzických procesech (entropie je mírou ireverzibilního rozptylu energie, poruchy systému). Růst entropie podle jeho názoru nemusí nutně vést k poškození systému, ale otevírá se i příležitost k restrukturalizaci tohoto systému. To, co se s ním stane po transformaci a zda se transformace uskuteční, závisí na jeho volbě. Tato volba se vyskytuje v období, kdy je systém v tzv. rozděleném bodě (pojem bifurkačný bod pochází z teorie chaosu a popisuje stav systému, ve kterém jakýkoliv svévolně malý vliv může vést k jakémukoliv, svévolně velké změně stavu systému).

Ve vztahu mezi řádem a chaosem vědci pojmenovávají tři základní možnosti:

- 1) řád je primární, svět na tom stojí a nemůže existovat chaos jako stabilní kategorie, je to spíše forma druhu pořádku;
- 2) chaos leží u založení světa, řád je v tomto případě pouze dočasným stavem něčeho;
- 3) řád a chaos jsou stejné síly vesmíru, jehož prostřednictvím vnímáme svět, protože ve skutečnosti vždy existuje neutrální průměr mezi řádem a chaosem.

Pohyb včel nebo mravenců, který se na první pohled zdá chaotický a čistě vizuální, je ve skutečnosti uspořádaným pohybem. Nebo možná jsme to my, kdo to tak chce vidět. Život vytváří řád, ale řád nevytváří život, poznamenal spisovatel Antoine de Saint-Exupéry a otázka, kdo je tady vedoucí silou, tím sama od sebe pozbude smyslu.

Slovo pořádek má zpočátku pozitivní význam v kombinaci se slovy kompletní, či přirozený, to znamená ten, který by měl být. Obvyklé kombinace slov jsou indikativní: nejčastěji dávají něco do pořádku (dát do pořádku dům nebo uspořádat své myšlenky). Řád může vládnout.

Ukazuje se, že mnoho chaotických procesů, které se vyskytují v přírodě nevnímáme jako chaos, a pozorovaný svět se nám zdá dost stabilní, ale náš jazyk je připraven jít za chaos pravidel a výjimek, přestože je také součástí našeho měnícího se světa.

Stále více a více věřím, že Pán nemůže být souzen podle světa, který stvořil. Je to jen špatný náčrt. (Van Gogh)

Při snaze přepsat tento náčrt, uspořádat to, co se jeví chaoticky, mnohdy zapomínáme, že jazyk vytváří obraz světa hovořícího.

Slovo je svět, protože to je ten, kdo myslí a mluví sám, ale svět není slovo; přesněji řečeno, neexistuje pouze slovo. (S. Bulgakov).

Když použiji slovo, řekl Humpty Dumpty dost opovrhující tónem, "to znamená, co chci, aby to znamenalo, nic víc a nic méně. Otázka zní, řekla Alice, je dokonce možné, aby slovo znamenalo tolik různých věcí. Otázka zní, řekl Humpty Dumpty, kdo je tady šéf, to je všechno. (L. Carroll)

Není nadsázka, řekneme-li, že jedním z nejvýznamnějších dnů v dějinách lidstva byl 28. duben roku 1686, kdy Newton předložil Královské společnosti v Londýně svá Principia. V Principiích byly formulovány základní pohybové zákony společně se základními, dodnes používanými pojmy, jako jsou hmota, zrychlení a setrvačnost. Nejvýznamnější poznatky však pravděpodobně přinesla 3. kniha Principu, nazvaná The System of the World, která pojednává o všeobecném gravitačním zákoně. Newtonovi současníci ihned pochopili jedinečný význam této práce a gravitace se stala námětem odborných diskusí jak v Londýně, tak i v Paříži.

Od vzniku Newtonových Principií uplynula tři století. Věda se v nich rozvíjela neuvěřitelnou rychlostí a prostupuje život každého z nás. Naše vědecké obzory se v tomto období neuvěřitelně rozšířily. V mikroskopickém měřítku se fyzika elementárních částic zabývá procesy v oblasti rozměrů řádu 10^{-17} m a časů řádu 10^{-22} s, na druhé straně pak nás kosmologie vede k časům řádu 1010 roků, k „stáří vesmíru“. Věda a technika jsou si blíže než kdykoliv předtím a například nové biotechnologie a pokroky v informační technice slibují pronikavou změnu našich životů.

Společně s kvantitativním růstem dochází k hlubokým kvalitativním změnám, jejichž důsledky sahají daleko mimo hranice vlastní vědy a ovlivňují představy o přírodě. Velcí zakladatelé západní vědy zdůrazňovali univerzálnost a věčnou platnost přírodních zákonů, a snažili se proto zformulovat obecné představy tak, aby byly v souladu s ideály racionality. Jak píše Roger Hausheer v úvodu ke knize Isaiaha Berlina *Against the Current* (Proti proudu): „Hledali všezahrnující schémata, univerzálně sjednocující systémy, v nichž vše, co existuje, může být ukázáno jako vzájemně, příčinně či náhodně propojené, obrovské struktury, ve kterých není místo pro spontánní, samovolný vývoj, kde vše, co se stane, by mělo být alespoň v principu vysvětlitelné pomocí neměnných obecných zákonů“.

Příběh tohoto hledání je skutečně pozoruhodný. Existovaly okamžiky, kdy se tento ctižádostivý program zdál být blízko dokončení. Zdálo se, že „základní popis“, z něhož lze odvodit všechny další vlastnosti hmoty, je na dohled. Jedním z těchto okamžiků byl vznik návrhu proslulého Bohrova modelu, který popisuje atom jednoduchým planetárním modelem s elektrony a protony. Další okamžik velkého očekávání nastal, když Einstein doufal, že se podaří zahrnout všechny fyzikální zákony do „jednotné teorie pole“. Významného pokroku bylo zatím dosaženo při sjednocování popisu některých základních druhů sil vyskytujících se v přírodě, ale nalezení „základního popisu“ (tj. úplného sjednocení) je stále v nedohlednu. Kam se podíváme, nacházíme pozvolný vývoj (evoluci), mnohotvárnost a nestabilitu. A platí to kupodivu všude a na všech úrovních, ve fyzice elementárních částic, v biologii i v astrofyzice s jejím rozpínajícím se vesmírem a černými dírami.

Naše představa přírody se výrazně mění směrem k mnohočetné, složité a závislé na toku času. Neočekávané složitosti objevené v přírodě kupodivu nevedly ke zpomalení pokroku vědy, ale naopak k naléhavé potřebě nových koncepčních modelů, které se nyní ukazují jako nezbytné pro naše pochopení fyzikálního světa - světa, kam patříme i my.

Příběh přeměny našeho pojetí vědy a přírody můžeme obtížně oddělit od jiného příběhu, a to o pocitech vyvolaných vědou. S každým novým intelektuálním programem přicházejí vždy nové naděje, obavy a očekávání. V klasické vědě se klade důraz na obecně platné, na čase nezávislé

zákony. Jak uvidíme, je-li jednou stanoven určitý stav systému, lze těmito zákony stanovit jeho budoucnost, stejně jako definovaly jeho minulost. Je přirozené, že pátrání po věčné pravdě v měnících se jevech vzbudilo nadšení. Současně však způsobilo otřes poznání, že příroda je tímto způsobem znehodnocována, neboť významné pokroky vědy ji představují jako automat či robota. Snahu omezit rozmanitost přírody na soustavu představ nalézáme na Západě již od doby řeckých atomistů. Lucretius, jdoucí ve stopách svých učitelů Demokrita a Epikura, píše, že svět jsou „jen“ atomy a prázdno a pobízí nás, abychom hledali to, co je skryto za „obvyklým“: „Abys však neztratil víru v má slova snad proto, že prvotní tělíska všem je nemožno vidět: poslyš, co svět má tělísek, v kterých uznáš jistě, že jsou, ač je oko nemůže vidět!“ Je dobře známo, že podnětem k pracím řeckých atomistů nebyla snaha o znehodnocování přírody, ale snaha osvobodit člověka od strachu z nadpřirozených bytostí a řádu přesahujícího řád lidstva a přírody. Lucretius opakovaně prohlašuje, že se nemáme ničeho bát, že podstatou světa je stále se měnící spojení atomů „v prázdnu“.

Moderní věda přeměnila tento původně etický přístup v obecně uznávanou pravdu. Tato pravda, omezující podstatu přírody na atomy a vakuum, způsobila to, co Lenoble³ nazývá „neklidem moderních lidí“. Jak se máme poznat v náhodném světě atomů? Musí být věda definována v pojmech rozporů mezi člověkem a přírodou? „Všechna tělesa, obloha, hvězdy, Země a jejich království nejsou rovny nejjednodušším myšlenkám a vědomí, neboť paměť toto vše již obsahuje v sobě a tělesa neobsahují nic.“ Tato Pascalova „Pensée“ vyjadřuje stejný pocit odcizení, jaký nacházíme u současných vědců, jako je Jacques Monod: „Člověk musí konečně procitnout ze svého tisíciletého snu a objevit svou totální osamělost a naprostou odloučenost. A již ví, že je jako cikán na okraji nepřátelského světa, v němž má žít. Světa, který je hluchý k jeho hudbě, lhostejný k jeho nadějím, utrpení či zločinům.“

Je to paradox. Skvělý průlom v molekulární biologii, rozluštění genetického kódu, na kterém se Monod aktivně podílel, vyústí v tragické poznání. Tento skutečný pokrok z nás dělá cikány vesmíru. Jak si můžeme tuto situaci vysvětlit? Není věda cestou k dorozumívání se s přírodou?

V minulosti bylo ostře rozlišováno mezi světem lidí a pravděpodobně jiným světem přírody. Úryvek ze známé Vicovy práce *The New Science* to popisuje nejživěji: „...v husté noční tmě zahalující dávnověk, od nás tak vzdálený, svítí věčné a nikdy neselhávající světlo pravdy za všemi otázkami: že svět občanské společnosti byl určitě vytvořen lidmi a že jeho základy lze proto nalézt v přizpůsobení naší vlastní mysli. Každého, kdo o tom přemýšlí, musí udivovat, že filosofové by měli svou veškerou energii věnovat spíše studiu světa přírody, kterou od doby, kdy ji Bůh stvořil, zná jen on, a že by měli naopak zanedbávat studium světa národů neboli občanský svět, který by lidé od doby, kdy ho stvořili, měli znát.“ Dnešní bádání nás stále vzdaluje od protikladů mezi člověkem a přírodním světem.

V minulosti mělo kladení otázek přírodě nejrozmanitější podoby. Sumerové vytvořili písmo a sumerští kněží bádali, zda by budoucnost mohla být nějak skrytě zapsána v současných událostech kolem nás. Těmto snahám se snažili dát řád směřováním magických a racionálních prvků. V tomto smyslu můžeme říci, že západní věda, která vznikala v 17. století, pouze započala novou kapitolu věčného dialogu člověka s přírodou.

Alexandre Koyré stanovil nové možnosti, které moderní věda vytvořila „experimentováním“. Moderní věda je založena na objevu nového a charakteristického způsobu dorozumívání s přírodou, tj. na přesvědčení, že příroda na položenou otázku odpovídá experimentálním výsledkem. Jak lze přesněji stanovit takovýto experimentální dialog? Experimentování neznamena jen co nejpřesnější pozorování skutečností tak, jak se odehrávají, ani pouhé pátrání po empirickém spojení jevů, ale předpokládá soustavné vzájemné ovlivňování teoretických představ a pozorování.

Vědci vyjádřili mnoha rozličnými způsoby své překvapení, když při snaze o položení „správné“ otázky přírodě objevili, že dílky skládanky do sebe zapadají. V tomto smyslu se věda podobá hře

dvou hráčů, v níž musíme odhadovat, jak se zachová skutečnost bez ohledu na naše mínění, naše sny nebo naděje. Přírodu nelze donutit, aby říkala, co bychom chtěli. Vědecké bádání není monolog. A právě riziko obsažené ve hře je činí vzrušující.

Jedinečnost západní vědy nespočívá v těchto metodologických úvahách. Když Karl Popper hovořil o normativním popisu racionálního vědeckého uvažování, byl nucen připustit, že racionální věda vděčí za svou existenci dosaženým úspěchům. Vědecká metoda je použitelná jen díky styčným bodům mezi předem vytvořenými modely a experimentálními výsledky. Věda je náročná a svým způsobem obtížná hra, ale zdá se, že objevuje otázky, na které příroda poskytuje logické odpovědi. Úspěchy západní vědy jsou historickou skutečností, kterou a priori nelze předvídat, ale kterou nelze ani pominout. Překvapivé úspěchy moderní vědy vedly k nezvratné přeměně našeho vztahu k přírodě a v tomto smyslu lze oprávněně hovořit o „vědecké revoluci“. Historie lidstva je vyznačena mnoha kritickými body, mnoha jedinečnými okolnostmi vedoucími k nezvratným změnám. Jedna taková rozhodující událost je známa jako „revoluce v mladší době kamenné – neolitická revoluce“. Ale v tomto případě, stejně jako v případě „výběrů“ doprovázejících biologickou evoluci, jsme odkázáni jenom na dohady, jakkoli o rozhodujících obdobích jejího vývoje bylo již získáno množství poznatků. Takzvaná neolitická revoluce trvala tisíce let. Jestliže historii vědy trochu zjednodušíme, můžeme říci, že vědecká revoluce začala teprve před třemi sty lety. Tehdy jsme získali jedinečnou možnost vnímat specifickou a našemu myšlení srozumitelnou směs „náhod“ a „nezbytností“, které tuto revoluci vyznačují.

Věda sice podnítila úspěšný dialog s přírodou, ale jeho prvním výsledkem byl objev mlčenlivého světa. Je to paradox klasické vědy. Lidem odhalil mrtvou, netečnou přírodu, která se chová jako automat, který, je-li jednou naprogramován, se i nadále chová pouze podle pravidel určených tímto programem. A v tomto smyslu rozhovor s přírodou člověka od přírody oddělil, namísto aby ho s ní více sblížil. Vítězství lidského rozumu se změnilo ve smutnou pravdu. Zdálo se, že věda znehodnotila vše, čeho se dotkla.

Moderní věda vyděsila jak své protivníky, kterým se jevila jako smrtelné nebezpečí, tak některé ze svých příznivců. Ti si v lidské osamělosti „odhalené“ vědou uvědomili, jak velkou cenu musíme za tuto novou racionalitu platit.

