

ONTOLOGICKÉ VÝCHODISKÁ PRIGIGINOVEJ TERMODYNAMIKY

IGOR HANZEL, Katedra logiky FFUK, Bratislava

HANZEL, I.: Ontological Starting-Points of Prigogine's Thermodynamics.
Filozofia 44, 1989, No. 4, p. 477.

In the paper the ontological starting-points of nonequilibrium non-linear thermodynamics, are analyzed. By means of analysis of the classical and quantum mechanics as well as the analysis of equilibrium and nonequilibrium linear thermodynamics it is shown that the cause of the evolution of the system is conceived as the operating of the environment upon the system. By the reconstruction of the ontological principles of brusselator it is demonstrated that nonequilibrium non-linear thermodynamics does not overcome the ontology of the classical science. In the last part of the work a new ontology is explicated by means of illustrative changes of brusselator. In this ontology the examined object is understood as a self-evolving, self-moving and self-rising and self-declining system.

Cieľom štúdie je rekonštruovať ontologické východiská nerovnovážnej nelineárnej termodynamiky, a predovšetkým ontologické východiská špeciálnovedných prác I. Prigogina ako jedného z jej zakladateľov. Sústreďme sa preto len na analýzu ontologických základov jeho prác (8; 10; 11; 12; 13; 14; 16) a nebudeme sa zaoberať rozborom jeho chápania vzťahu filozofie (metafyziky) a špeciálnych vied (15; marxistickú kritiku pozri 2).

Klasická a moderná veda

Ak porovnávame podľa I. Prigogina obraz sveta, ktorý poskytuje súčasná veda s obrazom, ktorý poskytovala veda v minulosti, zistíme zásadné rozdiely. Predovšetkým „veľkí zakladatelia západnej vedy zdôrazňovali univerzálnosť a večný charakter prírodných zákonov... Tento gigantický sen dnes zlyhal. Kde sa len pozrieme, nájdeme vývin, diverzifikáciu a nestabilitu... Obraz prírody sa zásadne zmenil smerom k rozmanitému, k časovo podmienenému, ku komplexnému“ (12, s. 10). V klasickej vede podľa I. Prigogina sa dôraz kládol na opis toho, čo je nemenné, večné a jednoduché, t. j. tento opis nemal obsahovať odlišenie minulosti a budúcnosti, mal byť symetrický vzhľadom na obrátenie času a samotný čas mal byť len parametrom vždy platných vedeckých zákonov opisujúcich večné prírodné zákony. Na rozdiel od toho vraj súčasná veda už formuluje vedecké zákony nesymetrické vzhľadom na obrátenie času, a prostredníctvom nich opisuje ireverzibilné procesy, kde „ireverzibilita môže byť zdrojom poriadku, koherentnosti a organizácie“ (12, s. 24). Preto aj ústrednými kategóriami jeho ontologickej platformy sú kategórie času, reverzibility, ireverzibility a stávania sa (12,

s. 10—25]. Aby Prigogine zdôraznil rozdiel medzi klasickou a súčasnou vedou, skúma obsah týchto kategórií v klasickej a kvantovej mechanike, ako aj v rovnovážnej a nerovnovážnej termodynamike.

Mechanika, rovnovážna a nerovnovážna lineárna termodynamika

Ústredné miesto majú v *klasickej mechanike* pohybové rovnice, ktoré majú z matematického hľadiska formu diferenciálnych rovníc. Ich riešením možno napr. pri znalosti veľkosti pôsobiacej sily na časticu a polohy častice v určitom čase určiť jej trajektóriu. Podľa Prigogina trajektórie majú vlastnosť „zákonitosti, determinovanosti a reverzibility“ (12, s. 66). Prvé dve vlastnosti znamenajú, že vedecký zákon opisuje pohyb častice pre všetky časy, t. j. nielen v budúcnosti, ale aj v minulosti. Je totiž možné zistiť trajektóriu nielen pre budúcnosť, ale aj pre minulosť. Tretia vlastnosť znamená, že ak sa urobí zámena času t časom t' v pohybovej rovnici častice, kde $t' = -t$, táto nemení svoj tvar; t. j. vedecký zákon obsahujúci (vo svojom konzekvente) pohybovú rovnicu, v sebe neobsahuje odlíšenie minulosti a budúcnosti. Newtonský formalizmus nie je však jediným typom formalizmu v klasickej mechanike. Existujú aj iné, pričom jeden z najvšeobecnejších je hamiltonovský formalizmus. Pod pojmom trajektórie častice sa v ňom už nerozumie dráha pohybu v trojrozmernom priestore, ale časová zmena (opisovaná kanonickými rovnicami) jej pohybového stavu zadaného dvojicou fyzikálnych veličín zovšeobecnenej hybnosti p a zovšeobecnenej súradnice q . Pritom trajektórie v hamiltonovskej mechanike majú tie isté vlastnosti ako trajektórie v newtonovskej mechanike.

