

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ilya Prigogine; Isabella Stengersová
Nová aliance [Dokončení]

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 29 (1984), No. 5, 241--252

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137985>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1984

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Nová aliance

Druhá část – Rozšíření dynamiky: k lidské přírodní vědě

Ilya Prigogine, Isabella Stengersová, Brusel

3. Dvoji pravda kvantové mechaniky

Než se dostaneme k posledním výsledkům práce naší skupiny, která se snaží vytvořit dynamickou interpretaci nevratnosti, měli bychom se snažit pochopit, jaký kontext vůbec něco takového umožnil. Jinak řečeno, měli bychom hovořit o hluboké epistemologické krizi, kterou ve fyzice vyvolal rozvoj kvantové mechaniky.

V retrospektivě není nic divného na tom, že teprve kvantová mechanika mohla otřást galileovskými základy fyziky. Ten typ systémů, který kvantová mechanika popisuje, si totiž vynutil, aby naplno propukl konflikt, který až dotud zůstával implicitně skryt uvnitř fyziky samé: konflikt mezi vratným způsobem popisu fyzikálních systémů a mezi způsobem měření, procesem *zaznamenávání čísel*, popisujících systém, který je tedy podstatně nevratný. Až dosud bylo možno tento konflikt přehlížet proto, že se nevratnost měření v klasické fyzice nepovažovala za podstatnou, ale přisuzovala pouze nedokonalosti každého konkrétního měření ve srovnání s ideálním měřením prostoru metrem a času hodinami, které je vratné a okamžité. Vratná povaha ideálního měření podstatně souvisí s požadavkem vyjádřeným v hamiltonovském formalismu, aby všechna čísla, která se ve fyzickém popisu systému vyskytují, bylo možno vztahovat k okamžitým prostorovým *lokalizacím* [23].

Nevratná povaha měření, která se v klasické fyzice zdála být jen nahodilá a odstranitelná, okamžitě vystoupila jako něco zásadního pro zakladatele kvantové mechaniky, například Bohra a Heisenberga [18, 20, 21]. Proto od začátku zdůrazňovali skutečnost, že do popisu mikroskopických fenoménů vždycky vstupují nevratné procesy jako emise a absorpce světelných kvant, fotochemické procesy, registrování a zesilování měřicími přístroji [22, 24].

Viděli jsme, že kvantová mechanika do sebe pojala hamiltonovský formalismus. Nic-

Our Journal wishes to thank SCIENTIA, International Review of Scientific Synthesis, Via Guastalla 9, 20122 Milan, Italy, for permission to reproduce the above article by ILYA PRIGOGINE and ISABELLE STENGERS *La Nouvelle Alliance* published in SCIENTIA in issues 5–8 and 9–12, 1977 Vol. 112 Annus LXXI.

© SCIENTIA 1977

méně prostředkem popisu je nyní vlnová funkce, vyvíjející se v průběhu času, nikoli souřadnice a hybnosti, které by byly funkcemi času. Vratná povaha vývoje se nyní vztahuje k vývoji vlnové funkce. Tato vlnová funkce se vyjadřuje pomocí superpozice stacionárních stavů, charakterizovaných odpovídajícími energetickými hladinami. Ve vlnové funkci se nikde nevyskytují veličiny jako účinný průřez, střední doba života a vůbec veličiny charakterizující procesy při měření. A přesto jen díky takovým procesům můžeme získat čísla charakterizující stacionární kvantové stavy, pomocí nichž se vyjadřuje vlnová funkce.

Protože stacionární stavy jsou z definice stavy, kdy se nic neděje, nemohli bychom o nich říci vůbec nic, kdyby byly opravdu stacionární. Pouze když systém přechází z jednoho stacionárního stavu do druhého, lze získat číslo, kterým pak bude moci kvantová mechanika charakterizovat určitý systém, jako kdyby neomezeně trval v tom a tom stacionárním stavu.

Odtud pramení velké paradoxy kvantové mechaniky. Jak Bohr a Rosenfeld stále zdůrazňovali, kvantová vlnová funkce nemá žádný fyzikální smysl, dokud nebyla vybrána čísla, která ji budou charakterizovat, stacionární stav, který ji bude popisovat a dokud se neprovedlo odpovídající měření. Jinak řečeno, podmínky pozorování kvantového systému neodlučně patří k jeho definici jako předmětu fyzikálního poznání.

Řada nesází při interpretaci kvantového formalismu [19] vyplývá z pokusů odvodit ze samotné vlnové funkce, podléhající, jak jsme řekli, rovnici vratného vývoje, tu redukci, k níž dochází, když se nějakým měřením uskuteční definice objektivity systému, to znamená z popisu pomocí stacionárních stavů odvodit nevratný proces, který je v pojmech stacionárních stavů úplně nepochopitelný.