Vratké postavení vědy ve společnosti může být alespoň z části přičítáno kulturnímu napětí spojovanému s klasickou vědou; to vedlo k odvážnému přijetí trpkých důsledků racionality, ale vedlo i k jejímu vášnivému odmítání. Teď si připomeňme starší příklad - hnutí iracionalistů v Německu ve 20. letech tohoto století, které tvořilo kulturní pozadí kvantové mechaniky. V protikladu k vědě, která se ztotožnila s množinou pojmů, jako je příčinnost, determinismus, redukcionismus a racionalita, nastal též prudký rozvoj myšlenek vědou odmítaných a popíraných, které se však jevily jako ztělesnění zásadní iracionality přírody. Život, osud, svoboda a spontánnost se tak staly manifestací přízračné podsvětí sféry nepřístupné rozumu. Aniž bychom zacházeli do příznačných společenskopolitických souvislostí, troufáme si tvrdit, že toto „odmítání“ je názornou ukázkou, jaká nebezpečí jsou spojená s klasickou vědou. Přisuzuje-li se určitému souboru zkušeností, který je obecně považován za důležitý, pouze subjektivní význam, věda se vystavuje nebezpečí, že se tyto zkušenosti octnou v oblasti iracionality a že nabudou hrozivé síly.

Joseph Needham zdůraznil, že západní myšlení vždy kolísalo mezi pojetím světa coby automatu a pojetím teologickým, podle kterého ovládá vesmír Bůh. Needham to nazývá „charakteristickou evropskou schizofrenií“. Tyto představy ve skutečnosti souvisejí. Automat potřebuje pána - Boha, který jej řídí a ovládá.

Je skutečně nutné, abychom podstoupili tuto tragickou volbu? Musíme volit mezi vědou, která vede k odcizení, a mezi nevědeckým metafyzickým pohledem na přírodu? Pokud změny, kterými věda v současnosti prochází, povedou k naprosto novému stanovisku, není už tato volba patrně nutná.

Současný vývoj vědy nám přináší jedinečnou příležitost znovu uvážit její místo v obecné kultuře. Moderní věda vznikla ve zvláštních podmínkách Evropy 17. století. Nyní jsme na konci 20. století a zdá se, že věda přináší stále univerzálnější poselství, které se týká vzájemného ovlivňování člověka a přírody stejně jako člověka člověkem.

Jaké jsou předpoklady klasické vědy, od nichž, jak si myslíme, se věda již dnes osvobodila? Obecně se soustřeďují na základní představu, že na určité úrovni je svět jednoduchý a řízený časově zvrtnými základními zákony. Dnes se to zdá jako přehnané zjednodušení. Je to, jako bychom budovy považovali za pouhé hromady cihel. Ze stejných cihel však můžeme postavit továrnu, palác nebo katedrálu. Je to právě úroveň budovy jako celku, na níž chápeme svět jako výtvar čas, kultury, společnosti, stylu. Existuje však další problém: neexistuje-li nikdo, kdo stvořil přírodu, musíme se pro vysvětlení tohoto tvůrčího procesu obrátit k popisu právě těchto cihel - tj. k jejich mikroskopické aktivitě.

Samo úsilí klasické vědy je vyjádřením dichotomie, kterou nalézáme všude v dějinách západního myšlení. Pouze neměnný svět idejí byl tradičně považován za „osvětlený sluncem rozumu“, použijeme-li Platonových slov. Právě tak byly věčné zákony považovány za výraz vědecké racionality. Na časovost se pohlíželo jako na iluzi. To už dnes dávno není pravda. Objevili jsme, že nevratnost - která zdaleka není iluzí - hraje v přírodě podstatnou roli a je na počátku většiny procesů samo uspořádání. Nacházíme se ve světě, ve kterém se vratnost a determinismus týkají jen mezních, jednoduchých případů, zatímco nevratnost a nahodilost jsou pravidlem.

Popření času a složitosti se v kulturní debatě vyvolané z vědeckých pohnutek stalo ústředním tématem. Odmítnutí tohoto konceptu bylo rozhodující pro přeměnu vědy, kterou bychom rádi popsali. Artur Eddington ve své významné knize *The Nature of a Physical World* zavádí rozdíl mezi „prvotními“ a „druhotnými“ zákony. „Prvotní“ zákony řídí chování samostatných částic, zatímco „druhotné“ zákony jsou použitelné pro soubory atomů nebo molekul. Trvat na „druhotných“ zákonech znamená zdůraznit, že popis elementárního chování nepostačuje pro pochopení systému jako celku. Vynikajícím příkladem „druhotného“ zákona je podle Eddingtonova názoru druhá věta termodynamiky, věta, která do fyziky zavádí „šipku času“. Eddington píše: „Domnívám se, že z hlediska filosofie vědy musí být pojetí spojené s entropií hodnoceno jako velký příspěvek 19. století k vědeckému způsobu uvažování. Je reakcí na představu, že vše, čemu věda musí věnovat pozornost, je odhaleno mikroskopickým pitváním objektů.“ Toto zaměření se dnes významně rozšířilo.

Je pravda, že k největším úspěchům moderní vědy patří objevy na mikroskopické úrovni - jako molekuly, atomy, elementární částice. Například molekulární biologie úspěšně izolovala molekuly, které hrají významnou roli v mechanismu života. Byl to úspěch tak ohromující, že pro řadu vědců je účel výzkumu ztotožněn, jak říká Eddington, s „mikroskopickým pitváním objektů“. Nicméně druhá věta termodynamiky byla první výzvou k vytvoření takové představy přírody, která by přírodu nevysvětlovala v její složitosti, ale jako svého druhu jednoduchý utajený svět. Zájem dneška je posun od podstaty k souvislostem, dorozumívání, k času.

Tato změněná perspektiva není výsledkem nějakého svévolného rozhodnutí. Ve fyzice nám byla vnucena novými objevy, které nikdo nemohl předvídat. Lze očekávat, že většina (a snad všechny) elementárních částic bude nestabilní? Lze očekávat, že s experimentálním potvrzením existence rozpínajícího se vesmíru bychom mohli vytvořit představu historie světa jako celku?

Na konci 20. století jsme se naučili lépe chápat smysl dvou velkých převratů, které daly fyzice dnešních dnů její podobu - kvantové mechaniky a relativity. Začaly jako snaha o opravu klasické mechaniky a zahrnuly do ní nově nalezené základní fyzikální konstanty. Dnes se situace změnila. Kvantová teorie nám poskytla teoretický rámec, v němž můžeme popisovat nepřetržité vzájemné

přeměny částic. Obecná teorie relativity se obdobně stala základem pro popis tepelného vývoje našeho vesmíru v jeho počátečních fázích.

Náš vesmír má pluralistické, komplexní rysy. Struktury mohou zmizet, ale také se mohou objevit. Některé pochody jsou, jak víme, dobře popsány deterministickými rovnicemi, ale jiné obsahují náhodné děje.

Jak tedy můžeme překonat zjevné rozpory těchto pojetí? Žijeme v jediném vesmíru. Jak uvidíme, začínáme uznávat smysl těchto problémů. Mimoto důležitost, kterou nyní přisuzujeme různým jevům, které pozorujeme a popisujeme, je zcela rozdílná či dokonce opačná od té, kterou jim přisuzovala klasická fyzika. Jak jsme se již zmínili, klasická fyzika chápe základní procesy jako deterministické a vratné a procesy obsahující náhodnost a nevratnost jsou v ní výjimkou. A dnes všude pozorujeme úlohu nevratných procesů, fluktuací. Modely uvažované klasickou fyzikou odpovídají jen určitým limitním případům, které můžeme uměle vytvořit například tak, že vybranou látku umístíme do krabičky a vyčkáme, až dosáhne rovnováhy.

Umělé může být deterministické a vratné. Přirozené obsahuje základní složky náhodnosti a nevratnosti. To vede k novému pohledu na hmotu, ta již není pasivní látkou popsanou mechanisticky, ale stává se aktivní. Tato změna je tak hluboká, že vskutku můžeme mluvit o novém dialogu člověka s přírodou.

Tuto přeměnu lze popsat mnoha způsoby. Mohli bychom ji předvést na problematice elementárních částic. Mohli bychom sledovat současný úžasný rozvoj astrofyziky. Jsou to témata, která se zdají vymezovat hranice vědy. V minulých letech byly objeveny mnohé nové rysy přírody. To nás přimělo k rozhodnutí, že se soustředíme na problémy našeho makroskopického světa, který zahrnuje atomy, molekuly a zejména bio molekuly. Nicméně stále je důležité zdůrazňovat, že vývoj vědy probíhá na všech úrovních přibližně souběžně, ať už jde o elementární částice, chemii, biologii nebo kosmologii. Pro každé měřítko hraje samovolné uspořádávání se, složitost a čas novou a nečekanou úlohu.

Věda má tak málo co říci k „času“. Pocit překvapení mohl vyústit ve dva možné přístupy, z nichž oba byly v minulosti jednoznačně vyhraněné: první by znamenal problém zanedbat, neboť klasická věda nemá pro čas místo, a druhý by vedl k poohlédnutí se po jiném způsobu vnímání přírody, ve kterém by čas měl odlišnou, zásadnější úlohu; ten, který zvolili Bergson a Whitehead, máme-li jmenovat aspoň dva filosofy našeho století. První přístup by byl „pozitivistický“, druhý „metafyzický“. Ale byla možná i třetí cesta, totiž položit otázku, zda jednoduchost časového vývoje tradičně odpovídajícího obvyklým úvahám ve fyzice a chemii souvisí s tím, že pozornost byla věnována jen některým velmi zjednodušeným stavům, například hromadám cihel místo katedrálám, jak jsme se zmiňovali.

Věda byla zpočátku uvítána s nadšením. Pak nastalo rozštěpení kultury, které vyplynulo z existence klasické vědy a jejího úžasného úspěchu. Má být tento úspěch přijímán jako takový, možná i jako omezující svůj vlastní význam, nebo má být vědecká metoda sama odmítnuta jako dílčí či zavádějící? Oba přístupy vedou ke stejnému výsledku, totiž ke střetu mezi tím, co je často nazýváno „dvěma kulturami“, střetu vědy s humanitními obory. Tyto otázky hrály v západním myšlení hlavní roli již od okamžiku zformulování klasické vědy. Znovu a znovu jsme se vraceli k problému „Co zvolit?“. Isaiah Berlin zřejmě správně již v této otázce spatřoval počátek rozkolu vědy a humanitních oborů: „Charakteristické a jedinečné proti opakujícímu se a všeobecnému, konkrétní proti abstraktnímu, neustálý pohyb proti klidu, vnitřní proti vnějšímu, kvalita proti kvantitě, nadčasové principy proti kulturním zvyklostem, myšlenkový svár a sebezdokonalování coby věčný úděl člověka a naproti tomu možnost (a žádoucnost) míru, řád, konečný soulad a uspokojení všech racionálních lidských přání - to jsou některé rysy oněch protikladů.“

Klasická dynamika jako by obzvlášť jasným a zřetelným způsobem vyjadřovala statický pohled na přírodu. Čas je v něm zřetelně zredukován na parametr a budoucnost a minulost jsou navzájem rovnocenné. Je pravda, že kvantová teorie později nastolila mnoho nových problémů, klasickou dynamikou neuvažovaných, přesto však zůstává řada zásadních otázek položených klasickou dynamikou, zvláště týkajících se času a v něm probíhajících dějů.

Již na začátku 19. století, právě když klasická věda vítězila a Newtonovy myšlenky ovládaly francouzskou vědu a ta vládla Evropě, se v Newtonově systému objevily náznaky prvních trhlin. Budeme sledovat vývoj nauky o teple, soupeři Newtonovy gravitace, a to od okamžiku, kdy Fourier odvodil zákon o šíření tepla. Byl to ve skutečnosti první kvantitativní popis nevratného procesu - v klasické dynamice něco nemyslitelného.

Soupeření nauky o teple, nauky o přeměně energie a nauky o tepelných strojích dalo podnět ke vzniku první „neklasické“ vědy - termodynamiky. Nejpůvodnějším příspěvkem termodynamiky je proslulá druhá věta termodynamiky, zavádějící do fyziky směr toku času - šipku času. Tento příspěvek byl součástí širšího názorového pohybu, neboť 19. století bylo stoletím vývoje; v biologii, geologii a sociologii byly zdůrazňovány procesy se stále vzrůstající složitostí. A co se termodynamiky týče, ta je založena na odlišnostech dvou typů procesů - vratných procesů nezávislých na směru toku času a nevratných procesů, které na směru toku času závisejí. A aby bylo možné tyto dva druhy procesů rozlišit, byl zaveden pojem entropie, neboť entropie se zvětšuje jen při nevratných procesech.

V 19. století bylo úsilí vědeckého výzkumu věnováno především dovršení vývoje termodynamiky. Výsledkem byla rovnovážná termodynamika. Na nevratné procesy se přitom hledělo jako na něco nepřístojného, na něco, co ruší, na něco, co nemá smysl studovat. Dnes se situace zcela změnila. Nyní víme, že ve stavech velmi vzdálených od rovnováhy mohou samovolně vznikat nové typy struktur. Za „výrazně nerovnovážných“ podmínek může dojít k přeměně tepelného chaosu v řád. Mohou vznikat nové dynamické stavy hmoty, stavy, které odrážejí vzájemné působení daného systému s okolím. Abychom zdůraznili tvořivou úlohu disipativních procesů (dějů se ztrátami) při jejich vytváření, nazvali jsme tyto nové struktury disipativními strukturami.

Klíčovými slovy jsou nelinearita, nestabilita, fluktuace. Tyto pojmy začaly prolínat do našeho pohledu na přírodu dokonce i mimo oblast fyziky a chemie. Když jsme se zmiňovali o protikladech mezi vědou a humanitními obory, citovali jsme Isaiaha Berlina. Kladl charakteristické a jedinečné proti opakujícímu se a všeobecnému. Pozoruhodné je, že přejdeme-li od „rovnovážných“ k „silně nerovnovážným“ podmínkám, vzdálíme se od opakujícího se a všeobecného k charakteristickému a jedinečnému. Skutečně, zákony rovnováhy jsou univerzální. Látka ve stavu „blízko rovnováhy“ se chová „opakujícím se“ způsobem. Naopak v „silně nerovnovážných“ stavech se projevuje řada mechanismů odpovídajících možnostem výskytu různých typů disipativních struktur. V „silně nerovnovážných“ stavech můžeme například zjistit výskyt „chemických hodin“, chemických reakcí, které jsou koherentní a mají rytmický charakter. Můžeme se též setkat se samo uspořádávajícími se procesy, pochody, které vedou k nehomogenním strukturám, k nehomogenním krystalům.

Je třeba zdůraznit neočekávanou povahu tohoto chování. Každý z nás má svou intuitivní představu o tom, jak probíhá chemická reakce. Představujeme si molekuly plující prostorem, srážející se a objevující se v novém uspořádání. Vidíme chaotické chování podobné tomu, co atomisté popsali, když hovořili o prachu tančícím ve vzduchu. Pochod v chemických hodinách probíhá zcela odlišně. Když ho přehnaně zjednodušíme, můžeme říci, že v chemických hodinách mění všechny molekuly svou chemickou totožnost současně, v pravidelných časových intervalech. Představíme-li si molekuly jako modré nebo červené, odpovídá sled změn jejich barev rytmickému průběhu reakcí v chemických hodinách.