Už v rámci klasickej mechaniky možno zaviesť pojem *histórie*. Rozumie sa ňou postupnosť určitých konkrétnych hodnôt p, q v určitom intervale času, t. j. že pohybový stav skúmaného systému sa vyvíja pozdĺž trajektórie v p, q priestore (zv. fázový priestor). História objektu je totožná s jeho trajektóriou, a preto má takisto charakteristiku zákonitosti, determinovanosti a reverzibility.

Prigogine ďalej zdôrazňuje, že podobná situácia je aj v *kvantovej mechanike*. Napriek tomu, že ústredné miesto v nej má interakcia skúmaného mikroobjektu s meracím (makroskopickým) prístrojom a že vlnová funkcia má pravdepodobne interpretáciu, existuje tu z hľadiska ústredných kategórií, času, reverzibility a ireverzibility, zásadná totožnosť. Schrödingerova rovnica zohráva v kvantovej mechanike tú istú úlohu ako kanonické rovnice medzi dvoma operáciami merania. Platí o nej, že neopisuje samotný proces merania a „vyjadruje reverzibilnú a deterministickú evolúciu“ (13, s. 226) vlnovej funkcie. Ak „je známa vlnová funkcia v určitom okamihu, Schrödingerova rovnica ju umožňuje vyrátať pre akýkoľvek predchádzajúci alebo nasledujúci okamih“ (13, s. 226), ale len medzi dvoma operáciami merania.

Ak však stotožníme pojem histórie s pojmom trajektórie, ktorá má

vlastnosť reverzibility, neobsahuje takto teoreticky pochopená história rozlíšenie minulosti a budúcnosti, čo je ale v spore s reálnou históriou, ktorej zjavnou vlastnosťou je práve odlíšenie minulosti a budúcnosti. Preto aj Prigogine zdôrazňuje, že „ak sa nezavedie smer času, tak evolučné procesy nie je možné opísať netriviálnym spôsobom“ (14, s. 2). Ako prekonať tento problém, ako zaviesť pojem ireverzibility do mechaniky (do dynamických teórií fyziky vôbec), ktorá obsahuje vedecké zákony symetrické vzhľadom na obrátenie času?

Spomeňme jeden možný spôsob riešenia tohto problému, keďže je medzi prírodovedcami a filozofmi najrozšírenejším, a zároveň (ako ďalej ukážeme) sú na ňom vybudované nosné piliere nerovnovážnej nelineárnej termodynamiky. Autori štúdií [2; 7; 18; 19] vidia jeho riešenie v zohľadnení počiatkových (časových) a hraničných (priestorových) podmienok skúmaných objektov, ktoré sa opisujú vedeckými zákonmi symetrickými vzhľadom na obrátenie času. Podľa nich existuje vo fyzike základný rozpor v tom, že na jednej strane „všeobecná fyzikálna skúsenosť hovorí, že všetky makroskopické telesá majú históriu, t. j. menia sa nevratne ve čase“, ale na druhej strane „sú elementárne procesy vratné a doteraz známe fyzikálne zákony majú vlastnosť symetrie, nemenia sa pri prechode od t k $-t$ “ (7, s. 117). Existuje spor „medzi dvoma základnými pravdami fyziky... na jednej strane historicitou kozmu a na druhej strane univerzalitou pôsobenia všeobecných prírodných zákonov“ (7, s. 117). Kde „sa historicitu kozmu dokazuje empirickými výsledkami astronómie a geológie, univerzalita pôsobenia všeobecných prírodných zákonov znamená, že tieto platia vždy a všade. V tom je obsiahnutá symetria zákona vzhľadom na parameter času“ (7, s. 117). Riešenie rozporu vidia autori v tom, že „sa zohľadní jednota zákona a podmienok“ (7, s. 126). Totiž „stav a vývin kozmu nie sú určené len samotnými prírodnými zákonmi, ale plynú z nich spolu s počiatkovými a hraničnými podmienkami, ktoré vymedzujú rámec, v ktorom pôsobia elementárne prírodné zákony. Ak sú tieto podmienky časovo závislé, tak to vedie aj pri časovo nezávislých elementárnych zákonoch na časovo závislé vyvíjajúce sa systémy“ (7, s. 128). Ako sme už ukázali, história určitého celku je totožná s jeho trajektoriou, a preto objasniť, prečo má celok určitú konkrétnu históriu, znamená vysvetliť, prečo má takúto, a nie nejakú inú časovo nevratnú postupnosť pohybových stavov. Túto však nemožno vysvetliť len na základe časovo vratných vedeckých zákonov. Ak chceme vysvetliť, ako skutočne vznikol ten-ktorý konkrétny pohybový stav (napr. v klasickej mechanike konkrétna hodnota premenných p_2, q_2 v čase t_2) z jemu predchádzajúcich stavov, máme *tri možnosti*. Možno vychádzať z predpokladu, že vznikol z určitých počiatkových podmienok v počiatkovom čase (napr. z hodnôt p_1, q_1 v čase t_1). Potom však vzniká otázka ich pôvodu. Ak sa tvrdí, že vznikli z iných počiatkových podmienok (napr. p_0, q_0 v čase t_0), nie je to skutočné zodpovedanie otázky. Dochádza k regresi ad infinitum, keďže sa pokúšame zdôvodniť jedny počiatkové pod-