Formalismus kvantové mechaniky je skutečně založen na současném užívání dvou navzájem neslučitelných pojmů, z nichž každý je přitom nutnou podmínkou, aby ten druhý měl fyzikální smysl. Nevratný proces je nezbytný pro *poznání* stacionárního stavu, který tímto okamžikem přestává být stacionární; kvantová mechanika může tento proces popsat jen v pojmech *přechodu mezi stacionárními stavy* a považuje ho za zcela nesrozumitelný bez tohoto odkazu ke konceptům, v jejichž rámci tento proces ztrácí smysl. Stejně kvantová mechanika současně tvrdí a klade proti sobě nezbytnost jak vlnové funkce, tak měřicího přístroje a definuje kvantový fenomén pomocí dvojí záhady [25]: záhady systému o sobě, jehož dynamický vývoj je vratný, ale nepoznatelný, a záhady operace měření, nevratné a v pojmech dynamiky nesrozumitelné. Nebo jinými slovy, kvantová mechanika musela ovšem opustit iluzi popisu z vnějšího hlediska, iluzi čirého intelektu, nahlízejícího na systém „takový, jaký jest“ a přitom zůstávajícího mimo něj; musela připustit, že objektivitu nelze definovat bez odkazu k podmínkám pozorování; ale když se vzdala iluze božského hlediska, vzdala se zároveň i samé možnosti popisu nějakého systému v pojmech dynamického vývoje. S odvoláním na často vzpomenutou paralelu problému Kantova s epistemologickou situací kvantové mechaniky můžeme hovořit o *reflexivní struktuře* kvantového popisu; kvantový popis vnitřně obsahuje reflexi o podmínkách své vlastní možnosti, o té pozorovací situaci, která ho umožnila. A stejně jako kantovský fenomén dá se i fenomén kvantový definovat jen dvojí neprůhledností obou hledisek, která se vymezují pouze vzájemnou opozicí [21].

Nabízí se považovat tuto opozici za nepřekonatelnou, vidět v ní snad cenu, kterou

fyzik nakonec platí za to, že matematizuje přírodu. To, že se kvantová mechanika takto jevila jako absolutní mez, patrně vysvětluje, proč se kolem ní objevila ta nejpodivnější metafyzická tvrzení (stav ducha začleněný do fyzikálních rovnic, přímý vliv psychického pozorování na systém a dokonce to, že se vesmír štěpí do paralelních linií při každé redukci vlnové funkce... [19]).

Chtěli bychom překonat tento postoj fascinace, který souvisí s příliš rychlým ztotožněním klasické dynamiky s fyzikálním popisem vůbec, mezi klasické dynamiky s podstatnými mezemi fyziky a snad i racionálního myšlení vůbec. Kvantová mechanika je kritická jen proto, že klade jako *problém* něco, co se od 17. století považovalo za *vyřízenou věc*, totiž neslučitelnost procesu a dynamického popisu. Připomeňme Koyrého závěr o tragédii moderního ducha, který „řeší záhadu vesmíru a nahrazuje ji jinou: záhadou sama sebe“. „Svět vědy – skutečný svět – se tak vzdálil a úplně oddělil od žitého světa, který věda nebyla s to vysvětlit, a to ani rozmělnujícím výkladem, který by z něho udělal „subjektivní“ zdání. Dvojitý svět, a to znamená dvojitá pravda – anebo vůbec žádná [6b].“

Vůbec žádná pravda – to je nihilistické pokušení kvantové mechaniky. A přece jeho výzva je zároveň největší příležitostí, jaká se fyzice naskytla, aby překonala hranice instituce klasické fyziky, aby proces měření nepřijímala *pouze* jako návrat něčeho, co v nitru potlačila a popírá – za cenu dvojitá neprůhlednosti dynamického vývoje a měřicího přístroje – aby si vytvořila dynamický popis fyzikálního mechanismu vývoje systémů, v němž by čísla už necharakterizovala stacionární stavy, nýbrž procesy přechodů mezi energetickými hladinami, procesy srážek a rozpadu částic. Popis, který by překonal historickou opozici „objektivního“ popisu a nevrtnosti.

Potřeba dynamické interpretace nevrtnosti plyne tedy jak z kvantové mechaniky, tak z objevu disipativních struktur. Ty totiž představují předem splněný příslib nových prostorů porozumění, otevřených překročením iluze zásadní vratnosti světa, který bychom jako fyzikové měli podle Koyrého napomenutí postulovat jako jediný skutečný.

Přesto nepřipadá v úvahu, že bychom se obrátili k nějakému příliš snadnému řešení, že bychom třeba vývoji systému dodali nevrtný charakter prostým a jednoduchým přidáním členu, představujícího tření, což by sice umožnilo postupné rozptylování energie, ale znemožnilo porozumět vývoji k rovnováze – proč by se systém nevyvíjel dál k absolutní nule, k rozptýlení veškeré své energie? Jinými slovy, je vyloučeno, aby-chom kvůli pochopení nevrtných procesů znemožnili porozumění vratnosti a rovnováhy.

4. Nevrtnost a kauzalita

Tak se stále znovu vracíme k problému nevrtnosti a jejího statutu ve vztahu k „vratné“ dynamice, ať klasické či kvantové.

Teprve zcela nedávno [26, 27, 28] se podařilo tento statut nevrtnosti zpřesnit a ukázat, že ve skutečnosti jde o *porušení symetrie*, plynoucí z výslovného zahrnutí „kauzality“ do dynamických rovnic.

Podívejme se blíže, co to znamená. Mechanika, ať klasická či kvantová, se může vy-

jadřovat diferenciálními rovnicemi, které popisují časový vývoj nějaké distribuční funkce, charakterizující statistický stav systému. Taková formulace pomocí distribuční funkce počítá s tím, že přesný počáteční stav systému nemusíme znát; nicméně z toho, že vycházíme z jistého souboru počátečních stavů a ne z jednoho, že studujeme jistou skupinu trajektorií a ne jen jednu, neplynou žádné nové fyzikální vlastnosti. Vývoj distribuční funkce je vývoj *dynamický*; v každém okamžiku lze vypočítat střední hodnotu všech veličin, souvisejících se systémem. Statistický stav, který distribuční funkce popisuje, lze chápat dvojím různým způsobem. Buď v pojmech stavu interagujících částic, které dynamický systém tvoří, tedy v pojmech jejich souřadnic a hybností, anebo v pojmech vztahů mezi částicemi, v pojmech „korelací“. Na prvním hledisku stojí obvyklá mechanika, klasická i kvantová. Druhé hledisko je to, které jsme vyvinuli.