Takový stav už obvykle nemůže být dále popsán v pojmech chaotického chování. Objevil se nový typ pořádku. Lze hovořit o nové „soudržnosti“, o mechanismu vzájemného „sdílení“ charakteristických veličin molekul. Tento způsob sdílení však může vzniknout jen za „silně nerovnovážných“ podmínek. A je obzvláště zajímavé, že toto sdílení se zdá být ve světě biologie pravidlem. Ve skutečnosti může být vzato za základ definice biologického systému.

Typ disipativní struktury navíc výrazně závisí na podmínkách, za nichž se struktura vytváří. Vnější pole, jakými jsou například gravitační pole Země nebo magnetické pole, mohou výběr mechanismu samo uspořádávání struktury výrazně ovlivnit. Začínáme chápat, jak, počínaje chemií, lze vytvářet složité struktury a složité útvary, formy, z nichž některé mohly být předchůdci života. Je jisté, že tyto jevy velmi vzdálené od rovnováhy dokládají základní a neočekávané vlastnosti hmoty a fyzika může napříště popisovat struktury jako přizpůsobené vnějším podmínkám. V poměrně jednoduchých chemických systémech se setkáváme s mechanismem přizpůsobení před biologickým podmínkám. Při použití antropomorfního jazyka: hmota v rovnováze je „slepá“, ale za „silně nerovnovážných“ podmínek začíná být schopna vnímat, „brát v úvahu“ působení a rozdíly vnějšího světa (jako je slabé gravitační nebo elektrické pole).

Problém vzniku života zůstává složitý, a proto se nedomníváme, že by bylo nasnadě jeho jednoduché řešení. Život z tohoto hlediska neodporuje „běžným“ zákonům fyziky, nestaví se proti nim, aby odvrátil svůj běžný osud - svou zkázu. Zdá se, že život zvláštním způsobem vyjadřuje skutečné podmínky obklopující naši biosféru včetně nelineárních chemických reakcí a „silně nerovnovážných“ podmínek způsobených v biosféře slunečním zářením.

Zmínili jsme se o představách, které nám umožňují popsat vznik teorie bifurkací a disipativních struktur. Je pozoruhodné, že se v takových systémech ve stavu blízkém rozvětvení objevují velké fluktuace. Tyto systémy jako by „váhaly“ mezi mnoha možnými směry dalšího vývoje a známý zákon velkých čísel ve svém obvyklém smyslu selhává. Malé fluktuace mohou podnítit zcela nový vývoj, který výrazně změní celkové chování makroskopického systému. Podobnost se společenskými jevy, jakož i s dějinami je nepopíratelná. Aniž bychom byli proti „příležitosti“ a „nezbytnosti“, shledáváme obě hlediska jako nezbytná při popisu nelineárních systémů v „silně nerovnovážných“ stavech.

Dva protichůdné názory na fyzikální svět: statický názorem klasické dynamiky a evoluční názorem spojeným s entropií. Střet těchto hledisek se stal nevyhnutelným. Byl sice po dlouhou dobu oddalován představami o nevratnosti jako iluzi, jako přiblížení; neboť to byl člověk, kdo do bezčasového vesmíru zavedl čas. Řešení, ve kterém je nevratnost omezena na iluzi nebo přiblížení, nemůže být nadále přijímáno, neboť jsme poznali, že nevratnost může být zdrojem řádu, koherence a uspořádání.

Nadále se tomuto střetu názorů nemůžeme vyhýbat. Popíšeme tradiční snahy o řešení problému nevratnosti, a to nejprve v klasické a potom v kvantové mechanice. Pionýrskou práci v této oblasti vykonali zvláště Boltzmann a Gibbs. Nicméně lze prohlásit, že problém zůstal zatím do značné míry nevyřešen. V očích Karla Poppera to bylo drama. Boltzmann nejprve předpokládal, že odvodil novou představu času zahrnutou v druhé větě termodynamiky. Ale po diskusích se Zermelem a dalšími musel ustoupit. Ve světle historie, či spíše v temnotách historie, byl podle dnes všeobecně přijímaných měřítek Boltzmann poražen, i když každý uznává jeho věhlas jako fyzika. Ale Boltzmannovi se nikdy nepodařilo objasnit postavení H-teorému, ani nevysvětlil nárůst entropie... A tlak na něj byl takový, že ztratil víru v sebe sama...

Problém nevratnosti zůstává nadále předmětem živé rozporuplné diskuse. Jak je to možné 150 let po objevu druhé věty termodynamiky? Otázka zahrnuje mnoho hledisek, některá jsou kulturní, jiná technická. Nedůvěra v čas má kulturní příčiny. Při několika příležitostech budeme citovat Einsteina.

Jeho konečné stanovisko: čas (jako nevratnost) je iluzí. Einstein ve skutečnosti opakoval to, co Giordano Bruno napsal již v 16. století a co bylo krédem vědy po staletí: „Svět je jeden, nekonečný, nehybný... Sám se nepohybuje... Sám nevzniká... Nepodléhá zkáze... Je nezměnitelný..." Brunovy představy dlouho ovládaly vědecký názor západního světa. Nepřekvapuje tedy, že když technické vědy a fyzikální chemie přišly s nevratností, bylo to přijímáno s pochybnostmi. Kulturní důvody se zde sdružují s důvody technickými. Každý pokus o „odvození“ nevratnosti z dynamiky musel nutně selhat, neboť nevratnost není obecný jev. Můžeme si představit stavy, které jsou dokonale „vratné“, jako je pohyb kyvadla bez tření nebo pohyb planet. Toto selhání vyvolávalo sklíčenost a pocit, že představa o nevratnosti má pouze subjektivní původ.

Podotkněme pouze, že nyní tento problém posuzujeme z různých hledisek, protože dnes jsou již známy různé druhy dynamických systémů. Svět je dalek toho, aby byl homogenní, a proto může být otázka položena různě: Co je ve struktuře dynamického systému zvláštní, co mu umožňuje „rozlišovat“ mezi minulostí a budoucností? Jaká nejmenší míra složitosti je potřebná?

Pokrok probíhal v rámci těchto předpokladů. Dnes můžeme posuzovat podstatu času v přírodě mnohem přesněji. Má to dalekosáhlé důsledky. Druhý zákon termodynamiky, zákon o entropii, zavedl nevratnost do makroskopického světa. Stejně tak chápeme jeho význam na mikroskopické úrovni. Jak uvidíme dále, druhý zákon termodynamiky je ve shodě s výběrovým pravidlem, s omezením na počáteční podmínky vymezené zákony dynamiky. Druhá věta termodynamiky tak do popisu přírody zavádí nový nepominutelný prvek. Ten, ačkoli je s dynamikou v souladu, nemůže z ní být odvozen.

Již Boltzmann chápal, že pravděpodobnost a nevratnost jsou úzce spjaté. Rozdíly mezi minulostí a budoucností, a tedy i nevratnost, se mohou objevit v popisu systému jen tehdy, chová-li se systém převážně nahodile. Náš rozbor toto stanovisko potvrzuje. Ale jaký je význam „šipky času“ v deterministickém popisu přírody? Je-li již nějak obsažena budoucnost v současnosti, která již také obsahuje minulost, jaký je význam šipky času? Šipka času jasně ukazuje, že budoucnost není dána, že jak zdůraznil francouzský básník Paul Valéry, „čas je vykonstruován“.

Zkušenosti z našeho každodenního života ukazují zásadní rozdíl mezi časem a prostorem. Můžeme se pohybovat z jednoho bodu prostoru do druhého, ale čas obrátit nelze. Nemůžeme zaměnit minulost a budoucnost. Jak uvidíme, získává nyní tento pocit nemožnosti přesný vědecký smysl. Dovolené stavy jsou odděleny od stavů, které jsou druhým zákonem termodynamiky vyloučeny, přičemž nepřekročitelnou překážkou je entropie. Ve fyzice jsou i jiné překážky. Jednou z nich je rychlost šíření světla, tvořící z našeho dnešního pohledu mez rychlosti šíření signálů. Je důležité, že tato mez existuje. Pokud by neexistovala, příčinnost (kauzalita) by se rozpadla na jednotlivé části. Překážka daná entropií je podobně nutný předpoklad, aby komunikace měla smysl. Představte si, co by se stalo, kdyby naše budoucnost byla pro jiné lidi minulostí!

Nedávný vývoj fyziky zdůrazňoval reálnost času a byly odkryty jeho nové rysy. Zaujatost časem přetrvává po celé naše století. Vzpomeňme si na Einsteina, Prousta, Freuda, Teilharda de Chardin, Peirce nebo Whiteheada.

Jedním z nejpřekvapivějších výsledků Einsteinovy speciální teorie relativity, zveřejněné roku 1905, je, že zavedení „místního času“ je spojeno s každým z pozorovatelů. Tento „místní čas“ však zůstává „vratným“ časem. Einsteinovým problémem, a to jak ve speciální, tak v obecné teorii relativity, bylo zejména „dorozumívám se“ mezi pozorovateli, způsob, kterým by mohli porovnávat časové intervaly. Ale my nyní můžeme čas zkoumat v jiných pojmových souvislostech.

Čas je v klasické mechanice číslem, které popisuje polohu bodu na jeho trajektorii. Na obecné úrovni však může mít čas jiný význam. Díváme-li se na dítě a odhadujeme-li jeho stáří, není věk

spjat s nějakou určitou částí jeho těla. Jde o celkový úsudek. Často se tvrdilo, že věda dává času prostorovost. Nyní však objevujeme, že je možný i jiný pohled. Uvažujme krajinu a její vývoj: vesnice vznikají a rostou, mosty a silnice spojují různé oblasti a přetvářejí je. Prostor tak získává časový rozměr, podle slov zeměpisce B. Berryho jsme vedeni ke studiu „zčasování prostoru". Snad nejvýznamnějším pokrokem je skutečnost, že je nyní možné nahlížet na problém struktury, řádu, z rozdílného hlediska. Viděno očima dynamiky, a to ať již klasické nebo kvantové, nemůže existovat jediný „časově orientovaný" vývoj. „Informace" tak, jak ji lze z pohledu dynamiky definovat, zůstává v čase neměnná. To zní paradoxně. Smícháme-li dvě tekutiny, nedojde k žádnému vývoji, přestože důsledek smíchání nejsme bez použití nějaké vnější pomůcky schopni zrušit. Naopak zákon entropie popisuje míšení jako vývoj k „nepořádku" (chaosu), k nejpravděpodobnějšímu stavu. Lze ukázat, že mezi těmito dvěma popisy není rozpor, ale mluvíme-li o informaci, je nutné změnit definici jednotek, které jsou uvažovány. Novou významnou skutečností je, že lze zavést přesná pravidla pro přechod od jednoho typu veličiny ke druhému. Jinými slovy, dosáhli jsme mikroskopické formulace vývojového paradigmatu vyjádřeného druhým zákonem termodynamiky. Protože vývojové paradigma zahrnuje celou chemii i podstatné části biologie a společenských věd, je to pro nás důležitý závěr. Takovýto pohled odpovídá současným názorům. Vzhledem k obtížím, s nimiž se ve fyzice setkáváme, není proces zdaleka ukončen. Naším záměrem však není osvětlovat některé z nových úspěchů vědy, ale ani její trvalé a pevně stanovené výsledky. Co si přejeme, je zdůraznění koncepcí jako výsledků vědecké činnosti a vyhlídek do budoucna a formulování nových problémů, které vzniknou. Každopádně jsme si vědomi, že stojíme teprve na počátku zkoumání a že naše odpovědi na dané otázky jsou neúplné.

Erwin Schrödinger jednou k rozhořčení mnoha filosofů zabývajících se vědou napsal: „... je snaha zapomínat, že veškerá věda je v podstatě spjata s lidskou kulturou a že vědecké objevy, ať se v okamžiku svého vzniku jeví sebevíc pokrokové a všeobecně stěží pochopitelné, nemají mimo vlastní kulturní kontext význam. Teoretická věda si neuvědomuje, že její závažné a významné konstrukce poskytují rámec představám a slovům, které jsou v popředí zájmu vzdělané veřejnosti a stávají se tak nedílnou součástí obecného obrazu světa. Tvrdím, že teoretická věda, kde se na to zapomíná a kde se o tom, k čemu dala podnět, uvažuje v nejlepším případě v pojmech srozumitelných pouze malé skupině zasvěcenců, se nutně oddělí od ostatní kultury. Taková věda je na dlouhou dobu odsouzena k zakrňování a kostnatění, třebaže izolované skupiny zanícených odborníků pokračují ve zhoubně ‚zasvěcenecké' diskusi."

Silné vzájemné ovlivňování problémů náležejících kultuře jako celku a vnitřních pojmových problémů vědy. Zjišťujeme, že otázky týkající se času jsou v těžišti vědy. Vznik, změna, nevratnost, to jsou problémy, kterým generace filosofů zasvětily celoživotní úsilí. Dnes, kdy se dějiny, ať hospodářské, demografické nebo politické, pohybují nebývalým tempem, nové otázky a nové zájmy nás nutí, abychom zahájili nový rozhovor a abychom hledali nové souvislosti.

Víme, že pokrok vědy byl často popisován jako nespojitý proces, jako posun od konkrétní zkušenosti k stále obtížněji pochopitelné abstrakci. Domníváme se, že tento způsob výkladu je pouze gnozeologickým odrazem dějinné situace, v níž se klasická věda nalézala, a důsledkem její neschopnosti zahrnout do svého teoretického rámce rozsáhlou styčnou oblast vztahů člověka a jeho životního prostředí.

Bezpochyby existuje abstraktní vývoj vědeckých teorií. Nicméně zdokonalování, které bylo v průběhu vývoje vědy určující, nemusí být nutně tohoto druhu. Znovuobjevení času má své kořeny jak ve vnitřním vývoji vědy, tak ve společenských souvislostech, ve kterých se dnes věda nachází. Takové objevy jako například objev nestabilních elementárních částic či rozpínajícího se vesmíru zřetelně patří do vnitřních dějin vědy, ale ve všeobecném zájmu o nerovnovážné stavy, o vyvíjející se systémy se může odrážet náš pocit, že lidstvo jako celek je dnes v přechodném období. Mnohé výsledky, které se týkají oscilujících chemických reakcí, mohly být objeveny již před mnoha lety,

avšak studium těchto nerovnovážných problémů bylo potlačeno kulturními a ideologickými souvislostmi těchto období.