mienky inými počiatocnými podmienkami (spolu s časovo vratnými vedeckými zákonmi). Jediným zdôvodnením vzniku určitého typu počiatocných podmienok je, že vznikli pôsobením okolia na systém. Od okamihu takéhoto určenia počiatocných podmienok systému sa tento vyvíja po určitej špecifickej trajektórii, má svoju nevratnú históriu, ktorej pôvod je v pôsobení okolia na systém.

Je možný aj prípad, keď konkrétna história nemá svoj pôvod vo vonkajšom určení počiatocných podmienok, ale v určitom type *hraničných (priestorových) podmienok* systému. Potom opis konkrétnej, nevratnej histórie systému je získaný prostredníctvom vedeckého zákona opisujúceho reguláciu časovej zmeny hranice systému prírodným zákonom, ktorý pritom nemá byť totožný s prírodným zákonom regulujúcim pohyb vnútra systému. Tieto dva prírodné zákony majú byť navzájom vonkajšie, a preto trajektória má mať svoj pôvod v pôsobení okolia na systém. Fyzika tak v rámci dynamických teórií len opisom počiatocných podmienok, alebo len opisom hraničných podmienok, alebo súčasným opisom oboch typov podmienok vysvetľuje históriu skúmaného systému, ktorý sa opisuje vedeckým zákonom symetrickým vzhľadom na obrátenie času.

Základom takéhoto typu explanácie nevratnej histórie systému je určité *ontologické* vymedzenie kategórie „prírodný zákon“. Predpokladá sa, že prírodný zákon, ktorý riadi pohyb vnútra systému, pôsobí vždy a všade, v každom bode jeho trajektórie-histórie. Má pôsobiť pred vznikom určitého typu počiatocných podmienok, má byť platný v procese pôsobenia okolia na systém, ktorým sa určuje jeho hranica, a aj potom, keď sa toto pôsobenie mení na iný typ pôsobenia. Explanácia trajektórie-histórie systému, budovaná na takejto ontológii, nie je možná na základe opisu jeho vnútorného pohybu, ale „je nevyhnutný prechod od jedného k druhému“ (19, s. 146) systému v opise, je nevyhnutný prechod k opisu okolia, ktoré zvonka určuje históriu-trajektóriu systému. Obecne sa potom tvrdí, že „práve takáto situácia je pri vývinových procesoch. Zatiaľ čo zákon platí pre určitý systém, ktorého okolie vystupuje nanajvýš ako hraničná podmienka, sú systém a jeho okolie vo vývinových procesoch rovnocenné, pretože evolúcia je taký vzťah medzi systémom a okolím, v rámci ktorého sa na podnety odpovedá prispôsobujúcimi sa zmenami“ (19, s. 146). Nevyhnutným dôsledkom takejto ontológie tiež je, že „nemôže byť vlastnosťou času, mať smer, byť zdôvodnená vo vnútri systému“ (19, s. 146).

V *termodynamike* má ústredné miesto druhá veta termodynamická. Z nej je možné odvodiť pojem entropie (spolu s pojmom absolútnej teploty), ktorým sa opisuje vývin v úplne izolovanom systéme smerom k stavu termodynamickej rovnováhy, k stavu, v ktorom končia všetky procesy v ňom a zaniká jeho vnútorná organizácia. *Rovnovážna termodynamika* dokazuje, že diferenciál entropie v takomto procese nikdy nemení svoje znamienko a samotná entropia v stave termodynamickej rov-