Nová formulace dynamiky v pojmech dynamiky korelací, popis vývoje systému v pojmech vývoje korelací, jejich transformací z jednoho typu do druhého, ovšem ještě nezakládá novou dynamiku. Nicméně rozdíl mezi oběma hledisky není bezvýznamný. Například koncept nevratnosti, formulovaný v pojmech trajektorií částic, nemá jasný smysl. Naproti tomu vyjádřen v pojmech korelací, v pojmech kolizních mechanismů, jimiž se korelace vyvíjejí, může pojem nevratnosti nabýt přesný smysl, smysl dynamického procesu, v jehož průběhu se určité typy korelace *zapomínají*.

Když jsme totiž zapsali ve vhodném tvaru diferenciální rovnice, popisující dynamický vývoj korelací, ukázali jsme, že uvažujeme-li limitu velkých systémů, tvořených například velkým počtem interagujících prvků, tj. systémů, odpovídajících tzv. podmínce „disipativity“, dochází k novému fenoménu: diferenciální rovnice dávají *různá řešení* podle toho, zda odpovídají kladnému anebo zápornému času.

Řešíme-li diferenciální rovnici, můžeme vzít stav systému v daném okamžiku ($t = 0$) a buď počítat nějaký pozdější, budoucí stav ($t > 0$), anebo počítat jeho stav v minulosti ($t < 0$). Prvnímu případu odpovídá problém s „*počátečními*“ podmínkami, druhému problém s podmínkami „*koncovými*“.

U systémů splňujících podmínku disipativity odpovídají těmto dvěma problémům *různá řešení* diferenciálních rovnic.

Součástí řešení dynamického problému je tedy i to, že uijeme pouze část řešení, která diferenciální rovnice připouštějí. Přijmout v matematice jen část řešení nějakého problému znamená porušit symetrii diferenciálních rovnic, které jej charakterizují. Fyzikálně u problému s počátečními podmínkami právě *pojem kauzality* dovoluje vybrat, která řešení nás zajímají. Porušení symetrie diferenciálních rovnic tedy znamená, že jsme vedle formulace problému pomocí diferenciálních rovnic vzali v úvahu ještě kauzality, předpokládající rozlišení mezi „před“ a „po“, založené na protikladu mezi kauzální a finalizovanou evolucí.

Když jsme přijali porušení symetrie, mohli jsme učinit další krok a psát nové dynamické rovnice, v nichž je zahrnuto porušení symetrie, a tedy zároveň i kauzalita. V „kauzální formulaci“ se vývoj dynamického systému popisuje dvěma různými diferenciálními rovnicemi podle toho, zda tento vývoj odpovídá kladnému nebo zápornému času. Porušení symetrie je tedy explicitně vyjádřeno ve formulaci problému, tj. v samotných diferenciálních rovnicích, místo aby se objevilo až při integraci v řešení, v důsledku přidání okrajových podmínek.

Porušení symetrie diferenciálních rovnic odpovídá z hlediska dynamiky korelací nevratnému procesu *zapomínání* korelací. Disipativní systémy jsou takové, u nichž lze definovat člen „dynamického tření“, který zachovává energii, ale zajišťuje nevratný vývoj k rovnováze. Zde je na místě zdůraznit, že jedním z důsledků vynoření nevratnosti v rámci dynamiky korelací je radikální opuštění pojmu základní úrovně popisu. Disipativní proces, který zachovává energii, a dynamický proces *zapomínání* korelací nemají žádný smysl v rámci popisu v pojmech prostoročasových čar, v pojmech základní úrovně, kde každý prvek zůstává sám se sebou totožný.

Jak souvisí počáteční („vratný“) popis s popisem kauzálním, v němž se explicitně objevuje disipativní část vývoje zajišťující jeho nevratnou povahu? Problém, který se zde klade, je problém „transformace“. Připomněli jsme již teorii kanonických transformací, které jsou zobecněním transformací mezi souřadnými soustavami. Zde musíme překročit další práh a zavést novou teorii *nekanonických transformací*, které umožní přechod od vratné hamiltonovské reprezentace k nevratné reprezentaci kauzální.

Klasické fyzice a kvantové mechanice se pro jistou třídu jevů podařilo účinně realizovat galileovskou idealizaci a popsat vývoj systému v pojmech stacionárních stavů a vratného pohybu klasických částic. Vždycky, když je tento hamiltonovský popis (v širším smyslu) u *disipativního systému* možný, existuje transformace, dovolující od této reprezentace přejít k takové, kde zajímavá budou čísla, která charakterizují procesy kolize, rozpadu, absorpce a emise, tvořící fyzikální vývoj systému.

Za velmi obecných podmínek se tedy zákony klasické nebo kvantové dynamiky dají formulovat dvojím způsobem:

- a) hamiltonovskou formulací, zahrnující zákony klasického nebo kvantového pohybu částic;
- b) disipativní formulací, obsahující zákony růstu entropie.