Jsme si vědomi, že prosazování vnímavosti ke kulturním souvislostem je proti tradičnímu pojetí vědy. Z tohoto hlediska se věda vyvíjí osvobozováním sebe sama od zastaralého chápání přírody a očisťuje se v procesu, který bychom mohli přirovnat k „askezi“ rozumu. A naopak to vede k závěru, že vědou by se mělo zabývat společenství žijící nezávisle, stranou světských událostí. Ideální vědecké společenství by mělo být ušetřeno všech tlaků, potřeb a požadavků společnosti. Pokroky vědy by v podstatě měly vznikat autonomní činností a vědec by se měl vyvarovat „vnějších“ vlivů, účasti na ostatním kulturním, společenském nebo hospodářském dění, které by ho pouze rušilo nebo zdržovalo. Tento ideál abstrahování se, vědcovo stažení se, nachází spojene v druhém ideálu, který se týká nadání „skutečného“ výzkumníka, totiž jeho touhy uniknout světským ranám osudu. Einstein popisuje typ vědce, který by se těšil přízni „Anděla Páně“ v případě, jestliže by měl za úkol vyhnat z „Chrámu vědy“ „nehodné“ - v jakém ohledu nehodné však není řečeno. Obvykle to jsou „...spíše podivínští, nemluvní, samotářští jedinci, kteří si jsou přes společné znaky méně podobní než zástup vyhnanců.

Co je vedlo do Chrámu? ...jednou z nejsilnějších pohnutek, která lidi vede k umění a vědě, je útěk z každodenního života s jeho bolestivou nelítostí a bědnou jednotvárností a únik ze zajetí jejich vlastních měnicích se tužeb. Citlivější osoba je poháněna k úniku z oblasti vlastního bytí do světa objektivního zření (Schauen) a pochopení. Tyto pohnutky lze srovnat s touhou, která neodolatelně pudí obyvatele města pryč z jejich hlučných, přeplněných čtvrtí do tichých, vysokých hor, kde zrak v klidném, čistém vzduchu volně těká a zachycuje chladné a tiché obrysy, které se zdají být věčné. S touto zápornou pohnutkou se pojí i jedna kladná. Člověk usiluje o to, vytvořit si jakýmkoli vhodným způsobem zjednodušený a zářivý obraz světa (Bild der Welt) a ze všech sil se snaží nahradit tímto obrazem svět zkušeností."

Neslučitelnost mezi asketickou krásou hledanou vědou na jedné straně a mezi banálními osobními zkušenostmi, jak je pociťoval Einstein, jakoby posiluje jiná neslučitelnost, tentokrát zřetelně manichejská (učení Peršana Maniho ze 3. století, považující za základ světa boj světla a tmy, principu dobra a zla), mezi vědou a společností, nebo přesněji, volnou lidskou tvořivostí a politickou mocí. V tomto případě nejde o uzavřenou společnost či chrám, ve kterém by měl být prováděn výzkum, ale o cosi jako pevnost nebo blázinec, jak to Dürrenmatt zobrazil ve své hře Fyzikové. V této hře tři fyzikové diskutují o cestách a prostředcích rozvíjející se fyziky v okamžiku, kdy lidstvo hledá spásu před důsledky toho, co nastane, jestliže se politická moc zmocní výsledků tohoto pokroku. Shodnou se nakonec na tom, že existuje jediné možné řešení - to, které již zvolil jeden z nich. Všichni se rozhodnou předstírat, že jsou šílení, a uchýlí se do blázince. Ale ani tam se jim osud nevyhne. Na konci hry se jejich poslední útočiště ukáže být pouhou iluzí, neboť ředitelka blázince, špehující své pacienty, fyzikovo řešení ukradne a uchvátí moc nad světem.

Dürrenmattova hra uvádí třetí pojetí vědecké činnosti: věda činí pokroky, jestliže omezuje složitost skutečnosti na skrytou jednoduchost. Fyzik Moebius se snaží v blázinci zatajit, že úspěšně vyřešil problém gravitace, jednotnou teorii elementárních částic, a co víc, Princip univerzálního zákona, zdroje absolutní moci. Aby dosáhl svého autorského záměru, Dürrenmatt problém samozřejmě zjednodušuje. Nicméně se všeobecně soudí, že tím, oč „Chrám vědy“ usiluje, není nic menšího než „vzorec“ vesmíru. Vědec, zobrazovaný vždy jako asketa, se nyní stává jakýmsi mágem, osamělou postavou, možným vlastníkem univerzálního klíče ke všem fyzikálním jevům, obdařeným všemohoucími znalostmi. A tak se vracíme k již učiněnému závěru - pouze v jednoduchém světě platí (zvláště ve světě klasické vědy, kde složitost pouze skrývá základní jednoduchost), že jen určitý druh poznání umožňuje existenci univerzálního klíče.

Jedním z problémů naší doby je překonání postoje, který ospravedlňuje a zároveň posiluje odloučenost společenství vědců. Musíme nalézt nové formy dialogu vědy se společností. Všeobecně

je známo, že člověk v nevidané míře mění své přirozené životní prostředí, podle Serge Moscoviciho vytváří „novou přírodu“. Abychom porozuměli tomuto světu vytvořenému člověkem, potřebujeme vědu, která není pouze poslušným nástrojem vnějších zájmů, ale ani rakovinným nádorem bujícím na živné půdě společnosti.

Před více než dvěma tisíci roky Čuang'c napsal: „Jak se [trvale] otáčí Nebe! Jak Země [stále] zůstává v kůdu! Zápasí spolu Slunce a Měsíc o svá místa? Řídí někdo tyto jevy? Kdo je navzájem svazuje a spojuje? Kdo je jejich příčinou a kdo je bez potíží a námahy udržuje? Nebo snad existuje nějaký tajný mechanismus, jehož působením zůstávají zmíněné jevy takové, jaké jsou?"

Věříme, že směřujeme k nové syntéze, k novému naturalismu. Snad nám bude možné spojit západní tradici s jejím důrazem na experimentování a vyjadřování hodnot s tradicemi, jako je čínská, s jejich představou samovolného, samouspořádávajícího se světa. Na začátku jsme citovali Jacquese Monoda, který dospěl k závěru, že „staré spojenectví bylo zničeno. Člověk zná konečně svou osamocenost v lhostejné mohutnosti vesmíru, z něhož se vynořil jen náhodou.“ Snad má Monod pravdu. Staré spojenectví bylo rozbito, naší úlohou není bědovat nad minulostí. Uprostřed neobyčejné rozmanitosti vědy je nutné usilovat o nalezení určitého sjednocujícího řádu. Každé významné období vědy přineslo nějaký model přírody. V období klasické vědy jím byly hodiny. Ve vědě 19. století, v období průmyslové revoluce, jím byl běžící motor. Co bude naším symbolem? To, co máme na mysli, vyjádříme snad nejlépe odkazem na sochařství, od staroindického nebo staroamerických kultur až po současné. V některých nejkrásnějších sochařských dílech, ať je to tančící Šiva nebo miniaturní chrámy z Guerrera, se zřetelně objevuje hledání spojnice mezi klidem a pohybem, mezi zastaveným a volně plynoucím časem. Věříme, že naše období tyto protiklady sjednotí.

Moderní věda pokračuje v pradávném úsilí, zesiluje ho a stále urychluje jeho rytmus. Jako doplněk k různým postupům užívaným v dané společnosti se shledáváme s množstvím domněnek a mýtů, které se snaží o pochopení postavení člověka v přírodě. Věda podobně jako mýty a kosmologie usiluje o pochopení povahy světa, způsobu, jakým je organizován, a postavení člověka v něm. Z našeho hlediska je zcela nepodstatné, že rané úvahy předsokratovců se zdají být odvozeny z hésiodovského mýtu o stvoření světa, tedy z prvotních prvků Nebe a Země, touhy vyburcované Erotem, zrození prvního pokolení bohů k vytvoření rozlišených vesmírných mocností, neshody a sváru, střídajících se krutostí a krevní msty, až je konečně dosaženo stability pod vládou zákona práva a spravedlnosti. Co je významné, že předsokratovci během několika generací shromáždili, podrobili diskusi a posoudili některé koncepty, a my se v nich pokoušíme nalézt řád a pochopit vztah mezi bytím a nastáváním.

Odkud vzniká nestabilita v stejnorodosti? Proč dochází k samovolnému rozdělování? Proč vůbec věci existují? Jsou křehkým a smrtelným výsledkem křivdy, nerovnováhou v ustálené rovnováze sil mezi svářícími se přírodními mocnostmi? Nebo síly, které vytvářejí a pohánějí věci, existují nezávisle jako soupeřící mocnosti lásky a nenávisti vedoucí k zrození, růstu, úpadku a rozptýlení? Je změna iluzí, nebo naopak nekončícím zápasem protikladů vytvářejících věci? Může být kvalitativní změna zjednodušena na pohyb ve vzduchoprázdnu, na atomy lišící se jen svým tvarem, nebo se atomy samy skládají z množství kvalitativně se navzájem lišících zárodků, z nichž se žádný nepodobá druhému? A konečně, je harmonie světa matematická? Jsou čísla klíčem k přírodě?

Numerické pravidelnosti mezi zvuky, které objevili Pythagorejci, jsou nadále součástí našich současných teorií. Matematická schémata vypracovaná Řeky tvoří první soubor abstraktního myšlení v evropských dějinách, tj. myšlení, jehož výsledky jsou sdělitelné a reprodukovatelné pro všechny uvažující lidské bytosti. Řekové tak jako první dospěli k formě deduktivního poznání, obsahující určitý stupeň jistoty neovlivněné přesvědčením, očekáváním či vášněmi. Nejdůležitějším

společným rysem řeckého myšlení a moderní vědy, který kontrastuje s náboženským a mytickým způsobem kladení otázek, je důraz na kritickou diskusi a ověřování. O této filosofii předsokratovců, která vznikla v jónských městech a řeckých koloniích Velkého Řecka (Magna Graecia), je známo málo.

Proto se o souvislostech, které by mohly být mezi vývojem teoretických a kosmologických hypotéz a rozvojem řemesel a technických dovedností v těchto městech, můžeme jen domýšlet. Je známo, že v důsledku nepřátelsky naladěné náboženské a společenské reakce byli filosofové obviňováni z ateismu a posíláni do vyhnanství nebo odsuzováni k smrti. Toto rané „povolání k pořádku“ může sloužit jako symbol důležitosti společenských faktorů při vzniku a rozvoji nových pojmů a konceptů. Pro pochopení úspěchu moderní vědy musíme též vysvětlit, proč její zakladatelé nebyli většinou příliš pronásledováni a proč jejich teorie nebyly potlačovány ve prospěch názorů, které více odpovídaly tehdejšímu společenskému očekávání a přesvědčení.

Ať je tomu jakkoli, již počínaje Platonem a Aristotelem byly vytyčeny meze a myšlení bylo usměrňováno společensky přijatelným směrem. Především se začalo rozlišovat mezi teoretickým myšlením a technickou činností. Slova, která užíváme dodnes - stroj, mechanický, inženýr - mají stále podobný význam. Nevztahují se k racionálním znalostem, ale k dovednostem a účelnosti. Záměrem nebylo poučit se o přírodních procesech, abychom je účelněji využili, ale abychom přírodu podváděli, abychom proti ní „kuli pikle“, tj. abychom dělali divy a pomáhali vytvářet jevy nepatřící „přírodnímu řádu“ věcí. Pole praktického ovlivňování a pole racionálního pochopení přírody se přísně oddělila. Z tohoto pohledu je Archimedes pouze inženýrem. Jeho matematický rozbor rovnováhy strojů není ve světě přírody považován za použitelný, alespoň v rámci tradiční fyziky. Naproti tomu newtonovská syntéza je vyjádřením soustavného spojení mezi ovlivňováním a teoretickým pochopením.

Existuje ještě třetí důležitý prvek, který nachází své vyjádření v newtonovské revoluci. Je jím, jak každý ví z vlastní zkušenosti, pozoruhodný kontrast tichého a klidného světa hvězd a planet a prchavého, turbulentního světa kolem nás. Jak zdůraznil Mircea Eliade, v mnoha starobylých civilizacích došlo k oddělení profánního a sakrálního prostoru, k rozdělení světa na prostor, který je předmětem změny a degradace, a na prostor posvátný, který patří myšlenkám a není závislý na nahodilostech a historii. Do tak velkého kontrastu postavil svět hvězd a náš sublunární svět Aristoteles. Tento protiklad je rozhodující pro způsob, jakým Aristoteles vyhodnotil možnost kvantitativního popisu přírody. Od okamžiku, kdy pohyb nebeských těles není změnou, ale „božským“ stavem, který je věčně stejný, lze přírodu popsat matematickou idealizací. Matematická přesnost a rigoróznost nejsou pro pozemský svět významné. Nepřesné přírodní děje lze popisovat jen příbuzně.

V každém případě je pro aristotelovce důležitější vědět, proč k procesu dochází, než popisovat, jak se uskutečňuje, spíše však obě hlediska slučují. Jedním z hlavních zdrojů Aristotelových myšlenek bylo pozorování zárodečného růstu, vysoce organizovaného děje, ve kterém se vzájemně proplétají i zřetelně nezávislé události zúčastňující se děje, který se zdá být částí nějakého souhrnného plánu. Podobně jako vyvíjející se embryo je i veškerá aristotelovská příroda uspořádána podle konečného účelu. Smyslem všech změn, je-li to v souladu s povahou věcí, je uskutečnit v každém bytí dokonalost jeho intelektuální podstaty. Tato podstata, která je v případě živých tvorů zároveň jejich konečnou, základní faktickou příčinou, je klíčem k pochopení přírody. V tomto smyslu je „zrod moderní vědy“ střetem mezi Aristotelovými přívrženci a Galileem, střetem dvou podob racionality.

Z Galileova pohledu byla otázka „proč“, tak drahá aristotelovcům, velmi nebezpečný způsob kladení otázek přírodě, přinejmenším pro vědce. Naopak aristotelovci považovali Galileův postoj za formu iracionálního fanatismu. A tak s příchodem newtonovského systému zvítězila nová univerzalita, která sjednotila to, co se až do té doby jevilo jako rozdělené.

Již jsme zdůraznili jeden ze základních prvků moderní vědy: sňatek teorie a praxe, splývání snahy o utváření světa a touhy porozumět mu. K tomu, aby to bylo možné, nestačí vzdor přesvědčení empiriků uznávat jen fakta získaná pozorováním. V jistých ohledech, včetně popisu mechanického pohybu, to ve skutečnosti byla aristotelovská fyzika, která se snáze dostala do styku s empirickými fakty. Experimentální dialog s přírodou objevený moderní vědou obsahuje spíše aktivní přístup než pasivní pozorování. Je nutno zpracovat fyzikální realitu, „vysvětlit“ ji tak, aby co nejvěrněji odpovídala teoretickému popisu. Studovaný jev musí být připravován a vydělován tak dlouho, dokud se nepřiblíží ideálnímu stavu, který může být sice fyzikálně nedosažitelný, nicméně odpovídá převzatému koncepčnímu a pojmovému modelu.