nováhy je konštantná a nadobúda absolútne maximum. Podľa Prigogina aparát termodynamiky je nevyhnuté obohatiť o nové pojmy a vzťahy, ak sa skúmajú otvorené systémy, do ktorých toky z okolia vnášajú látku a energiu. Rovnovážna termodynamika potom prechádza do *nerovnovážnej termodynamiky*. Jej historicky prvotnou formou je *nerovnovážna lineárna termodynamika*. Prigogine ukázal, že „systém sa vyvíja smerom k stacionárnemu stavu, charakterizovanému minimom produkcie entropie, ktorý je zlučiteľný s danými obmedzeniami“ (13, s. 138). Systém, ktorému dané vonkajšie podmienky znemožňujú dosiahnuť stav termodynamickej rovnováhy, dosiahne stav minimálnej vnútornej aktivity, ktorá je ešte zlučiteľná s tokmi, ktoré ju udržujú. T. j. ako v rovnovážnej tak aj v nerovnovážnej lineárnej termodynamike „sa konštatuje tendencia minimalizovať produkciu entropie. Teda len hodnota minima je odlišná; nula pre rovnováhu je zvyšovaná čím ďalej, tým viac podľa dôležitosti obmedzení. V každom prípade však evolúcia zachováva charakter procesu degradácie poriadok → neporiadok“ (4, s. 4). Ak teda vývin systému vedie znova k ukončeniu všetkých jeho vnútorných procesov, k strate jeho vnútornej organizácie, vzniká otázka, aké sú predpoklady, aby k tomu nedošlo? Na ich formulovanie Prigogine aplikoval metódu Liapunovovej funkcie (pozri 8, s. 80—99) a dokázal, že uvažovať o pretrvávani vnútorných procesov možno až v nelineárnych chemických procesoch typu $X + Y \rightarrow 2X$.

Nerovnovážna nelineárna termodynamika

Ústredné miesto v prácach Prigogina o nerovnovážnej nelineárnej termodynamike zohráva tzv. brusselator. Predstavuje myšlienkový konštrukt (jeho kritiku z pohľadu fyzikálnej chémie, poz i napr. 6) obsahujúci nasledujúce chemické reakcie (pri zanedbávaní spätných reakcií a v prípade, ak konštanty rýchlosti reakcií sú rovné jednej)



Do systému, pozostávajúceho z komponentov X a Y, vstupujú z okolia komponenty A a B a zo systému vystupujú do okolia komponenty E a D. Riešenia rýchlostných nelineárnych diferenciálnych rovníc, opisujúce časové zmeny koncentrácií komponentov X a Y (za predpokladu nemenosti koncentrácií a, b komponentov A, B; za predpokladu časovej ne-

mennosti priestorových hraníc a pri zanedbaní difúzie) ukazujú, že pre pomer koncentrácií $b < 1 + a^2$ je systém vždy v stabilnom stave. Akonáhle však b dosiahne hodnotu väčšiu ako $1 + a^2$, vzniká nestabilita a koncentrácie komponentov X a Y sa vyvíjajú v limitovom cykle, t. j. „ľubovoľný počiatočný bod v priestore XY sa s časom približuje k tej istej periodickej trajektórii“ (14, s. 99). Prigogine ukazuje (11, s. 42), že rovnice brusselatora vedú k riešeniu, ktoré zodpovedá situácii, keď sa priestorovo rovnomerné rozloženie komponentov X a Y mení na nerovnomerné, t. j. vzniká stav, keď ich koncentrácia v jednej časti systému je iná ako v ostatných a „systém začína vyzeráť ako určitý druh ‚továrne‘ s charakteristickým štruktúrnym a funkcionálnym poriadkom“ (11, s. 42). Obecne tak vzniká organizovaná komplexná štruktúra, ktorú Prigogine nazval disipatívnou štruktúrou (pozri o nej napr. 9). Ako sa mení disipatívna štruktúra pri zmene regulačného parametra? Odpoveď dáva teória bifurkácie (pozri napr. 1), ktorá skúma vetvenie a zmeny typov riešení nelineárnych diferenciálnych rovníc v závislosti od zmeny regulačného parametra. Prigogine chápe opis systému prostredníctvom pojmu bifurkácie ako opis histórie. Ak totiž chceme interpretovať určitý stav, musíme poznať všetky tie vetvenia, ktoré viedli k tomuto stavu, t. j. musíme poznať jeho predchádzajúcu históriu (12, s. 167; 14, s. 106).

V stručnosti vyložené výsledky opisu brusselatora ako myšlienkového konštruktu nerovnovážnej nelineárnej termodynamiky sú pre Prigogina základom tvrdenia, že prostredníctvom nich sa už podarilo prekonať stanovisko klasickej vedy, ktorá zdôrazňovala večný charakter prírodných zákonov (12, s. 10) a vychádzala z predstavy jednoduchosti, nemennosti a časovej nezávislosti reality. Podľa Prigogina závery nerovnovážnej nelineárnej termodynamiky naopak vraj dokazujú, že realita je rozmanitá, časovo podmienená a komplexná, čím sa jej už podarilo prekonať rámec klasickej vedy.