Obě formulace jsou ekvivalentní v tom smyslu, že střední hodnota nějaké pozorovatelné veličiny, popsané v těchto dvou formulacích, bude stejná. Není to však prostá unitární ekvivalence a transformace, která je spojuje, není hamiltonovská. Popisy světa, vyplývající z těchto dvou formulací, jsou ve skutečnosti velice rozdílné. V prvním je vývoj systému popsán v pojmech *pohybů*, jako jsou pohyby nebeských těles zkoumané v astronomii. Druhý odpovídá popisu systému v pojmech *procesů* (rozptyl, chemická reakce, rozpad, absorpce, ...). Tuto formulaci bychom měli používat, mluvíme-li o měření, protože umožňuje svázat časový vývoj měřicího přístroje s fyzikálně chemickými jevy, k nimž v něm dochází.

Máme zde typický příklad situace popsané principem komplementarity. V klasické i kvantové mechanice je to měření, které nám umožňuje poznat *jednoduché limitní* situace (vratné trajektorie, vlnové funkce). Naopak rozšířením formalismu popisujícího tyto jednoduché situace můžeme popsat situace disipativní, které nám dovolují zavést koncept měření.

Kauzální a hamiltonovská formulace dynamiky jsou komplementární, ale komplementárnost se zde zbavuje té záhadnosti, kterou jí dodávala reflexivní struktura kvantové mechaniky.

Klasická fyzika vyloučila jistou kategorii čísel. Dnes chápeme, že skutečně musíme

volit: buď popisujeme systém v pojmech energetických hladin, okamžitých lokalizací v prostoru – a údaje, jako doba života a účinný průřez nemají žádný smysl: snažíme se převést fyzický svět na svět harmonických oscilátorů a planetárních trajektorií; anebo si zvolíme popis světa, kde se oscilátory tlumí, energie rozptyluje, pohyby zpomalují a částice rozpadají, ale pak nemůžeme mluvit o jiné než průměrné energii a nemůžeme poskytnout okamžitý prostoročasový popis systému.

Kauzální formulace dynamiky zároveň ukazuje, že Boltzmannův pokus podat H-teorémem dynamickou interpretaci druhého principu byl rozhodujícím krokem, ale že situace, k níž vedl – a kterou interpretoval pojmy stále méně dynamickými a více pravděpodobnostními – byla přesto velice vzdálena té, v níž stojíme dnes.

Boltzmannův H-teorém je založen na popisu vývoje v pojmech srážek a na zavedení stochastických prvků, a to na základě úvah, které nemají s dynamikou nic společného. Naproti tomu kauzální formalismus ukazuje, že v jednotlivých situacích, jak je studoval Boltzmann, lze nevratný vývoj k rovnováze popsat ve stochastických pojmech; jenže pravděpodobnostní popis zde není důsledkem nedynamické aproximace a fyzikální koncepty, jež Boltzmann zavedl, zejména srážkový operátor, se mohou stát předmětem přesného zkoumání. V jednoduchých případech tedy může problém nevratnosti vystupovat v pravděpodobnostní formulaci zavedené Boltzmannem, ale nevratnost vývoje zde není zajištěna zavedením stochastických prvků, nýbrž naopak, v samém jádře dynamiky se rozhoduje o možnosti pravděpodobnostního popisu.

5. Zárodečné myšlení

Jedním z nejpodstatnějších důsledků kauzální formulace dynamiky je z ní plynoucí *pozitivní tvrzení*, že pojem základní úrovně popisu nemá žádný fyzikální smysl.

Už kvantová mechanika v souvislosti s komplementaritou způsobů popisu ukázala, že představa základní úrovně popisu nezávislé na pozorovateli je falešná a že je třeba ji opustit.

V základech svého formalismu však zachovala, jak jsme viděli, *vlnovou funkci*, jejíž dynamický vývoj odpovídá staré definici „objektivního popisu“, „nezávislého na pozorovateli“. Musela se tedy opírat o tento „objektivní“ dynamický vývoj a současně tvrdit, že tento vývoj nemá žádný fyzikální smysl bez procesu měření, který už nelze na dynamickém popisu založit.

V kvantové mechanice stejně jako v mechanice klasické zůstává tedy pojem dynamická evoluce spojen s pojmem „objektivity“ vylučující člověka a možné jen z pozice nadhledu.

Kvantová mechanika mohla označit jako pověru to, v čem klasická mechanika viděla odjakživa prototyp srozumitelnosti. Tím vynesla na světlo vnitřní spor v klasické mechanice samé mezi dynamickým popisem a tím, co tento popis umožňuje. Tak zároveň odhalila dvojí temnotu v samých základech fyzikálního popisu, to, že se oba póly, tj. „objektivní“ a „subjektivní“, pól „měření“ a pól „toho, co existuje nezávisle na měření“, zároveň vylučují a navzájem předpokládají. Přes úsilí, které Bohr a Rosenfeld v tomto směru vyvinuli, se jí nepodařilo pozitivně definovat novou epistemologickou situaci, známou pod názvem komplementarity.

Tak se pro mnoho fyziků komplementarita dál vymezuje *negativně* vůči převzaté iluzi fyzikální pravdy o sobě a nadále znamená nutnost přijmout, že úplný popis skutečnosti je pro člověka nemožný, nutnost smířit se s tím, že některé aspekty skutečnosti musíme nechat uniknout, chceme-li se dostat k jiným.

Kauzální formulace dynamiky nás tedy staví do pokračování Bohrova a Rosenfeldova úsilí o *pozitivní* koncepci nové epistemologické situace. Chceme-li k ní dospět, musíme radikálně opustit i „heuristickou pověru“ základní fyzikální úrovně, i kdyby se měla skládat ze sebe složitějších prvků. Musíme pozitivně definovat *volbu* způsobu popisu, jejíž nezbytnost byla velkým objevem kvantové mechaniky.