Jako příklad použijeme popis systému kladek, který je klasický již od časů Archimedových. Archimedovy úvahy byly novověkými vědci rozšířeny tak, aby se vztahovaly na všechny jednoduché stroje. Je překvapivé, že moderní vysvětlení vyloučilo s poukazem na to, že je to nepodstatné, skutečnost, kterou se aristotelovská fyzika snažila za použití typické představy vysvětlit, totiž, že kámen „se vzpírá“ úsilí koně táhnout ho a že tento odpor lze „překonat“ tažnou silou využívající systému kladek. Příroda se podle Galilea nikdy nevzdává, nekoná práci pro nic za nic a nikdy se nedá podvést. Je nemyslitelné, že by ji bylo možné nějakým uskokem nebo užitím lsti donutit k práci navíc. Protože práce, kterou je kůň schopen vykonat, je stejná jak s kladkami, tak i bez nich, dosažený výsledek musí být stejný. Tento poznatek se pak stává výchozím bodem mechanického vysvětlení, vysvětlení, které se vztahuje k idealizovanému světu. V tomto světě má „nový“ jev - kámen uvedený nakonec do pohybu - až druhotný význam. Odpor kamene je popsán jen kvalitativně v pojmech tření a ohřevu. To, co bylo popsáno přesně, je ideální stav, v němž příčina, práce vykonaná koněm, a výsledek, pohyb kamene, jsou rovnocenné. V tomto dokonalém světě může kůň v každém případě posunout kámen a systém kladek má jen jediný účel - pozměnit dráhu, po které tažné síly působí. Jako všechny jednoduché stroje, i kladky vytvářejí pasivní zařízení, které může pohyb přenášet, ale není ho schopno vyvolat.

Experimentální dialog tak odpovídá zvláštnímu postupu. Příroda je experimentem podrobena křížovému výslechu, a to - podobně jako u soudu - podle předem stanovených pravidel. Odpovědi přírody jsou sice zaznamenávány co nejpřesněji, ale jejich správnost je hodnocena termíny té samé idealizace, z níž se vycházelo při přípravě experimentu. Vše ostatní není považováno za informaci, ale za plané tlachání bez vážnějšího významu. Může se ovšem stát i to, že příroda příslušné teoretické hypotézy odmítne. Ale i těch lze užít jako určité normy, vůči které měříme důsledky a význam odezvy, a to bez ohledu na její podobu. Na tento imperativní způsob kladení otázek přírodě, se ve svých argumentech proti vědecké racionalitě odvolává Heidegger.

Experimentální metoda je pro nás skutečným uměním, neboť i to je založeno na zvláštních dovednostech, a ne na obecných pravidlech. A jako takové nemá nikdy zaručen úspěch a je vždy odkázáno na dobrozdání triviálnosti nebo špatného úsudku. Žádné metodologické zásady nemohou vyloučit nebezpečí, že bádání uvízne ve slepé uličce. Experimentální metoda je uměním položení zajímavé otázky a zjištění všech důsledků, které jsou zahrnuty v uvažovaném teoretickém rámci, a hledáním všech možných odpovědí přírody jazykem dané teorie. Z úplného souboru přírodních jevů musí být vybrán jev, který nejpravděpodobněji a jednoznačně ztělesňuje důsledky teorie. Tento jev pak je z prostředí „pro něj typického“ vyjmut a použit k reprodukovatelnému a sdílitelnému prověření teorie.

Ačkoli byl experimentální postup již od počátku kritizován, ignorován empiriky a napadán ostatními se zdůvodněním, že je to v podstatě mučení, natahování přírody na skřípec, přežil všechny úpravy teoretického obsahu vědeckého popisu a nakonec definoval novou metodu výzkumu zavedenou moderní vědou.

Experimentální postup se může stát i nástrojem čistě teoretického rozboru. Jde pak o tzv. „myšlenkový pokus“, myšlenou představu experimentální situace zcela ovládané čistě teoretickými zásadami. Takový „experiment“ umožňuje prozkoumat důsledky těchto zásad v dané situaci. V Galileově díle sehrály tyto „myšlenkové experimenty“ rozhodující rohu a dnes jsou těžištěm výzkumu zaměřeného na důsledky převratných koncepčních a pojmových změn v současné fyzice, zejména v teorii relativity a v kvantové teorii.

Experimentální metoda je to nejdůležitější, co v dialogu s přírodou uplatnila moderní věda. Otázky zadávané přírodě tímto způsobem ji samozřejmě zjednodušují a někdy i poškozují. To ji však nezbavuje schopnosti vyvrátit většinu námi vytvořených hypotéz. Einstein říkával, že příroda odpovídá na většinu otázek, které jsou jí kladeny, „ne“ a občas „snad“. Vědec si nemůže počínat, jak se mu líbí, a nemůže nutit přírodu, aby mu odpovídala jen tak, jak si on přeje. Nemůže do ní, alespoň ne dlouhodobě, promítat svá nejzbožnější přání a očekávání. Čím je jeho taktika vůči „dobývané“ přírodě úspěšnější, tím podléhá většímu riziku a hraje vyšší a nebezpečnější hru. Navíc, ať už zazní odpověď „ano“ či „ne“, vždy bude vyjádřena v tom teoretickém jazyce, v kterém byla otázka zadána. Nicméně i tento jazyk se vyvíjí.

Prochází složitým procesem historického vývoje, který zahrnuje minulé odpovědi přírody a její vztah k jiným teoretickým jazykům. Mimoto se v každém historickém období mění vědecké zájmy a vznikají nové otázky. Tím se vytvářejí složité vztahy mezi specifickými pravidly vědecké hry - zejména experimentální metoda logického vedení dialogu s přírodou klade hře největší omezení - a kulturní sférou, kam vědci, někdy i nevědomky, patří.

Jsme přesvědčeni, že experimentální dialog je nezvratitelnou vymožeností lidské kultury. Poskytuje záruku, že při zkoumání přírody člověkem se s přírodou jedná jako s nezávislým jsoucím a je tak základem sdílitelné a reprodukovatelné povahy vědeckých výsledků. Jakkoli může příroda promlouvat jen omezeně, když se však jednou vyjádří, nebere svá slova zpět - příroda nikdy nelže.

Dialog člověka s přírodou byl zakladateli moderní vědy správně chápán jako základní krok na cestě k pochopení přírody. Jejich ctižádost šla však ještě dál. Galileo a jeho následovníci byli přesvědčeni, že věda je schopna objevit souhrnnou pravdu o přírodě. Měli za to, že přírodu by bylo možno popsat jiným jazykem než jazykem matematiky, který byl rozluštitelný jen experimentováním; ale takový jazyk byl ve skutečnosti jen jeden. V souvislosti s tímto přesvědčením se svět jeví jako stejnorodý a dílčí experimenty mohou odhalit úplnou pravdu. Nejjednodušší jevy zkoumané vědou se mohou stát klíčem k pochopení přírody jako celku. Složitost přírody je jen zdánlivá a její rozmanitost lze vysvětlit univerzální pravdou, v Galileově případě vyjádřenou matematickými zákony pohybu.

Toto přesvědčení přežilo staletí. Richard Feynman přirovnal přírodu k obrovské šachové partii. Její složitost je jen zdánlivá, každý tah se řídí jednoduchými pravidly. Moderní věda ve svých počátcích pravděpodobně přesvědčení o možnosti dosáhnout úplné pravdy potřebovala. Toto přesvědčení výrazně zvýšilo význam experimentální metody a do jisté míry ji i inspirovalo. Možná že bylo třeba revolučního pojetí světa, tak všeobjímajícího jako aristotelovské „biologické“ pojetí světa, abychom se zbavili jámy tradice, aby mistři experimentu dosahu přesvědčivosti a síly argumentů, které by jim umožnily obhájit jejich tvrzení proti předchozím podobám racionalismu. Možná že bylo třeba metafyzického přesvědčení, aby se znalosti řemeslníků a stavitelů strojů přeměnily v nové metody racionálního využívání přírody. Můžeme se podívat i tomu, jaké důsledky ve společnosti měla existence tohoto druhu „mytického“ přesvědčení pro vysvětlení prvních kroků moderní vědy. V této velmi sporné otázce se omezíme na několik obecných poznámek o samotné povaze problému, tj. problému vědy, jejíž pokrok byl jedněmi pocítován jako vítězství rozumu, ale jinými vnímán jako zklamání, jako bolestivé zjištění, že příroda není dostatečně inteligentní a chová se jako robot.

Nelze popřít zásadní význam společenských a ekonomických faktorů - zejména rozvoje řemesel v klášterech, ve kterých se zachovaly přežívající znalosti zaniklého světa, a později v obchodních městech - při zrodu experimentální vědy, která je systematizovanou formou části znalostí řemeslníků.

Navíc srovnávací analýza, jakou je například Needhamova, odhaluje určující význam společenských struktur na konci středověku. Nejen že se - na rozdíl od starověkého Řecka - třídou řemeslníků a budoucích technických zlepšovatelů neopovrhovalo, ale řemeslníci a stejně tak i vzdělanci byli v podstatě nezávislí na moci. Byli svobodnými podnikateli, řemeslníky-vynálezci, hledajícími ochranu a přízeň u mecenášů, a tíhli ke všemu novému a využívali k tomu každé možné příležitosti, byť tím ohrožovali tehdejší společenský řád. Avšak na druhé straně, jak Needham zdůrazňuje, čínští vědci byli úředníky a museli dodržovat zákony byrokracie. Byli nedílnou součástí státu, jehož základním cílem bylo dodržování zákonů a pořádku. Kompas, tiskařský lis a střelný prach, z nichž každý přispěl k podkopání základů středověké společnosti a posouval Evropu do nového věku, byly v Číně objeveny mnohem dříve, ale na její společnost měly daleko méně destruktivní vliv. Naproti tomu podnikavá evropská obchodní společnost byla vhodným prostředím pro povzbuzení a podporu dynamického a novátorského růstu moderní vědy v jejích raných stadiích.

Otázka však přesto zůstává. Víme, že stavitelé strojů používali matematiku ke stanovení převodových poměrů, přemísťování různých pracovních částí a geometrie jejich vzájemných pohybů. Ale proč nebyla matematizace omezena jen na stroje? Proč byl přirozený pohyb spojován s představou racionálního stroje? Tuto otázku lze též položit v souvislosti s hodinami, jedním z triumfů středověkého řemesla, který brzy začal určovat tempo života ve větších středověkých městech. Proč se hodiny skoro okamžitě staly skutečným symbolem světového řádu? Poslední otázka možná obsahuje i prvky odpovědi. Hodiny jsou contrivance (důmyslným mechanismem); jsou ovládané racionalitou nacházející se vně hodin, plánem, který slepě vykonává jejich stroj. Svět hodin je metafora připomínající Boha hodináře, racionálního pána přírody podobající se robotu. V počátcích moderní vědy se ukázalo, že teologické disputace a teoreticko-experimentální činnosti se vzájemně ovlivňují, rezonují. Rezonance je bezpochyby schopna posilovat a upevňovat tvrzení, že vědci se podíleli na odhalování tajemství „velkého stroje vesmíru“.

Pojem rezonance popisuje velmi složitý problém. Nemáme v úmyslu tvrdit, ani nejsme schopni doložit, že náboženský diskurs určil zrod teoretické vědy či „vědeckého světového názoru“, který se ve spojení s experimentálním přístupem začal vyvíjet. Jestliže jsme užili pojmu rezonance, tedy vzájemného zesílení dvou diskursů, vybrali jsme po zralé úvaze pojem, který nesouvisí s tím, co bylo první a co dalo impuls k dalšímu vývoji, byl-li to náboženský diskurs či „mýtus vědy“.

Poznamenejme, že pro některé filosofy není otázka „křesťanského původu“ západní vědy jen otázkou ustálení představy přírody jako automatu, ale i otázkou jistých základních spojů mezi experimentální vědou jako takovou a hebrejskou a řeckou složkou západní civilizace. Alfred North Whitehead umísťuje tuto spojnicu do úrovně instinktivního přesvědčení. Takové přesvědčení „potřebovali“ k podnícení „vědecké víry“ zakladatelé moderní vědy.

„Mám na mysli neotřesitelnou víru, že každá jednotlivá událost může souviset s předchozími událostmi zcela podle přesně stanovených obecných principů. Bez této víry by neuvěřitelná práce vědců neměla naději. Právě toto instinktivní přesvědčení, zřetelně předstihující představivost, je hnací silou výzkumu: existuje-li tajemství, lze je odhalit. Jak to, že toto přesvědčení tak výrazně zasáhlo evropské myšlení?

Srovnáváme-li způsob evropského myšlení s myšlenkovým postojem ostatních civilizací v době, kdy byly ponechány samy sobě, zdá se, že má původ v jediném zdroji. Vychází ze středověkého

důrazu na racionalitu Boha, ztotožňovanou s činorodostí Jehovy a racionalitou řeckého filosofa. Do detailu bylo vše pod dohledem a řízeno - zkoumání přírody mohlo vyústit jen v obhajobu víry v racionalitu. Podotýkám, že nemluvím o jasně formulované víře několika jednotlivců. Mám na mysli vliv, kterým působila na evropské myšlení víra, jež nebyla po staletí zpochybňována. Míním tím instinktivní způsob myšlení, nikoli jen víru vyjadřovanou slovně."

Například v anglických vědeckých textech 19. století byly náboženské odkazy stále časté. Je pozoruhodné, že při současném oživení zájmu o mysticismus se postupuje a argumentuje opačně. Dnes je to věda, kdo propůjčuje věrohodnost mystickým tvrzením.

Otázka, které nyní čelíme, vede samozřejmě k množství problémů, jejichž teologický a vědecký obsah neoddělitelně souvisí s „vnějšími“ dějinami vědy, tedy na jedné straně s popisem vztahu formy a obsahu vědeckých znalostí a na druhé straně s funkcí přisouzenou jim tehdejšími společenskými, ekonomickými a institucionálními poměry. Nyní nás zajímá jediné: zvláštní charakter a důsledky vědeckého diskursu, posíleného rezonancí s teologickým diskursem.

Needham vypráví, s jakou ironií přivítali čínští učenci 18. století oznámení jezuitů o vítězstvích moderní vědy. Myšlenka, že příroda je ovládána jednoduchými, poznatelnými zákony, jim připadala jako dokonalá ukázka antropocentrické pošetilosti. Needham se domnívá, že tato „pošetilost“ má hluboké kulturní kořeny. K objasnění obrovských rozdílů mezi západním a čínským pojetím popisuje středověká soudní řízení vedená se zvířaty. Zrůdy, jako třeba kohout, který údajně snášel vejce, bývaly odsuzovány k smrti a upalovány, neboť přestoupily zákony přírody, které měly stejnou váhu jako zákony boží. Needham vysvětluje, proč by podobně obviněný čínský kohout s největší pravděpodobností pouze diskrétně zmizel. Neprovinil se žádným zločinem, ale jeho abnormální chování bylo v rozporu s harmonií v přírodě a ve společnosti. Guvernér provincie, nebo i císař sám by se ocitli v choulostivé situaci, pokud by kohoutovo nepatřičné chování vešlo ve známost. Needham dodává, že vzhledem k filosofickému pojetí převládajícímu v Číně je vesmír samovolně harmonický a řád jevů není dán působením žádné vnější moci. Naopak, tato harmonie v přírodě, ve společnosti a na nebesích má původ v rovnováze, která panuje v těchto třech sférách. Tyto procesy jsou stabilně a vzájemně závislé, rezonují navzájem v jakési nikým neřízené harmonii. Pokud by procesy podléhaly nějakému zákonu, byl by to zákon, který by nevymyslel nikdo, ani člověk, ani Bůh. Takový zákon by rovněž musel být vyjádřen člověku nesrozumitelným jazykem a byl by to zákon daný stvořitelem zplozeným v našich vlastních představách.