Ontologické východiská brusselatora

Analyzujeme prostredníctvom kategórie vznik-pôvod-história, evolúcia-vývin, fungovanie-pohyb, ontologické východiská, na ktorých sa vytvoril brusselator ako určitý typ mysleného objektu, aby sme dokázali, že tieto tvrdenia sú neudržateľné.

A. Vznik-pôvod-história v brusselatore

Pri opise procesov v brusselatore sa predpokladá, že v svojom súhrne procesy nemenia určenie jeho zložiek. V systéme *vždy* existujú komponenty X a Y. Vedecký zákon, ktorý so svojimi rovnicami opisuje zmenu ich koncentrácií, má platiť vždy a všade, nezávisle od času. Každý

bod bifurkácie (bifurkačného diagramu) predstavuje rôzne riešenia stálej tej istej rýchlostnej rovnice *toho istého vedeckého zákona*, je len opisom čiste kvantitatívnych zmien toho istého komponentu systému. Ak Prigogine hovorí o opise prostredníctvom bifurkácie ako o teoretickom vyjadrení reálnej histórie, potom sa táto rekonštruje v teórii bifurkácie vychádzajúc z ontológie, podľa ktorej história je vždy históriou *toho istého objektu* (napr. komponentu X), a pokiaľ je história *pokrývaná stále tým istým prírodným zákonom*. Teória bifurkácie, celé chápanie vzniku disipatívnej štruktúry nevypovedá nič o pôvode, o procesoch vzniku systému, ktorý sa opisuje nelineárnymi diferenciálnymi rovnicami, a v ktorom môže vzniknúť disipatívna štruktúra. Predpokladá sa, že *systém je už daný*.

B. Evolúcia-vývin v brusselatore

Predpokladajme, že systém, v ktorom prebiehajú nelineárne procesy, už reálne vznikol a otázka jeho vzniku-pôvodu-histórie nás nezaujíma. Ako sa rekonštruje evolúcia-vývin v brusselatore? Procesy vo vnútri systému sa opisujú pomocou vedeckého zákona, ktorý obsahuje rovnice, ale pritom sa predpokladá, že prírodný zákon, ktorý reguluje bifurkačný parameter, nie je totožný s prírodným zákonom, ktorý riadi vnútro opisovaného systému. To, či disipatívna štruktúra vôbec vznikne a aký jej typ vznikne v systéme, je určené nielen nelineárnosťou jeho procesov, ale aj pomerom koncentrácií komponentov A a B. Situácia je tak totožná so situáciou v mechanike. Aby sme vysvetlili určitý stav systému, napr. že v ňom prebiehajú oscilácie, je nevyhnutné ho nielen opísať systémom nelineárnych diferenciálnych rovníc, ale nakoniec podať aj opis okolia, ktoré určuje hodnoty koncentrácií komponentov A a B. Z hľadiska časovej následnosti procesov v brusselatore majú tieto koncentrácie charakter počiatočných podmienok. Na rozdiel od mechaniky však nie sú určené zvonka jednorázovo, jedným aktom interakcie okolia na systém, ale sú neustále určované procesmi v okolí, ktoré riadia vzájomný pomer koncentrácií *a* a *b*. To isté platí aj o hraničných podmienkach. Predpokladá sa, že „systém sa podriaďuje často nezávislým hraničným podmienkam“ (8, s. 36). V prípade brusselatora to znamená (keďže *X* a *Y* sú funkciami času), že priestorová hranica nie je funkciou *X* a *Y*, čo je možné len vtedy, ak sa táto vytvára *vonkajšou* príčinou. Brusselator ako myšlienkový konštrukt je tak koncipovaný ako systém s *vonkajšou reguláciou*. Predpokladá sa, že v okolí systému existujú regulatívne mechanizmy, ktoré riadia svojimi vlastnými prírodnými zákonmi koncentrácie komponentov A a B, ako aj hranice systému. Odkiaľ pochádza táto myšlienka v nerovnovážnej nelineárnej termodynamike? Prigogine pri rekonštrukcii dejín termodynamiky (12) (o jej dejinách pozri aj 5) ukázal, že táto sa vyvíjala od skúmania uzavretých systémov (rovno-