S odvoláním na Gilles Deleuze [1] se domníváme, že z pozitivního tvrzení o nutnosti volby vyplývá uznání pozitivního charakteru *problému* i to, že práci na řešení problému nelze redukovat na odhalování preexistentní pravdy, na odstraňování ryze faktálního stavu nevědomosti. Tvrdit, že pojem základní úrovně nemá smysl, znamená totiž také tvrdit, že fyzikální popis *je problémem*, jehož řešení není identicky obsaženo v nějakém „stavu věci“ na člověku nezávislém.

Klademe-li si otázku, zda budeme systém popisovat v pojmech částic lokalizovaných v prostoru a v čase, anebo v pojmech procesů, které *zabírají čas*, neptáme se po tom, jaký typ aproximace preexistentní pravdy budeme odvozovat z dat, která máme k dispozici. Pro vědce jde o rozhodnutí, *kteřý* problém si položí. Je na něm, aby kladl otázky. „Neodhaluje“ hotové odpovědi v přírodě. Ovšem, že je ani nevynalézá. Odpovědi jsou výsledkem jeho práce na řešení. Musí si napřed vytvořit problémové pole, v jehož rámci by otázka měla smysl, a určit podmínky, které by problém mohly specifikovat a učinit řešitelným. Získané řešení je výsledkem fyzikálně matematické práce právě tak, jako je každé vědecké pozorování výsledkem velmi specifické práce – experimentování.

Z tohoto hlediska je velmi charakteristické, že pro kauzální formulování dynamiky, pro formulování dynamického problému v takových pojmech, aby v něm nevratnost byla už obsažena, pro explicitní vyjádření porušení symetrie na úrovni diferenciálních rovnic je třeba vzdát se iluze, že diferenciální problém by se dal oddělit od svých okrajových podmínek. Běžně se uvádí, že okrajové podmínky tvoří něco, co se k diferenciálnímu problému zdánlivě libovolně přidává a co je vůči němu vnější. Ve skutečnosti teprve okrajové podmínky dodávají problému fyzikální smysl a na jejich přidání není nic libovolného, neboť si to vyžaduje řešitelnost problému samého.

Na druhé straně kauzální formulace dynamiky ustavuje v nitru fyziky tuto potlačenou evidenci: měření procesů jako absorpce, kolize a rozpad nelze redukovat na fikci okamžitého a reverzibilního měření. Zabírají nějaký čas a předpokládají kauzalitu. *Měřicí přístroj i práce fyzika nutně vyžadují jistou orientaci v čase, která se dodáním kauzality pouze explicitně vyjádří.*

Je tedy důležité poznamenat, že v nové formulaci dynamiky nám nejde o formální ujasňování a ozřejmění pravd, odjakživa obsažených v matematické fyzice. Nejde o odstraňování nedorozumění, kterým by se byla fyzika pečlivější axiomatizací principiálně mohla vyhnout. Nová formulace dynamiky není čistě formální, nýbrž zahrnuje nové *položení problému* fyzikálního popisu, nové zpochybnění, které odhaluje jak konceptuální nedostatečnost klasické fyziky, tak otevřenou a problematickou povahu fyziky vůbec. Nová epistemologická poloha, kterou se pokoušíme zaujmout, je charakteristická

tím, že vědeckou práci nelze fixovat a charakterizovat v rámci protikladů, které se s ní obecně spojují: redukcionismus – antiredukcionismus, subjektivní – objektivní, jednota – mnohost přírody. Tyto protiklady se nyní jeví jako rozmanité a komplementární aspekty skutečnosti, jejíž vnitřní mnohotvárnost nelze uzavřít do jediné obecné pravdy.

Vidíme tedy, jak se pro vědeckou práci rýsuje nový typ srozumitelnosti, který už není založen na ideálu „objektivity“ jakožto nezávislosti na tom, kdo popisuje, zároveň však vylučuje i libovůli, subjektivismus a pragmatismus, které se obvykle proti této objektivitě kladou. Pokusme se vyložit vnitřní soudržnost pojetí vědecké práce, jež zde nabízíme.

Kvantová mechanika odhalila, že stará fyzikální srozumitelnost je výsledkem dvojí temnoty. Vnitřní soudržnost, kterou navrhuje, zahrnuje dvojí požadavek srozumitelnosti, který by skloubil a spojil oba póly, které kvantová mechanika objevila. Na jedné straně je třeba, aby kauzální formulace dynamického popisu dovedla, jak žádají materialisté jako Diderot, vysvětlit spontánní objevení aktivních systémů, objevení života, objevení se něčeho, jako je člověk. Na druhé straně je třeba, aby práce na řešení a zejména začlenění kauzality, jehož nezbytnost bylo třeba pro kauzální formulaci dynamiky přijmout, byla pochopitelná jako modus aktivity *přírodního* organismu. Domníváme se, že můžeme říci, že oba tyto požadavky jsou splněny.

Museli jsme se kvůli tomu zříci pověry jediné skutečnosti, která je předmětem popisu z nadhledu, pověry vědeckého subjektu, který tento předmět pozoruje, aniž by s ním interagoval jinak než okamžitým a současně vratným „měřením“, pověry subjektu, který v těchto *datech*, jež se prezentují jako taková, odhaluje preexistující pravdu. Tím se otevírají cesty, které mohou vést hodně daleko od pojetí epistemologického subjektu jako odkrývatele preexistujících pravd, protějšku plochého a podstatně jednoduchého světa klasické vědy, daleko od subjektu jako manipulátora a kořistníka, který odpovídá klasické termodynamice. Cesty, jež vedou k pojmání vědecké práce jako průzkumu, snad objevování, ovšem v rámci jistého jednání, které organizuje hlediska, koordinuje perspektivy, volí vhodné parametry, aniž by popíral ty ostatní a zapomínal na důsledky výběru, který dělá. Jednání, jaké přísluší přirozené bytosti v lůně přírody, která je pomocí pojmových a technických idealizací jistě předvídatelná a dokonce transformovatelná a manipulovatelná, ale vždy jen lokálně, v rámci „mapování terénu“, které je nutně částečné a relativní.