Needham uzavírá položením otázky: „Podle názoru moderní vědy nejsou samozřejmě v ‚zákonech‘ přírody žádné zbytky představ o velení a povinnostech. Ty jsou nyní považovány, jak se ve své proslulé kapitole vyjádřil Karl Pearson, za statistické pravidelnosti platící pouze v daných časech a místech, za popisy, ale nikoliv za předpisy. O přesném stupni subjektivity při stanovování vědeckého zákona se vášnivě debatovalo během celého období od Macha po Eddingtona a zde není možno tyto otázky dále sledovat. Předmětem sporu bylo, zda lze uznání těchto statistických pravidelností a jejich matematického vyjádření dosáhnout jiným způsobem, než se ve skutečnosti ubírala západní věda. Bylo snad v kultuře, v níž se měl později zrodit Kepler, nutné duchovní klima umožňující soudní stíhání kohouta snášejícího vejce?"

Na tomto místě je nutné zdůraznit, že vědecká rozprava není v žádném případě pouhou transpozicí tradičních náboženských představ. Svět popsany klasickou fyzikou není samozřejmě světem Genesis, světem, ve kterém Bůh stvořil světlo, nebe, zemi a živé tvory, světem, kde Prozřetelnost nikdy nepřestala působit a popoháněla člověka směrem k budoucnosti, ve které je v sázce jeho spasení. Svět klasické fyziky je světem bez času, který, byl-li stvořen, musel být stvořen náhle, v nepřetržitém sledu operací podobných výrobě robota před jeho uvedením do provozu. V tomto smyslu se fyzika opravdu vyvinula v opozici jak k náboženství, tak k tradičním filosofiím. Víme, že křesťanský Bůh byl opravdu osloven, aby poskytl základnu k pochopení světa. Ve skutečnosti lze

hovořit o jakémsi „sblížování“ zájmů teologů, kteří zastávají názor, že svět musí uznat Boží všemohoucnost svým naprostým podrobením se Bohu, a fyziků hledajících svět matematicky popsatelných jevů.

Aristotelův svět zničený moderní vědou nebyl přijatelný ani pro teology, ani pro fyziky. Z hlediska potřeb mnoha teologů byl tento uspořádaný, harmonický, hierarchický a racionální svět příliš nezávislý, bytosti, které ho obývaly, byly příliš silné a aktivní a jejich podřízenost absolutnímu vládci nebyla zcela bezvýhradná a úplná. Na druhou stranu byl tento svět příliš složitý a kvalitativně rozlišený, aby mohl být matematicky popsán.

„Zmechanizovaná“ příroda moderní vědy, stvořená podle plánu a plně ovládaná záměrem, jehož si však není vědoma, oslavuje svého stvořitele a pozoruhodně vyhovuje jak potřebám teologů, tak fyziků. Ačkoli se již Leibniz snažil ukázat, že matematický popis je slučitelný se světem, který staví na odív aktivní a kvalitativně rozlišené chování, vědci a teologové spojili síly k popisu přírody jako neinteligentního, pasivního ústrojí, zcela cizího svobodě a potřebám lidského ducha. Jak poznamenává Whitehead: „Tupá věc, beze zvuku, bez barvy a bez zápachu, pouze nekonečně a beze smyslu spěchající hmota.“ Tato křesťanská příroda zbavená všech vlastností, které by člověku umožnily ztotožnit se se starověkou harmonií „stávání se“, nechávající člověka osamoceného před tváří Boha, se tak sblíží s přírodou, k jejímuž popisu stačí jediný jazyk a tisíce matematických jazyků, které slyšel Leibniz, nejsou třeba.

Teologie přispívá k osvětlení postoje člověka v situaci, kdy pracně luští zákony ovládající svět. Člověk rozhodně není částí přírody, kterou objektivně popisuje. Ovládají zvenčí. Podle Galilea je lidská duše, stvořená k obrazu božímu, schopna pochopit pravdy skryté v plánu stvoření. Může se tedy postupně přibližovat k poznání světa, jehož se Bůh intuitivně, rázem a v úplnosti zmocnil.

Na rozdíl od starověkých atomistů, kteří byli pro svůj ateismus pronásledováni, a na rozdíl od Leibnize, který byl občas podezírán z popírání existence boží milosti nebo lidské svobody, dokázali moderní vědci přijít s kulturně přijatelnou definicí svého konání. Lidská mysl přebývajíc v těle, jež podléhá zákonům přírody, může prostřednictvím experimentálních nástrojů získat přístup k výhodnému postavení, odkud přehlídí svět sám Bůh, k božím úmyslům, jejichž hmatatelným vyjádřením je právě svět. Nicméně mysl samotná zůstává mimo výsledky svých výkonů. Vědec může cokoliv, co vytváří strukturu přírody, například její vůně a barvy, popsat jako druhotné vlastnosti, tedy nikoliv jako část přírody, ale cosi, co jí přiřadí prostřednictvím naší mysli. Zlehčování přírody jde ruku v ruce s velebením všeho, co ji přesahuje, Boha i člověka.

Pokoušeli jsme se popsat jedinečnou historickou situaci, kdy byla vědecká praxe a metafyzické přesvědčení úzce spojeny. Galileo a jeho následovníci narazili na stejné problémy jako středověcí stavitelé, ale k tomu, aby s pomocí Boží prosadili jednoduchost světa a univerzální jazyk, který experimentální metoda požadovala a posléze rozluštila, se museli vzdát svých empirických znalostí. Na základní mýtus, o němž se opírá moderní věda, lze tedy nahlížet jako na důsledky zvláštní situace na konci středověku, které umožnily rezonanci a posílily vzájemné působení hospodářských, politických, společenských, náboženských, filosofických a technických faktorů. Rychlá změna podmínek však nechala klasickou vědu na holičkách, izolovanou v měnící se kultuře.

Klasická věda se zrodila v kultuře ovládané spojenectvím člověka nalézajícího se mezi božským a přírodním řádem a Bohem, racionálním a našemu myšlení pochopitelným zákonodárcem, svrchovaným architektem, kterého jsme si vytvořili v našich představách. Přežil okamžik kulturního souznění, který filosofy a teology opravňoval zabývat se společně vědou a dal právo vědcům rozluštit a vyjádřit názory na boží moudrost a moc Stvořitele. Vědci se s podporou náboženství a filosofie domnívali, že jejich zaujetí a odvaha jsou soběstačné a že vyčerpali možnosti racionálního přístupu k přírodním jevům. V tomto smyslu nemusel být vztah mezi vědeckým popisem a přírodní

filosofií ospravedlňován. Mohlo by se zdát samozřejmé, že se věda s filosofií sblížovaly a že věda objevovala principy filosofie přírody. Je s podivem, že soběstačnost vědců přežila odchod středověkého Boha a odvolání epistemologických záruk poskytovaných teologií. Původně smělá sázka se stala triumfující vědou 18. století, vědou, která objevila zákony řídící pohyb nebeských a zemských těles, vědou, kterou d'Alembert a Euler začlenili do úplného a konzistentního systému a jejíž dějiny Lagrange definoval jako logický úspěch směřující k dokonalosti. Byla to věda, již oceňovaly akademie věd založené absolutistickými vládci, jakými byli Ludvík, Fridrich a Kateřina Veliká, věda, která z Newtona učinila národního hrdinu. Jinak řečeno, byla to úspěšná věda, přesvědčená, že dokázala, že příroda je otevřená a transparentní. Laplaceova odpověď Napoleonovi, když se ho ptal na postavení Boha v jeho systému světa, byla: „J'en'aipas besoin de cette hypothèse - Tento předpoklad nepotřebuji.“

Dualistické poznatky moderní vědy měly stejně jako její tvrzení přežít. V Laplaceově vědě, která je dodnes v mnoha ohledech svým pojetím klasickou vědou, je popis natolik objektivní, že pozorovatel je z něho vyloučen. Popis sám je vytvářen na základě stanoviska ležícího de jure mimo tento svět, tedy z božího hlediska, ke kterému lidská duše stvořená k obrazu božímu měla přístup na začátku. Klasická věda tedy stále směřuje k odhalení jediné pravdy o světě, k jedinému jazyku, který rozluští celou přírodu. Dnes bychom hovořili o základní úrovni popisu, z které lze veškeré bytí odvodit. V tomto důležitém bodě citujme Einsteina, který do moderních pojmů převedl přesně to, co bychom mohli nazvat základním mýtem vědy: „Jaké místo zaujímá mezi všemi možnými obrazy světa obraz světa vytvořený teoretickými fyziky? Tento obraz vyžaduje při popisu vztahů nejvyšší možnou pečlivost a přesnost, a obojího lze dosáhnout jen matematikou. Na druhé straně, s ohledem na téma, se i fyzik musí velmi přísně omezovat. Musí se spokojit s popisem nejjednodušších událostí, které nepřesahují okruh našich zkušeností. Všechny složitější události se vymykají schopnostem lidského intelektu, než aby je bylo možné popsat s takovou přesností a dokonalostí, jakou požaduje teoretický fyzik, tedy se svrchovanou čistotou, jasností a určitostí na úkor úplnosti. Ale co může být přitažlivého na důkladném poznání tak drobné části přírody, když se cokoliv drobnějšího a složitějšího opatrně a bázkově nechává stranou? Zaslouhuje si výsledek tak skromného úsilí nosit hrdý název teorie vesmíru?“

Název je podle mého mínění oprávněný, neboť obecné zákony vytvářející kostru teoretické fyziky tvrdí, že platí pro jakýkoli přírodní jev. Mělo být možné získat popis, jinými slovy dospět k teorii každého přírodního procesu včetně života pouhou dedukcí, ovšem nebyla-li by tato dedukce příliš vzdálena možnostem lidského intelektu. To, že se teoretičtí fyzikové zřekli úplnosti svého pojetí vesmíru, není tudíž jen záležitostí zásadních principů.“

Po nějakou dobu někteří setrvali v iluzi, že přitažlivost v podobě popsané gravitačním zákonem by ospravedlňovala přisuzování vnitřního zaujetí přírodě, a že pokud by byla zobecněna, vysvětlil by se původ stále většího počtu zvláštních aktivit, včetně vzájemného působení, které vytváří lidskou společnost. Tato naděje však rychle vzala za své, zčásti jako důsledek požadavků politického, ekonomického a institucionálního prostředí, ve kterém se věda vyvíjela. Naším postojem zde chceme zdůraznit, že toto skutečné selhání se zdálo potvrzovat důslednost klasického pohledu a prokazovat, že to, co jednou bylo inspirujícím přesvědčením, byla smutná pravda. Jediným vysvětlením, schopným, jak se zdá, soupeřit s tímto pojetím vědy, bylo napříště pozitivistické odmítnutí plánu na pochopení světa. Například Ernst Mach, vlivný filosof a vědec, jehož myšlenky měly velký vliv na mladého Einsteina, definoval úkol vědeckého poznání jako schopnost co nejúsporněji uspořádat zkušenosti. Věda nemá žádný jiný smysl než co nejjednodušeji a nejúsporněji vyjadřovat fakta: „Máme zde vodičko, jež nám pomůže zbavit vědu všech jejích tajemství a ukáže nám její skutečnou moc. Pokud jde o vlastní závěry, neposkytne nám však nic, čeho bychom po dostatečně dlouhé době nedosáhli bez metody... Stejně jako jednotlivec, zcela odkázaný na plody vlastní práce, nemůže nikdy nahromadit velké jmění, neboť základem bohatství a moci je výsledek práce mnoha lidí soustředěný v rukou jednoho člověka, tak ani žádné poznání

nelze soustředit do jedné lidské mysli omezené délkou lidského života a nadané pouze omezenými silami až na jedinou výjimku: mimořádnou racionálnost a schopnost shromáždit zkušenosti tisíců spolupracovníků."

Význam a užitečnost vědy tkví v tom, že vede k dobře organizovanému a účinnému myšlení. V předcházejícím tvrzení může být zrnko pravdy, ale obsahuje pravdu celou? Jak daleko jsme dospěli od Newtona, Leibnize a dalších zakladatelů západní vědy, jejichž ctížádostí bylo uspořádat fyzikální vesmír do systému, který by byl pochopitelný! Tady vede věda k pravidlům děje, které vzbuzují pozornost, ale k ničemu dalšímu.

A tím se dostáváme zpět k naší startovní čáře, k myšlence, že je to klasická věda, po jistou dobu považovaná za skutečný symbol kulturní jednoty, a nikoli věda, která vyústila v kulturní krizi, které jsme popsali. Vědci zjistili, že jsou omezeni na pouhé přebíhání mezi duněním „vědeckých mýtů" a tichem „vědecké vážnosti", na přebíhání mezi ujišťováním o absolutním a úplném charakteru vědecké pravdy a ústupem do vědeckých teorií jako pragmatického receptu k účinnému zasahování do přírodních procesů.

Souhlasíme s názorem, že klasická věda dnes dospěla ke svým hranicím. Jedním rysem tohoto objevuje poznání hranic klasických představ, z nichž vyplývá, že znalost světa „takového, jaký je" byla možná. Vševědoucí bytosti, Laplaceův nebo Maxwellův démon či Einsteinův Bůh, bytosti, které mají ve vědeckých úvahách tak významné role, obsahují způsob extrapolace, o které si fyzikové mysleli, že je jim povolena. Když do fyziky vstoupily náhodnost, složitost a nevratnost jako předměty pozitivního poznání, začali jsme se od tohoto spíše naivního předpokladu o přímém propojení našeho popisu světa a od světa jako takového vzdalovat. Objektivita v teoretické fyzice nabývá poněkud křehčího významu.

Tento vývoj nám byl vnucen dalšími neočekávanými objevy, které ukázaly, že existence univerzálních konstant, jako je rychlost světla, omezuje naši schopnost přírodou manipulovat. Výsledkem bylo, že fyzikové museli zavést nové matematické postupy, které vztah poznání a jeho výkladu činily komplexnějším. Ať již „realita" znamená cokoli, vždy odpovídá aktivním myšlenkovým konstrukcím. Popisy předkládané vědou již nadále nelze oddělovat od způsobu našeho kladení otázek a nelze je tedy přičítat nějaké vševědoucí bytosti.