vážna termodynamika) ku skúmaniu otvorených systémov (nerovnovážna termodynamika) a pri ich skúmaní sa vyvíjala od skúmania lineárnych systémov blízkyh k rovnováhe (nerovnovážna lineárna termodynamika) ku skúmaniu nelineárnych systémov vzdialených od rovnováhy (nerovnovážna nelineárna termodynamika). Napriek všetkým odlišnostiam v chápaní objektov svojho skúmania (uzavretý-otvorený, lineárny-nelineárny) je pre ne spoločný *ontologický predpoklad*, že *objektom skúmania je vždy systém s vonkajšou reguláciou*. Prigogine od všetkých predchádzajúcich typov termodynamík prebral ontologický predpoklad vonkajšej regulácie a vybudoval na ňom celú svoju nerovnovážnu nelineárnu termodynamiku. Neuvedomuje si, že je možná aj ontológia, v ktorej sa objekt skúmania chápe ako otvorený systém s vnútornou reguláciou a nikde vo svojich prácach sa ani nepokúša prejsť od predpokladu vonkajšej regulácie k predpokladu vnútornej regulácie. Preto je situácia taká istá ako v iných dynamických teóriách fyziky. Jediný cieľ, ktorý môže dosiahnuť nerovnovážna nelineárna termodynamika vo svojej súčasnej podobe (aj so svojimi aplikáciami za hranicami fyzikálnej chémie) je nanajvýš poskytnúť opis evolúcie systému (s vnútornou nelinearitou procesov), ktorou sa tento prispôsobuje podnetom z okolia. Tento cieľ sa v [10] chápe ako *najvyšší a konečný cieľ špeciálnovedného* opisu komplexných systémov.

C. Fungovanie-pohyb v brusselatore

Predpokladajme, že systém je už daný, že sa už nachádza v stave vzdialenom od rovnováhy, a že sa v ňom už sformovala oscilujúca štruktúra (t. j. $b > 1 + a^2$). Predpokladajme tiež, že si nekladíme otázku pôvodu systému ani otázku po príčine, ktorá určila koncentrácie komponentov A a B tak, že v danom pomere. Z akého ontologického východisko vychádza opis fungovania procesov v brusselatore, opis pohybu jeho vnútra? Predpokladá sa, že vzhľadom na systém existuje vonkajšia príčina, ktorá spúšťa toky komponentov A a B. Predpokladá sa existencia vonkajšieho mechanizmu, ktorý vháňa do systému látku a energiu, t. j. brusselator je ňou pretekaný. Ontologický predpoklad, na ktorom sa buduje brusselator, je, že systém, v ktorom môže vzniknúť disipatívna štruktúra, *nie je príčinou seba samého*. Skutočné predpoklady (u brusselatora komponenty A a B) všetkých jeho vnútorných procesov (procesy 2 a 3) majú byť nezávislé od pohybu jeho vnútra a od dôsledkov-výsledkov tohto pohybu (od komponentov D, E).

Je možná iná teória komplexného?

Predstavuje opis reakcií systému (s vnútornou nelinearitou) na von-

kajšie podnety *konečný stupeň* vývinu špeciálnovedných teórií komplexných systémov? Podľa nášho názoru nie. Aby sa však tieto prepracovali na kvalitatívne vyššiu úroveň opisu komplexných systémov, musí im filozofia poskytnúť ontológiu, ktorá by prekonávala ontológie, na ktorých boli doteraz budované. Vyložme niektoré princípy novej ontológie prostredníctvom postupných úprav brusselatora (cieľom úprav je *len ilustrovať*, sme si vedomí toho, že akýkoľvek zásah do schém procesov môže ovplyvniť, alebo dokonca i aj zničiť oscilatorické riešenie rovníc pre komponenty X a Y; teória komplexného budovaná na inej ontológii nevystačí s úpravami v brusselatore a vyžaduje nový myšlienkový konštrukt na opis oscilácií).

Prvú úpravu možno urobiť na základe inak pochopeného vzťahu predpokladov procesov v systéme k procesom v systéme a k ich výsledkom. Nech teraz predpoklady a výsledky procesov nie sú už nezávislé, ale sú už prepojené, t. j. brusselator doplníme o procesy

$$E \rightarrow A \quad (5)$$

$$D \rightarrow B \quad (6)$$

Korektúry vychádzajú z ontológie, podľa ktorej si systém sám reguluje predpoklady svojich vnútorných procesov, predpoklady svojho fungovania-pohybu. Upravený brusselator je už príčinou seba samého, a nie je nevyhnutné predpokladať existenciu mechanizmu vonkajšieho voči systému, ktorý do systému vháňa komponenty A a B. Ak budeme predpokladať, že riešenie rýchlostných rovníc pre systém 1/ až 6/ je i naďalej oscilatorické (pre určitý pomer koncentrácií *a* a *b*), potom systém bude *sám seba udržiavať* vzdialený od rovnováhy.