Pojímat poznávající subjekt jako biologickou bytost, patřící do určité společnosti a podílející se na nějakých dějinách vůbec neznamená, že bychom se chtěli jen obracet na biologii či sociologii a přímo používat jednotlivých informací, které by nám tyto nauky mohly poskytnout, jako by to byla holá data. Tím bychom právě propadli iluzím, kterých se fyzika zbavila. Měly by nás naopak zajímat postupy zkoumání a ty důležité rysy, které se v těchto disciplínách osvědčily jako zvlášť vhodné.

V tom smyslu se Deleuze odvolává na výsledky embryologů, kteří ukázali, že konceptuální nástroje, jež si zvolila funkcionalistická biologie dospělých organismů pro popis života ve stabilním a zabydleném světě, nevyhovují pro popis dramatického vývoje zárodku. Zárodek se utváří tím, že utváří svůj vztah ke světu. Není to autonomní a organizovaná bytost, která by *se setkávala* se světem a měla se mu přizpůsobovat. Problémy vztahu ke světu se nekladou *jemu*, jako kdyby on ve své identitě existoval už

předtím. Vstupuje do nich a tím, jak je podstupuje, nabývá tělo, vtěluje se. Deleuze pak píše: „Není v tomto smyslu nikterak jisté, že by se myšlení..., jako v descartovském *cogito*, dalo připisovat hotovému, pevně ustavenému subjektu. Myšlení patří spíš mezi ty strašné pohyby, které lze vydržet jen v podmínkách zárodečného subjektu... Jen takové subjekty mohou ten vnucený pohyb vykonat, poddat se silám, které ho vyjadřují. Také filozof je zárodečným subjektem svého vlastního systému.“ (*Différence et Répétition*, p. 156.)

Dějiny vědy se dnes vymaňují z důsledků neplodného vymezení svého předmětu jako ryze intelektuální činnosti vykonávané nečasovými a netělesnými bytostmi (výjimkou jsou anekdotické tělesné příběhy, které byly podnětem nebo příležitostí k objevům, různých snů a nachlazení). Začínají zkoumat rozmanité dimenze začlenění věd do společnosti a společenské organizace vědy samotné. Také zde se ukazuje jako falešná představa autonomní vědy, vědce jako pána svého jednání, který zcela svobodně, vědomě a promyšleně zachází s kritérii, jimiž posuzuje svůj předmět. Kuhnův popis*) naproti tomu odhaluje, že tento vědec a tato věda jsou *důsledkem*, produktem. Ukazuje, jak způsob uvádění do určité disciplíny, typ badatelské práce a organizace vědeckého společenství mohou vytvářet badatele, pro něž je skryta výzkumná pravda jejich vlastní činnosti, i jejich společenství, které může žít v přesvědčení, že příroda „spontánně“ poskytuje jako jediné platné právě ty perspektivy, jež zkoumá, ty předměty, které studuje. A jen „násilné pohyby“ ve vědě, vědecké revoluce, jimiž určité společenství prochází a na něž co nejrychleji zase zapomíná, vedou historika vědy, aby pod proudem ukolébávajících iluzí hledal rozmanité dimenze procesu, v němž se ustavují vědecké subjekty a jejich předměty.

Zastánci čistoty epistemologické problematiky označují obvykle každý pokus, zařadit činnost racionálního poznávání zpět do celku ostatních činností živých a mluvčích společenských bytostí, za pragmatismus. Pravda, která není objevena, nýbrž vytvořena, se pak popisuje jako kontradikce v pojmech, která zakrývá ryze společenskou skutečnost konvencí, kalkulů, účinných návodů, založených na jediném kritériu účinnosti manipulace s věcmi i lidmi. Jenže i tento pragmatismus počítá s plně vědomým a svobodně rozvažujícím subjektem, který se nijak podstatně neliší od subjektu klasické epistemologie. Je to tedy pojetí pravdy z její nepřítomnosti, rezignované přijetí skutečnosti, že živá bytost nemůže mít přístup k pravdě toho druhu, jak si ji představoval klasický racionalismus. Popper se snaží ukázat, že pojetí, které chápe vědeckou práci jako kladení a řešení *problémů*, může zahrnout i biologii a vědy o evoluci. Smysl a zajímavost tohoto pojetí tkví právě v tom, že se pokouší dospět k pojetí pravdy, sice *vytvářené, nicméně dokonalé jako takové*, k pojímání činnosti, která produkuje jak pravdu, tak zároveň i kritéria této pravdy, kritéria dovolující posuzovat předmět i výsledek práce, takový soubor kritérií, o němž pragmatisté musejí předpokládat, že je dán předem, má-li mít kalkul účinnosti nějaký smysl.