V předvečer newtonovské syntézy naříkal John Donne nad rozpadem aristotelovského kosmu vyvolaném Koperníkem: „Vše zpochybňuje tato věda jiná, v ní živel ohně téměř dohasíná, slunce je ztraceno i země se nám ztrácí, rozum nám neporadí, kde tu začít, svět náhle není svět nám dobře známý, když na obloze mezi planetami je tolik nového, až nám to bere dech, a znovu rozpadá se v atomech, všechno je na kusy, nic spolu nesouvisí.

Zdá se, že z rozptýlených cihel a kamenů naší současné kultury se můžeme pokusit, podobně jako v době Johna Donne, znovu stavět v nových „souvislostech". Klasická věda, mytická věda jednoduchého, pasivního světa, náleží minulosti, usmrcena nikoliv kritikou filosofů nebo rezignací empiriků, ale svým vlastním vnitřním vývojem.

Vlastnost vratnosti v dynamice vede k obtížím, jejichž plný význam byl pochopen až se zavedením kvantové mechaniky. Ovlivňování a měření jsou v podstatě nevratné. Aktivní věda tedy podle definice nesouvisí s idealizovaným, vratným světem, který popisuje. Z obecnějšího hlediska může být vratnost považována za skutečný symbol „podivnosti" světa popsaného dynamikou. Každý ví o absurdních jevech vyvolaných promítáním filmu pozpátku, o podívané na zápalku znovu obnovenou svým plamenem, o rozbitých kalamářích, jež se nejprve ze střepů složí dohromady a pak se vrací na desku stolu poté, co do nich natekl vylitý inkoust, větvích, které se omladí a opět začnou rašit. Ve světě klasické dynamiky jsou takové události považovány za zcela normální.

Zákonům klasické dynamiky, které jsme se dříve učili ve škole, jsme tak přivykli, že nám často nedochází smělost předpokladů, na nichž jsou založeny. Svět, ve kterém jsou všechny trajektorie vratné, je skutečně podivný svět. Jiným udivujícím předpokladem je úplná nezávislost počátečních podmínek na pohybových zákonech. Je možno vzít kámen a hodit ho s počáteční rychlostí. Velikost této rychlosti je omezena pouze fyzickými předpoklady vrhače, ale co se složitým systémem, jakým je například plyn tvořený mnoha částicemi? Je očividné, že nadále již libovolné počáteční podmínky zavádět nemůžeme. Počáteční podmínky musí být výsledkem samotného dynamického vývoje, evoluce. Ale ať jsou omezení jakákoliv, můžeme i dnes, o tři století později, jen obdivovat logickou soudržnost a schopnosti matematických metod, které objevili zakladatelé klasické dynamiky.

Aristoteles učinil čas měřítkem změny. Byl si zároveň plně vědom kvalitativní rozmanitosti změn v přírodě. V dynamice je však stále soustředěna pozornost jen k jednomu druhu změn, k jednomu „ději“ - pohybu. Kvalitativní rozmanitost přírodních změn je omezena na zkoumání relativních pohybů hmotných těles. Čas v dynamice je veličinou, která umožňuje tyto vzájemné pohyby popsat. Prostor a čas jsou ve světě klasické dynamiky navzájem neoddělitelně spojeny.

Je zajímavé porovnat změnu dynamické odezvy s atomistickým pojetím změny, které se těšilo značné oblibě v době, kdy Newton odvodil své zákony. Zdá se, že nejen Descartes, Gassendi a d'Alembert, ale i sám Newton věřili, že srážky pevných atomů jsou základním a snad jediným zdrojem změn pohybu. Dynamický a atomistický popis se přesto radikálně liší. Spojitost zrychlení v rovnicích dynamiky je v ostrém kontrastu s přerušovanými, okamžitými srážkami tuhých částic. Již Newton si všiml, že v rozporu s dynamikou je v každé (nepružné) srážce obsažen nevratný úbytek pohybu. Pouze vratná srážka je v souladu se zákony dynamiky „pružnou“ srážkou, při které se zachovává velikost hybnosti. Jak se může na atomy, o nichž se předpokládá, že jsou základní složkou přírody, vztahovat „pružnost“?

Z druhé strany, na méně odborné úrovni, se zákony dynamického pohybu zdají odporovat náhodnosti obecně připisované srážkám atomů. Již starověcí filosofové ukázali, že každý přírodní proces lze za pomoci pojmů charakterizujících pohyb a srážky atomů vysvětlit mnoha různými způsoby. Pro atomisty to nebyl problém, neboť jejich hlavním cílem bylo popsat bezbožný, zákonů neznalý svět, ve kterém je člověk svobodný a nemůže od žádného božského nebo přírodního řádu očekávat ani trest, ani odměnu. Klasická věda však byla vědou techniků a astronomů, vědou činu a předpovědi. Domněnky založené na předpokládaných atomech ji nemohly plně uspokojit. Naproti tomu Newtonův zákon umožnil předpovídat a ovládat. Příroda se tak z chaotické, nepoddajné a náhodné stala povolnou, předpověditelnou a dodržující zákony. Ale co je pojátkem mezi smrtelným, nestálým světem, ve kterém se atomy neustále spojují a oddělují, a neměnným světem dynamiky řízeným Newtonovým zákonem, jednoduchým matematickým vzorcem odpovídajícím věčné pravdě rozprostírající se směrem k tautologické budoucnosti? Ve dvacátém století jsme opět svědky srážky zákonitých a náhodných jevů, které, jak ukázal Koyré, trýznily již Descarta. Již od konce devatenáctého století, od zformulování kinetické teorie plynů, chaotický pohyb atomů znovu sjednotil fyziku a problém souvislosti mezi zákonem dynamiky a statistickým popisem pronikl až k úplnému jádru fyziky. Je to jeden z klíčových prvků současné obnovy dynamiky.

V osmnáctém století se však zdálo, že tento rozpor vytváří mrtvý bod. Lze tím částečně vysvětlit i skepsi některých fyziků 18. století, alespoň co se týče významu Newtonova dynamického popisu. Již jsme zaznamenali, že srážky mohou vést ke ztrátě pohybu. Tito fyzikové usuzovali, že „energie“ se v těchto neideálních případech nezachovává, ale je nevratně ztracena. Atomisté tedy nutně museli považovat dynamiku za idealizaci, která má omezený smysl. Evropští fyzikové a matematikové, jako byli d'Alembert, Clairaut a Lagrange, dlouho odolávali svůdným půvabům „newtonismu“. Kde jsou kořeny Newtonova pojmu změny? Zdá se, že jsou syntézou nauky o ideálních strojích, ve kterých se pohyb přenáší bez srážek a tření dotýkajících se dílů, a vědou o nebeských tělesech, která

na sebe vzájemně působí na dálku. Viděli jsme, že to je protiklad atomismu, který je založen na představě náhodných srážek. Obhazuje se tím názor těch, kteří věřili, že Newtonova dynamika v dějinách myšlení představuje průlom v myšlení, revoluční novinku? Je to to, co tvrdili pozitivističtí historikové, když popisovali, jak Newton unikl kouzlu předpojatých představ a jak měl odvahu vyvodit z matematického studia pohybu planet a zákonů popisujících padající tělesa působení „univerzální“ síly. Víme, že racionalisté 18. století naopak zdůrazňovali zjevnou podobnost jeho „matematických“ sil a tradičních okultních vlastností. Tito kritici naštěstí nevěděli o podivné historce související s newtonovskými silami. Za Newtonovým opatrným prohlášením: „Nevytvářím žádné hypotézy“, které se týkalo podstaty přírodních sil, se skrývalo nadšení alchymisty. Nyní víme, že Newton se po třicet let souběžně se svými matematickými studiemi zabýval alchymií a uskutečnil velice pečlivé laboratorní pokusy se snahou dosáhnout syntézy zlata.

Několik historiků nedávno dokonce předložilo k úvaze, zda newtonovská syntéza nebe a země nebyla spíše úspěchem chemika než astronoma. Newtonovská síla „oživující“ hmotu a v přesnějším slova smyslu vytvářející skutečnou činnost přírody, by pak byla nástupkyní sil, které chemik Newton pozoroval a s kterými zacházel, chemických „afinit“, vytvářejících a narušujících stále nové kombinace hmoty. Rozhodující vliv nebeských drah samozřejmě zůstával. Přesto Newton kolem roku 1679, na začátku svých intenzivních astronomických výzkumů, podle všeho očekával, že nové síly přitažlivosti objeví jen na nebi, že budou podobné chemickým silám a bude je snazší zkoumat matematicky. Jeho teoretické úsilí vyústilo o šest let později v nečekaný závěr: síly působící mezi planetami a síly, které urychlují padající tělesa, jsou nejen podobné, ale jsou stejné. Přitažlivost není typická jen pro každou planetu, ale je v podstatě stejná pro Měsíc obíhající kolem Země, pro planety, ale i pro komety prolétávající slunečním systémem. Newton na obloze objevil síly podobné chemickým silám: určité afinity, lišící se pro každou chemickou sloučeninu a umožňující každé sloučenině kvalitativně rozdílné působení. Jeho nesporným objevem byl obecný zákon, který, jak zdůrazňoval, lze použít k popisu všech jevů, ať jsou svou podstatou chemické, mechanické nebo nebeské.

Newtonovská syntéza byla překvapením. Nečekaný, ohromující objev, který vědecký svět připomíná tím, že z Newtona učinil symbol moderní vědy. A co obzvláště udivuje, že základní kód přírody byl rozluštěn jediným tvůrčím skutkem.

Tato náhlá sdílnost přírody, tento triumf anglického Mojžíše, se pro evropské racionalisty staly nadlouho zdrojem intelektuálního osočování. Na Newtonovu práci bylo nahlíženo jako na čistě empirický objev, který by mohl být stejně dobře empiricky vyvrácen. V roce 1747 Euler, Clairaut a d'Alembert, bezpochyby největší vědci té doby, došli k stejnému závěru: Newton se mýlil. K popisu pohybu Měsíce musí být matematický výraz popisující přitažlivou sílu složitější - přitažlivá síla je dána součtem dvou členů. Po následující dva roky všichni věřili, že příroda Newtonův omyl prokázala; pocíťovali přitom vzrušení, nikoliv bázeň. Protože nepovažovali Newtonův objev za srovnatelný s výsledky fyziky, lehkovězně pozorovali, jak se fyzika hroutí. D'Alembert zašel dokonce tak daleko, že zpochybňoval hledání nového důkazu proti Newtonovi a dal mu *Je coup de pied de l'âne*."

Proti tomuto výroku se ve Francii ozval jen jeden statečný hlas. Buffon v roce 1748 napsal: „Fyzikální zákon je zákonem jen na základě skutečnosti, že ho lze snadno změřit a že stupnice, kterou představuje, je nejen vždy stejná, ale je jediná... Pan Clairaut vznesl námitky proti Newtonovu systému, ale to byla přinejlepším jen námitka, která se nesmí a nemůže stát zásadou. Měl by být učiněn pokus o její překonání, a ne ji pouze přeměnit v teorii, jejíž celkový důsledek by spočíval ve výpočtech, protože, jak jsem řekl, výpočty lze popsat cokoliv a přitom se ničeho nemusí dosáhnout. A je-li dovoleno přidat k fyzikálnímu zákonu, jakým je zákon přitažlivosti, jeden nebo dva náhodné členy, rozšiřujeme jen libovolnost, místo abychom znázornili realitu. Buffon poté oznámil to, co se mělo stát, i když jen na krátkou dobu, výzkumným programem v chemii: „Zákony

afinity, s jejichž pomocí se základní části různých látek oddělují od jiných, aby se pak sloučily dohromady a vytvořily stejnorodé sloučeniny, jsou stejné jako obecný zákon určující vzájemné působení všech nebeských těles navzájem - chovají se stejným způsobem a se stejnými poměry hmotnosti a vzdálenosti. Kapička vody, zrnko písku nebo kovu působí na jinou kapičku nebo zrnko právě tak, jak působí Země na Měsíc, a byly-li zákony afinity dosud považovány za odlišné od zákonů gravitace, je to proto, že nebyly plně pochopeny a že neobsahují celou šířku problému. Tvar tělesa, který má na zákon vzájemného působení mezi tělesy pro nebeská tělesa vzhledem k jejich velké vzájemné vzdálenosti malý nebo žádný vliv, je naopak velice důležitý, je-li vzdálenost velmi malá nebo nulová... naši vnukové budou výpočty schopni získat přístup k této nové oblasti znalostí (tj. odvodit zákon vzájemného působení mezi jednoduchými tělesy z jejich tvarů).

Historie dala za pravdu naturalistům, pro které síla nebyla pouhým matematickým trikem, ale skutečnou podstatou nové vědy o přírodě. Fyzikové byli později přinuceni přiznat svou chybu. O padesát let později mohl Laplace napsat svůj *Système du Monde*. Zákon všeobecné gravitace úspěšně obstál ve všech zkouškách a četné argumenty, které ho zdánlivě vyvracely, se změnily ve skvělý důkaz jeho platnosti. V téže době, pod Buffonovým vlivem, francouzští chemici znovu objevili zvláštní podobnost fyzikální přitažlivosti a chemické afinity. Přes posměšky d'Alemberta, Condillaca a Condorceta, jejichž sverepý racionalismus se s těmito nejasnými a jalovými „analogiemi“ zjevně neslučoval, sledovali Newtonovu cestu opačným směrem - od hvězd k hmotě. Počátkem devatenáctého století se newtonovský program - redukce všech fyzikálně-chemických jevů na působení sil (což vedle gravitační přitažlivosti zahrnovalo odpudivou sílu tepla, která způsobovala zvětšování těles a upřednostňovala rozpouštění, jakož i elektrické a magnetické síly) - stal oficiálním programem Laplaceovy školy, která ovládala vědecký svět v době, kdy Napoleon vládl Evropě.

Začátek devatenáctého století spatřil vznik velkých francouzských univerzit. Byla to doba, kdy se vědci stali učiteli a profesionálními výzkumníky a začali školit své následovníky. Bylo to i období, kdy se vědci pokusili předložit syntézu dosavadního poznání a zařadit ji do učebnic a popularizačních spisů. O vědě se již nediskutovalo v salonech, věda se vyučovala a popularizovala. Stala se předmětem stavovské shody a učitelské autority. První shoda se týkala newtonovského systému: ve Francii nakonec zvítězilo Buffonovo přesvědčení nad racionálním osvícenským skepticismem.

Po krátkou dobu, která přesto zanechala nesmazatelnou stopu, věda triumfovala, byla uznávána a uctívána mocnými a velebena jako vlastník logického pojetí světa. Uctíván Laplacem stal se Newton symbolem zlatého věku. Bylo to opravdu šťastné období, v němž si vědci vážili sami sebe a ostatní v nich viděli průkopníky pokroku a jejich počínání schvalovala a podporovala celá společnost.