Druhú úpravu možno urobiť na základe inak pochopenej príčiny evolúcie-vývinu systému. Nech predpoklady procesov v systéme a ich výsledky nie sú prepojené cez 5/ a 6/, ale cez

$$E + A \rightarrow 2A \quad (5')$$

$$D + B \rightarrow 2B \quad (6')$$

t. j. komponenty E, B ako výsledky procesov v systéme vstupujú do reakcií s komponentami A, B v okolí systému. Ako dôsledok týchto reakcií narastá koncentrácia komponentov A a B vstupujúcich do systému (predpokladáme, že všetky komponenty označené ako 2A a 2B vstupujú do systému). Zmysel tejto (alebo podobnej) úpravy je, aby systém *sám seba* vzdaloval od stavu termodynamickej rovnováhy. Pritom systém daný cez 1/ až 6'/ nielenže nie je pretekaný, ale *sám už načerpáva* látku a energiu z okolia. Ontologickým východiskom úpravy je myšlienka, že príčinou evolúciou nie sú podnety, ktorými okolie pôsobí na systém, ale pro-

cesy v samotnom systéme. Predpokladajme (pre ilustráciu), že sa podarilo brusselator daný schémou 1/ až 4/ doplniť o dve reakcie podobné reakciám 5'/ a 6'/ tak, že a) sa neporušila oscilatorickosť riešení pre X a Y ; b) podmienka vzniku oscilácií je i naďalej $b > 1 + a^2$; c) zavedením doplnkových reakcií koncentrácia b rastie vzhľadom na koncentráciu a tak, že sa vzťah $b < 1 + a^2$ zmenil najprv na vzťah $b > 1 + a^2$, a potom b neustále rastie vzhľadom na $1 + a^2$. Evolúcia v systéme má potom podobu nevratného sledu disipatívnych štruktúr, kde príčina nevratnosti je v procesoch samotného systému. Podľa nášho názoru je tak možné vlastnosť času, mať smer, zdôvodniť vo vnútri systému.

Tretia úprava sa zakladá na novom chápaní histórie systému, nebude mať však charakter priamych zásahov do schém procesov v brusselatore a bude vychádzať z predchádzajúcich dvoch úprav. Prvá z nich mala za cieľ umožniť pochopiť systém ako *samopohybujući sa systém*. Dosiahla ho tým, že zrekonštruovala jeho fungovanie — pohyb ako *cyklickú jednotu dvoch* do seba prechádzajúcich procesov. Procesov, ktoré vo svojom súhrne predstavujú *podstatotvorný proces* (v schéme brusselatora procesy 2/, a 3/) a proces predstavujúcich podporný proces (procesy 1/, 4/, 5/ a 6/). Tieto dva komplexy procesov periodicky obnovujú jeden druhého tým, že ukončenie jedného znamená začiatok druhého a naopak. Cieľom druhej úpravy bolo pochopiť systém ako *samovyvíjajúci sa systém*. Dosiahlo sa to tým, že ukázal, že sa uskutočňuje pomocou čerpania látky a energie z okolia do systému. Ani jedna z úprav však nedokázala prekonať chápanie histórie ako je dané u I. Prigogina. Aj v prípade schémy 1/ až 6', znázorňujúcej samovyvíjajúci sa systém, sa predpokladalo, že systém je už daný a pod jeho históriou sme rozumeli len *kvantitatívne zmeny kvalitatívne nezmeneného systému*. Preto záverečným krokom pri výstavbe novej špeciálnovednej teórie komplexného, ktorý nasleduje po prvej a druhej úprave, je, že sa v opise rekonštruujú podmienky existencie komponentov, ktoré v chemických procesoch sú vo vzájomne oscilatorickom vzťahu a tvoria podstatu skúmaného systému. Brusselator v podobe 1/ až 6' predstavuje cyklický spojenú postupnosť procesov. V nej sa systém nielen zachováva, obnovuje svoju podstatu, a teda obnovuje aj svoje existenčné podmienky, ale ju aj kvantitatívne neustále modifikuje. Prostredníctvom svojho samovývinu preto neustále kvantitatívne modifikuje svoje vlastné existenčné podmienky, a nemožno vylúčiť existenciu bodov, kde by modifikácie dosiahli rozmery, ktoré by viedli k zániku oscilujúcich komponentov, t. j. k zániku podstaty a celého systému. Vychádzame tu z ontológie (prvý raz vypracovanej v 3), podľa ktorej sa podstata chápe ako proces, ktorý môže nastať len za určitých (imanentných) podmienok. Tieto sa reprodukujú, keďže dochádza k neustálemu obnovovaniu podstatotvorného procesu v jeho cyklickom striedaní sa so svojím podporným procesom. V takejto ontológii sa uvažuje o nejednoduchšej reprodukcii imanentných podmienok, ktorá nakoniec môže v určitom bode viesť k zániku momentov podstatotvorného proce-

su, a teda aj k *sebazrušeniu a sebaapremene* jedného systému na kvalitatívne odlišný systém. Vychádza sa v nej z novo pochopeného vzťahu prírodného zákona a jeho podmienok, podľa ktorého *prírodný zákon* je *vzťah* podstatotvorného procesu k podmienkam svojej realizácie a svojej nejednoduchšej reprodukcie. Možno práve táto ontológia vytvorí základ pre špeciálnovedné vysvetlenie vlastností autokatalýzy, ako to žiada I. Prigogine v [16], cez opis historickej genézy samotných komponentov schopných autokatalýzy.