Epistemologie a dějiny vědy se tu tedy setkávají s přírodními vědami v požadavku, že je třeba myslet změnu, uznat neoddělitelnost vznikání a stálosti, a vzdát se tedy představy, že co je stálé, je už tím samým legitimní a musí mít nutně přednost přede vším

*) v knize *The structure of scientific revolutions* (pozn. překl.)

ostatním v uklidněném světě. Termodynamika nás přivedla k závěru, že funkční entita může vzniknout volbou – násilnou, neboť nevysvětlitelnou z jejich vlastních pravidel fungování – a že může být zase jiným násilím ohrožena. Že takový závěr patrně vyvolá odezvu i v jiných oblastech ukazuje, že pojem uspořádání vzniklého z fluktuace vyjadřuje na fyzikální úrovni něco, co je intelektuální perspektivou daleko širší.

Problémy uspořádání, stability, změny a nového se kladou na všech úrovních. Tvořily vždycky uzlové body, kde se rozhodovalo o možnosti sjednocení různých oblastí vědění, o možnosti pojímat poznávání jako přirozený proces, náležející do přirozeného světa. Alternativa mezi chápáním srozumitelného řádu jako trvalosti, vylučující každý vývoj, který by nebyl pevně předurčen, a mezi „svobodným“, ale libovolným a iracionálním vznikáním prolíná všechny oblasti vědění. Právě tak by i pojetí, které se snaží porozumět vznikání jako prozkoumávání oblasti stability, které chápe postupné ustavování určitého jsoucna, podstatně otevřeného vůči svému prostředí, jako průchod řadou nestabilit, kde prostředí klade problémy a jsoucno vzniká tím, že samo ztělesňuje jejich řešení, takové pojetí by mohlo být plodné i v řadě dalších disciplín, jako je biologie, ekologie, psychologie, ekonomie a vědy o společnosti.

Pokaždé, když se vynořil problém nějaké koherentní aktivity, která vychází z interakce mezi mnoha entitami, kladly se i otázky redukcionismu a emergence, vztahu jednotlivých prvků k celku; všude tam se nyní klade i problém stability, osudu fluktuací, povahy mechanismů zpětného působení, které umožnily, aby se struktura utvořila, a které popřípadě vyvolají i její nestabilitu.

Zdá se, že jak z hlediska pojetí vědecké práce, tak z hlediska popisu přírody, který touto prací vzniká, je znovu možné myslet jednotu přirozeného světa: procesu přírodní produkce a procesu pojmové práce. Doba epistemologických iluzí, které vědce izolovaly a stavěly mimo přirozený svět, pomalu končí. Ta disciplína, která víc než jiné tyto iluze vyvolávala, vkládá nyní do svých popisů výslovný odkaz k typu práce, jež ji vytvořila. Protiklad mezi průzračností vědeckých popisů a neprůhledností podmínek jeho možnosti tak mizí, takže můžeme v překonání novověkých kategorií reprezentace a protikladu subjekt – objekt myslet podstatnou příslušnost vědy k celku vznikající přírody, definované jako to, co klade problémy.

Jacques Monod charakterizoval vědecké myšlení 20. století rozpadem staré aliance tím, že si člověk uvědomuje svoji osamělost ve vesmíru, za jehož střed se dříve považoval a v němž se nyní cítí jako tulák na pokraji zákona.

Stará aliance je skutečně mrtva, a to nejen archaická aliance animismu a harmonická aliance vitalismu. Mrtva je i křesťanská aliance, která dovolila vědcům 17. století popisovat netečnou a ovládanou přírodu, aniž by se sami s touto přírodou ztotožnili, aniž by museli neprůhlednost vztahu mezi hmotnou přírodou a myslící bytostí, která ji popisuje, chápat jako vyvrácení galileovské idealizace. Právě této alianci je i Monodovo myšlení velice poplatné. Ač v něm nepřichází ke slovu, přece zatěžuje jeho vývody hroznou kontradikcí: co to jen je ten člověk, vzniklý náhodou ze shluknutí atomů, že může odkrýt svoji osamělost a lhostejnost vesmíru?

Problém 20. století je problém nové epistemologické aliance mezi člověkem a přírodou, která potvrdí v celé šíři jejich vzájemné vztahy a potvrdí přírodu jako dobro-

družství zkoumání a hledání přes všechny iluze stabilní identity a věčné pravdy, které vzbuzuje.

Poděkování

Děkujeme srdečně prof. P. Glansdorffovi za cenné poznámky k naší práci. Práce vznikla za podpory francouzského a holandského ministerstva kultury a národní výchovy.

Literatura a poznámky

Všeobecné

- [1] DELEUZE, G.: *Différence et répétition*. Paris PUF 1972; — *Proust et les signes*. Rozšířené vyd., Paris PUF 1972.
- [2] DIDEROT, D.: *Oeuvres*. Paris, Pléiade 1935 str. 670—671.
- [3] FOUCAULT, M.: *Les mots et les choses*. Paris, Gallimard 1966.
- [4] GUSDORF, G.: *La révolution galiléenne*. Paris, Payot 1969; — *Dieu, la Nature, l'Homme au siècle des Lumières*. Paris, Payot 1972.
- [5] Nemůžeme přijmout ten iracionalismus, na němž je podle našeho názoru založeno toto tvrzení o podstatné souvislosti mezi vědou a redukcí, jak je zastává např. M. HEIDEGGER, *Das Ding*.
- [6] KOYRÉ, A.: *Etudes galiléennes*. Paris, Hermann 1938; — *Etudes newtoniennes*. Paris, Gallimard, 1968 (str. 42—43).
- [7] MONOD, J.: *Le hasard et la nécessité*. Paris, Seuil 1970.
- [8] NEEDHAM, J.: *La science chinoise et l'Occident, le grand titrage*. Přel. E. JACOB, Paris, Seuil 1973.
- [9] WHITEHEAD, A. N.: *Science and the Modern World*. Cambridge, CUP 1927.