Jaký je význam newtonovské syntézy dnes, po objevu teorie pole, relativity a kvantové mechaniky? Dnes víme, že příroda není vždy „spokojená a ve shodě sama se sebou“. Na mikroskopické úrovni byly zákony klasické mechaniky nahrazeny zákony kvantové mechaniky, a pokud jde o vesmír, došlo k nahrazení newtonovské fyziky fyzikou relativistickou. Klasická fyzika nicméně zůstává přirozeným vztažným bodem. Ve smyslu, v kterém jsme ji definovali, tedy jako popis deterministických, vratných, statických trajektorií, můžeme newtonovskou dynamiku stále pokládat za jádro fyziky.

Klasická dynamika samozřejmě od svého zformulování Newtonem prodělala velké změny. Byly výsledkem práce takových matematiků a fyziků, jako byl Hamilton a Poincaré. Musíme zkrátka rozlišovat dvě období. První je období objasňování a zobecňování. Během druhého období prošly pojmy, na nichž klasická mechanika spočívá, jako jsou počáteční podmínky a význam trajektorií, kritickou revizí i v oblastech, kde (na rozdíl od kvantové mechaniky a relativity) klasická dynamika

stále platí. Obrátme se nyní k obecnému jazyku dynamiky, který byl objeven vědci devatenáctého století.

Klasickou dynamiku lze dnes formulovat sevřeným a elegantním způsobem. Jak uvidíme dále, všechny vlastnosti dynamického systému mohou být vyjádřeny jedinou funkcí, hamiltoniánem. Jazyk dynamiky je tak pozoruhodně jednotný a ucelený. Lze jednoznačně formulovat každý „skutečný“ problém. Není divu, že struktura dynamiky již od osmnáctého století uchvacovala, ale i děsila.

V dynamice může být stejný systém zkoumán z různých hledisek. V klasické dynamice jsou všechna tato hlediska totožná, a to v tom smyslu, že od jednoho k druhému můžeme přecházet transformací, tj. změnou proměnných. Mluvíme pak o různých rovnocenných systémech, ve kterých platí zákony dynamiky. Tyto rovnocenné systémy pak tvoří obecný jazyk dynamiky. Lze ho použít k tomu, abychom explicitně zdůraznili statický charakter, který klasická dynamika popisovaným systémům připisuje. Čas se v mnoha třídách dynamických systémů uplatňuje pouze jako porucha, neboť jejich popis lze zjednodušit v popis vzájemně se neovlivňujících mechanických systémů.

Tento věčný a neměnný pohyb připisoval Aristoteles nebeským tělesům. Již jsme zaznamenali, že v dynamice „je vše dáno“. Zde to znamená, že skutečně od prvního okamžiku je hodnota různých invariantů (veličina, která se při jistých operacích nemění) pohybu pevná. Nic se nemůže „stát“ nebo „nastat“. Dospíváme zde do jednoho z oněch dramatických okamžiků v dějinách vědy, kdy byl popis přírody omezen téměř až na její statický obraz. Vhodnou změnou proměnných lze skutečně dosáhnout toho, že všechna vzájemná působení vymizí. Věřilo se, že integrovatelná soustava, kterou je možno zjednodušit na soustavu volných částic, je prototypem dynamického systému. Celé generace matematiků a fyziků usilovaly nalézt pro každý druh soustav „správné“ proměnné, které by vzájemné působení odstranily. Pravděpodobně nejdůležitějším a nejsiřejí zkoumaným problémem byl problém tří těles.

Jako příklad můžeme uvést pohyb Měsíce, ovlivněný jak Zemí, tak Sluncem. O jeho vyjádření ve formě integrovatelné soustavy bylo učiněno bezpočet pokusů, ale teprve na konci devatenáctého století Brans a Poincaré ukázali, že je to nemožné. Jejich zjištění vyvolalo velké překvapení a ve skutečnosti znamenalo konec všem jednoduchým extrapolacím dynamiky založené na integrovatelných soustavách. Brunsův a Poincaréův objev ukazuje, že dynamické systémy nejsou izomorfní (matematický způsob jednoznačného přiřazování prvků). Jednoduše řečeno, integrovatelné soustavy mohou být skutečně zjednodušeny na vzájemně nepůsobící jednotky, ale obecně vyloučit vzájemné působení nelze. Ačkoli se tehdy tomuto objevu příliš nerozumělo, vyplývalo z něho, že dynamický svět není homogenní a redukovatelný na představu integrovatelných soustav. Příroda jako vyvíjející se a vzájemně na sebe působící mnohočetnost tím odmítla, aby byla omezena na bezčasové a obecné schéma.

Objevily se i další náznaky ukazující stejným směrem. Zmínili jsme se, že trajektorie odpovídají deterministickým zákonům. Pokud je počáteční stav jednou dán, dynamické zákony pohybu umožňují výpočet trajektorie v každém bodě, a to jak v budoucnosti, tak v minulosti. V některých singulárních bodech se nicméně trajektorie může stát vnitřně neurčenou. Například tuhé kyvadlo může vykazovat dva kvalitativně odlišné způsoby chování, může buď kmitat, nebo se může otáčet kolem bodů, ve kterých je zavěšeno. Postačuje-li počáteční impuls právě k tomu, aby se kyvadlo dostalo do svislé vztyčené polohy s nulovou rychlostí, je směr, ve kterém bude padat, a tedy i charakter pohybu neurčitý. Nekonečně malá změna bude stačit k tomu, aby se otáčelo nebo kmitalo.

Je příznačné, že již Maxwell zdůrazňoval význam těchto singulárních bodů. Po popisu výbuchu střelné bavlny pokračoval: „Ve všech takových případech je jedna společná okolnost - soustava má množství potenciální energie, která je schopna přeměny v pohyb, ale tato přeměna nemůže začít,

dokud soustava nedosáhne určitého uspořádání. K tomu, abychom ho dosáhli, je však třeba vynaložit práci, která v některých případech může být i nekonečně malá, avšak obecně k uvolnění energie není v žádném určitém poměru. Například skála uvolněná mrazem a udržující se v rovnováze v jediném singulárním bodu na boku hory, jiskřička, která zapálí velký les, slůvko, které uvede svět do boje, nepatrná pochybnost, která člověku zabrání provést jeho záměr, malý výtrus, který způsobí, že všechny brambory jsou napadeny sněží, malý zárodek, z něhož se staneme filosofové nebo hlupáci. Každé bytí nad určitou mezí má své singulární body: čím vyšší mez, tím více je singulárních bodů. Tyto body, jejichž fyzikální význam je příliš nepodstatný na to, aby u konečných útvarů byl uvažován, mohou vyvolat důsledky nejvyšší důležitosti. Všechny velké objevy, jichž bylo dosaženo lidským úsilím, závisí na využití těchto singulárních stavů, když nastanou."

Tato představa nebyla dále rozpracovávána, neboť chyběly vhodné matematické postupy k určování soustav obsahujících takové singulární body a rovněž chyběly hlubší znalosti chemie a biologie, které dnes dovolují proniknout k podstatě a významu takových singulárních bodů hlouběji.

Ale ať je tomu jakkoliv, od doby Leibnizových monád až do dnešních dnů (například stacionární stavy elektronů v Bohrově modelu) byly integrovatelné systémy modelem dynamického systému par excellence a fyzikové se pokoušeli rozšířit vlastnosti něčeho, co je ve skutečnosti velmi speciální třídou Hamiltonových rovnic, na všechny přírodní procesy. Třída integrovatelných systémů je jediná, která až do nedávné doby byla důkladně prozkoumána. Navíc zde sehrálo roli okouzlení uzavřenou soustavou schopnou představovat všechny problémy (za předpokladu, že je nedefinuje jako bezvýznamné). Dynamika takovým jazykem je; je-li jazyk úplný, má podle definice stejný rozsah jako svět, který popisuje. Dynamika předpokládá, že všechny problémy, ať jsou jednoduché či složité, jsou si vzájemně podobné, neboť je lze vždy popsat ve stejném obecném tvaru. A z toho vyplývá pokušení učinit závěr, že i všechny problémy se z hlediska svých řešení navzájem podobají a že se již nic nového nemůže objevit ani v důsledku větší či menší složitosti integrace. Nyní víme, že tato vnitřní stejnorodost je jen zdánlivá a chybná. Mechanistický světový názor byl přijatelný jen potud, pokud se pozorovatelné jevy vztahovaly tím či oním způsobem k pohybu. Ale nyní tomu tak již není. Například nestabilní částice mají energii, která může být spojena s pohybem, ale mají i dobu života, která je naprosto odlišným druhem pozorovatelné veličiny a je, těsněji svázána s nevratnými ději. Nutnost zavedení nových pozorovatelných veličin do teoretických věd byla a i dnes je stále jednou z hnacích sil, která nás uvádí do oblastí mimo mechanistický pohled na svět.

Extrapolace z dříve uvedeného dynamického popisu mají symbol démona, kterého si vymyslel Laplace. Tento démon je v každém daném časovém okamžiku schopen nejen pozorovat polohu a rychlost každé hmoty, která je částí vesmíru, ale i odvozovat její vývoj, a to jak směrem do minulosti, tak i do budoucnosti. Nikdo nikdy nepočítal s tím, že by fyzikové mohli mít někdy prospěch z poznání Laplaceova démona. Laplace sám tuto fikci užíval k tomu, aby ukázal rozsah naší nevědomosti a potřebu statistického popisu některých dějů. Problematika Laplaceova démona není spojena s otázkou, zda je deterministická předpověď průběhu událostí skutečně možná, ale zda je možná principiálně, de jure. Zdá se, že tato možnost je zahrnuta v mechanistickém popisu, s jeho typickou dualitou, založenou na pohybových zákonech a počátečních podmínkách.

Skutečnost, že dynamická soustava je řízena deterministickým zákonem, přestože v praxi naše neznalost počátečního stavu vylučuje jakoukoli možnost deterministické předpovědi, připouští takovou „objektivní věrnost“ popisu soustavy, jakou by viděl Laplaceův démon a která by se v důsledku existence empirických mezí vyvolaných naší nevědomostí zřejmě lišila. V souvislostech klasické dynamiky může být deterministický popis v praxi nedosažitelný, nicméně vytváří hranici, která vymezuje řadu postupně zpřesněných popisů. Právě shoda této duality vytvářené pohybovým zákonem a počátečními podmínkami je výzvou k obnovení klasické dynamiky. Uvidíme, že pohyb se může stát tak složitým a trajektorie tak proměnlivými, že nám žádné, byť sebepřesnější

pozorování neumožní určit přesné počáteční podmínky. A v tomto bodě se dualita, na níž byla vybudována klasická dynamika, zhroutí. Předpovědět lze jen střední průběhy souboru trajektorií. Ke zrodu moderní vědy přispělo zhroucení animistického vztahu k přírodě. Člověk v aristotelovském světě se zdál zaujímat místo živého a vědoucího stvoření. Svět mu byl stvořen na míru. První experimentální dialog převzal část svého společenského a filosofického oprávnění z jiného spojení, tentokrát s racionálním křesťanským Bohem. V míře, v jaké se dynamika stala a stále je modelem vědy, přetrvávají jisté důsledky tohoto historického stavu až dodnes.

Věda nadále plní roli proroka a zjevuje popis světa zřehého z hlediska Boha nebo démona. Je to věda Newtonova, nového Mojžíše, jemuž byla odhalena pravda o světě. Je to zjevená věda, která se zdá být cizí jakýmkoliv společenským a dějinným souvislostem ztotožňujícím ji s výsledkem činnosti lidské společnosti. Diskurs inspirovaný Bohem provází celé dějiny fyziky. Provázel každé koncepční zlepšení, každou příležitost, při které se zdálo, že fyzika již dospěla k okamžiku sjednocení a maska rozšafného pozitivismu byla stržena. Fyzikové vždy opakovali, co tak jasně prohlašoval Ampérův syn - všeobecná přitažlivost, energie, pole, elementární částice - jsou slovy Stvoření. Vždycky - v Laplaceově době, na konci devatenáctého století, nakonec i dnes - fyzikové prohlašují, že fyzika je zavřenou knihou, která je nám nepřístupná. Existuje jediná bašta, v níž příroda i nadále odolává a jejíž dobytí by přírodu zanechalo bezbrannou, přemoženou a porobenou našimi znalostmi. Bezděčně tak opakují rituál dávné víry. Oznamují příchod nového Mojžíše a s ním i příchod nového mesiášského období vědy.

Někdo si přeje, abychom k těmto „prorockým“ tvrzením, poněkud naivnímu nadšení nepřihlíželi. Je jistě pravda, že dialog s přírodou pokračuje v zásadě stále stejně, spolu s hledáním nových teoretických jazyků, nových otázek a nových odpovědí. Nelze však souhlasit s přísným oddělením vědcovy „současné“ práce a způsobu, jakým tuto práci posuzuje, vysvětluje a směřuje. Přijetí by znamenalo zredukovat vědu na ahistorické hromadění výsledků a nevěnovat pozornost tomu, čeho se fyzikové snaží dosáhnout, ideálnímu poznání, důvodům, proč se občas znesváří, nebo se nejsou schopni mezi sebou dorozumět.

A byl to opět Einstein, kdo zformuloval hádanku vytvořenou mýtem moderní vědy. Považuje za zázrak a za úžasnou jedinečnou vlastnost vědy, že vůbec existuje, že se jejím prostřednictvím pokoušíme sblížit přírodu s lidskou myslí. Podobně, když Du Bois Reymond na konci devatenáctého století učinil z Laplaceova démona skutečné vtělení logiky moderní vědy, dodal „Ignoramus, ignorabimus“: nikdy nepoznáme spojitosti mezi světem vědy a myslí, která zná, uvědomuje si a vědu vytváří.

Příroda promlouvá tisíci jazyky a my jsme jim teprve začali naslouchat. Laplaceův démon přesto po dvě století otravoval naši představivost a byl noční můrou, kdy se všechny ostatní věci jevíly bezvýznamnými. Kdyby to byla pravda, že svět je démon, bytost, která má k dispozici stejnou vědu jako my, ale je vybavena bystřejšími smysly a lepší schopností počítat, mohl by, vycházející z pozorování okamžitého stavu, vypočítat jeho budoucnost a minulost. Pokud nic kvalitativně neodlišuje jednoduché systémy, které lze odvodit ze systémů složitějších, vyžadujících existenci démona, pak není svět ničím jiným než obrovskou tautologií. To je výzva vědy, kterou jsme zdědili od našich předchůdců, kouzlo, které dnes musíme zařikávat.

Nisbet ve své zajímavé knize o dějinách myšlenky pokroku píše: „Žádná myšlenka nebyla po dobu zhruba tří tisíc let důležitější, nebo alespoň stejně důležitá, jako myšlenka pokroku v západní kultuře.“