LITERATÚRA

1. Bifurcation Analysis. Ed. Hazewinkel, M. et al., Dordrecht 1985.
2. BÖRZESZKOWSKI, H. — H. von — WAHSNER, R.: Did Nonlinear Irreversible Thermodynamics Revolutionize the Classical Time Conception of Physics? In: Foundations of Physics. Vol. 14, 1984, č. 7.
3. ČERNÍK, V.: Problém zákona v marxistickej metodológii vied. Bratislava 1977.
4. GLANS DORFF, P.: Origine et perspectives des structures dissipatives. In: Synergetics (Far from Equilibrium). Ed. Haken, H., Berlin(W)-New York-Heidelberg 1979.
5. GLANS DORFF, P.: Irreversibility in Macroscopic Physics: From Carnot Cycle to Dissipative Structures. In: Foundations of Physics. Vol. 17, 1987, č. 7.
6. GRAY, B. F. — MORLEY, — BUCHANAN, T.: Some Criticism Concerning the Brusselator Model of an Oscillating Chemical Reaction. In: Journal of the Chemical Society, F II. Vol. 81, 1985, part 1.
7. GRIESE, A.: Philosophische Betrachtung über die Richtung der Zeit. In: [17].
8. NICOLIS, G. — PRIGOGINE, I.: Self-Organization in Nonequilibrium Systems. New York 1977 (Samoorganizacija v nerovnovesnych sistemach. Moskva 1979).
9. NICOLIS, G.: Dissipative Systems. In: Reports on Progress in Physics. Vol. 49, 1986.
10. NICOLIS, G. — PRIGOGINE, I.: Die Erforschung des Komplexen. München 1987.
11. PRIGOGINE, I.: Structure, Dissipation and Life. In: Theoretical Physics and Biology. Amsterdam 1969.
12. PRIGOGINE, I. — STENGERS, I.: Dialog mit der Natur. München 1981.
13. PRIGOGINE, I. — STENGERS, I.: Order out of Chaos. New York 1984.
14. PRIGOGINE, I.: From Being to Becoming. San Francisco 1980.
15. PRIGOGINE, I.: Physics and Metaphysics. In: Advances in Biological and Medical Physics. Vol. 16, part 3, Scientific Ideas and Human Progress. New York 1977.
16. PRIGOGINE, I. — NICOLIS, G.: Self-Organization in Nonequilibrium Systems: Towards a Dynamics of Complexity. In [1].
17. Struktur und Prozess. Berlin 1977.
18. TREDER, H. J.: Newtons Zeittheorie und die Richtung der Zeit. in [17].
19. WAHSNER, R.: Struktur und Bewegung. Erkenntnis und Wirklichkeit. In [17].

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИСХОДНЫЕ ПУНКТЫ ТЕРМОДИНАМИКИ ПРИГОЖИНА

Игорь Ганзел

В статье анализируются онтологические исходные пункты неравновесной нелинейной термодинамики. В результате разбора классической и квантовой механики и разбора равновесной и неравновесной линейной термодинамики оказывается, что в них под причиной эволюции системы подразумевается воздей-

ствие внешней среды на систему. Путем реконструкции онтологических основ брюсселятора доказывается, что неравновесная нелинейная термодинамика не преодолевает онтологии классической науки. В последней части работы посредством иллюстративных изменений брюсселятора экспликуется онтология, в которой исследуемый объект понимается как саморазвивающаяся, самодвижущаяся и как самовозникающая-самоисчезающая система.

ONTOLOGISCHE AUSGANGSPUNKTE DER PRIGOGINESCHEN THERMODYNAMIK

Igor Hanzel

In der Studie werden die ontologischen Ausgangspunkte der ungleichgewichtigen nichtlinearen Nichtgleichgewichts Thermodynamik analysiert. Durch Analyse der klassischen und Quantenmechanik sowie durch Analyse der Gleichgewichts — und linearen Nichtgleichgewichts-Thermodynamik zeigt sich, dass unter Evolution des Systems in ihnen die Wirkung der Umwelt auf das System verstanden wird. Durch Rekonstruktion der ontologischen Grundlagen des Brusselators wird bewiesen, dass die lineare Nichtgleichgewichts — Thermodynamik die Ontologie der klassischen Wissenschaft nicht überwindet. Im letzten Teil der Studie wird mittels illustrativer Änderungen des Brusselators die Ontologie expliziert, in der das untersuchte Objekt als ein selbstentwickelndes, selbstbewegendes und als ein selbstentstehendes und selbstvergehendes System begriffen wird.