Termodynamika

- [10] ALLEN, P.: *Darwinian Evolution and Predator-prey Ecology*. V *Bulletin of Mathematical Biology*, 37, 1975.
- [11] BRUSH, S.: *Thermodynamics and History*. V *The Graduate Journal*, sv. 7, č. 2, str. 477—565, Austin 1967; — *Kinetic Theory, sv. 1, the Nature of Gases and Heat*. Oxford, Pergamon 1965: sv. 2, *Irreversible Processes*, tamtéž, 1966.
- [12] CARDWELL, D.: *From Watt to Clausius*. London, Heinemann, 1971.
- [13] EIGEN, M.: *Self organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*. V *Naturwissenschaften*, sv. 58, 1971, str. 465—523.
- [14] GLANSORFF, P., a PRIGOGINE, I.: *Structure, stabilité et fluctuation*. Paris, Masson 1971.
- [15] PRIGOGINE, I.: *La thermodynamique de la vie*. V *La Recherche*, sv. 3, č. 24, str. 547—562, 1971.
- [16] PRIGOGINE, I., NICOLIS G., BABLOYANTZ A.: *Thermodynamics of Evolution*. Ve *Physics Today*, I., sv. 25, č. 11, str. 23—28, II. sv. 25, č. 12, str. 38—44, 1972.
- [17] PRIGOGINE, I., a NICOLIS, G.: *Self Organization in Non Equilibrium Systems*. New York, Willey, 1977.

Epistemologie kvantové mechaniky

- [18] BOHR, N.: *Physique atomique et connaissance humaine*. Paris, Gauthier-Villars 1972.
- [19] D'ESPAGNAT, B.: *Conceptions de la physique contemporaine*. Paris, Hermann 1965; — *Logique quantique et non-séparabilité*. Ve *The Physicist's Conception of Nature*, vyd. J. MEHRA, Dordrecht, Holland, Reidel 1973.
- [20] HEISENBERG, W.: *Physics and Philosophy*. 3. vyd., London, Allen and Unwin 1971.
- [21] JAMMER, M.: *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*. New York, McGraw Hill 1968.

- [22] KÖRNER, S. (vyd.): *Observation and Interpretation*. Butterworth's Scientific Publications, London 1957.
- [23] PETERSEN, A.: *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition*. MIT Press, 1968.
- [24] ROSENFELD, L.: *L'évidence de la complémentarité*. V LOUIS DE BROGLIE: *Physicien et Penseur*, Paris, A. Michel 1953;
— *The Measuring Process in Quantum Mechanics*. V Supp. of the Progress of Theoretical Physics, 222, 1965.
- [25] TOULMIN, S. (vyd.): *Physical Reality, Philosophical Essays on 20th Century Physics*. Harper, New York 1970.
- Nevratnost a porušení symetrie
- [26] GEORGE, C., PRIGOGINE, I. a ROSENFELD L.: *The Macroscopic Level of Quantum Mechanics*. V Det Kong. Danske Vidensk. Selsk. Math. Phys. Medd. 38, 12, 1972.
- [27] PRIGOGINE, I.: *The Statistical Interpretation of Non-Equilibrium Entropy*. Acta Physica Austriaca, Supp., X., 401—450, 1973;
— *Time, Irreversibility and Structure*. V *The Physicist's Conception of Nature*, Dordrecht, Reidel 1973.
— *Measurement Process and the Macroscopic Level of Quantum Mechanics*. V *La naissance du temps*. Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci., 1973
— *Irreversibility as a Symmetry-breaking Process*. V Nature 248, 67—71, 1973;
— *Physique et Métaphysique*. Acad. Roy. Belg., Bulletin spécial du Bicentenaire 1974.
- [28] PRIGOGINE, I., GEORGE, C., HENIN F. a ROSENFELD, L.: *A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics*. V Chemica Scripta, sv. 4, str. 5—32, 1973.

Přeložil Jan Sokol

Na okraj článku I. Prigogina a I. Stengersové

Ivan Štoll, Praha

Publikovaný překlad stati I. Prigogina a I. Stengersové *Nová aliance* otevírá okruh otázek vztahujících se k základním koncepcím soudobého fyzikálního myšlení, především k problému syntézy dynamického a statistického popisu chování systémů a širšího pojetí tzv. synergetiky, a dále pak na historickém základě rozebírá postavení člověka v přírodě jako poznávacího subjektu, tedy problematiku gnozeologickou.*) Práce dává mnoho podnětů k zamyšlení a názorně demonstruje,

*) Ve shodě se zvyklostí západní filozofické literatury je ve stati používáno termínu „epistemologie“.

jak vývoj fyzikálního poznání vyvolává nutnost uplatnění dialektické metody. Závažnost stati je dána především tím, že první z autorů, Illya Prigogine, profesor bruselské univerzity a laureát Nobelovy ceny za chemii v r. 1977, je spoluvůrcem termodynamiky nevratných a silně nerovnovážných stavů.

Úvodem autoři uvádějí výňatek ze známého Diderotova filozofického traktátu *Rozhovor mezi d'Alembertem a Diderotem*, který je reakcí na mechanistické koncepcce klasického newtoniánského determinismu a zároveň bojovnou polemikou s náboženským tmářstvím a domýšlivostí subjektivního idealismu. Diderot zde vyslovuje přesvědčení, že schopnost samoorganizace, vznik složitějších struktur, života a schopnosti vnímání je všeobecnou vlastností hmoty. Poukazuje přitom na