



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Filosofická fakulta

DISERTA NÍ PRÁCE

Luká-ZÁME NÍK

Olomouc, 2010

Jméno a příjmení autora: **Lukáš Zámečník**

Název disertační práce: **Filosofie v díle z perspektivou teorie chaosu**

Název disertační práce anglicky: **The Philosophy of Science from the Perspective of the Chaos Theory**

Studijní program: **doktorský**

Studijní obor: **filosofie**

Titul: **Prof. PhDr. et RNDr. Jan Pátek CSc.**

Rok obhajoby: **2010**

Klíčová slova v češtině :

syntaktické, sémantické a modelové založené pojetí teorií, izomorfismus, podobnost, interdisciplinarita, teorie chaosu, dynamický systém, nelinearita, fraktál, podivný atraktor, transcendentální nemožnost, determinismus, predikce, dynamické porozumění, idealizace, top-down modely, bottom-up modely, stínové lemma

Klíčová slova v angličtině :

syntactic, semantic and model-based views of theories, isomorphism, similarity, interdisciplinarity, chaos theory, dynamical system, nonlinearity, fractal, strange attractor, transcendental impossibility, determinism, prediction, dynamical understanding, idealization, top-down models, bottom-up models, shadowing lemma



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Děkuji Prof. PhDr. et RNDr. Janu Těpánovi CSc. za laskavé vedení disertační práce a Prof. RNDr. dr. hab. Janu Andresovi CSc. za poskytování cenných rad a konzultací.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Prohlá-uji, že jsem diserta ní práci vypracoval samostatn pouze s pomocí zdroj uvedených v seznamu pouflité literatury.

ání pojetí modelu ve filosofii v dy v návaznosti na sémantické pojetí teorií a v rozpracovávání modelov zalofného pojetí teorií. Poznatky získané pr zkumem teorie chaosu jsou vyufity pro podporu a korekci n kterých pojetí modelování ve v d , pro korekci a roz-í ení modelov zalofného pojetí teorií Ronalda Giera a pro nalezení sou asných hranic mořností v deckého modelování.

První kapitola je soust ed na na srovnání pouřití modelu v syntaktickém a sémantickém pojetí teorií. Centrální ást první kapitoly je v nována popisu a zhodnocení modelov zalofného pojetí teorií Ronalda Giera a vymezení vlastního autorova pojetí modelu, které na modelov zalofné pojetí navazuje.

Druhá kapitola je v nována teorii chaosu. Nejprve je provedena deskripce podstatných charakteristik teorie (s podporou matematického apendixu) a následn je t chto poznatk pouřito ke zhodnocení dvou nejd leřit j-ích filosofických reflexí teorie chaosu u Stephena Kellerta a Petera Smithe. Zkoumání je vystav no konfronta n (Kellert x Smith) a autor sám kriticky hodnotí a rozvíjí ned leřit j-í Kellertovy a Smithovy post ehy. Úst ední ásti druhé kapitoly jsou v novány rozboru postavení modelu v teorii chaosu. Jednak je hodnoceno odli-ování top-down a bottom-up modelování (p edev-ím u Jeffreyho Koperského, Adama Mortona a Erica Winsberga), jednak je zkoumán vztah Gierova modelov zalofného pojetí teorií k pojetí model v teorii chaosu. Aplikace Gierova pojetí teorií na teorii chaosu je úsp -ná, navíc autor Gierovu koncepci obohacuje svým vlastním pojetím modelu, které p edstavil v první kapitole.

Záv re ná kapitola zkoumá sou asné hranice modelování ve v d . P edev-ím podmínky aplikovatelnosti model teorie chaosu p i reprezentaci reálných systém (stínové lemma a podmínka hyperbolicity). Poukazuje také na oblasti teorie dynamických systém , které p edstavují je-t vy-í úrove prom ny pojetí modelu (a p edev-ím prediktivní síly modelu), neř je tomu u teorie chaosu. Je zde uvedeno n kolik zajímavých problém sou asné teorie dynamických systém ó v astrofyzice (stabilita slune ní soustavy) a neurov d (chaotická dynamika neuronální síť lidského mozku), které slouří jako odrazový m stek k filosofickému zhodnocení.

the concept of the model in the philosophy of science, following the semantic view of theories, and developing the model-based view of theories. The knowledge learned by survey of chaos theory is used, first, to support and correct some concepts in science modeling, second, for correction and expansion of model-based view of theories of Ronald Giere and, third, for finding boundaries with current scientific modeling.

The first chapter is focused on a comparison of the use of the model of syntactic and semantic views of theories. The central part of the first chapter concentrates on the description and evaluation of the model-based view of theories of Ronald Giere and the author's own definition of the concept of model which develops the model-based approach.

The second chapter centres on the chaos theory. First, we describe the essential characteristics of the implemented theory (with mathematical appendix) and then use this knowledge to assess the two most important philosophical reflections on the chaos theory of Stephen Kellert and Peter Smith. The examination is built confrontationally (Kellert x Smith) and the author himself critically evaluates and develops the most important Kellert's and Smith's insights. A central part of the second chapter is devoted to the analysis of the status of the model in the chaos theory. First, the distinction between top-down and bottom-up modeling is evaluated (especially in Jeffrey Kopersky, Adam Morton and Eric Winsberg), and, second, the relationship of Giere model-based view of theories and of the concept of models in chaos theory is looked into. The application of Giere approach on the concept of chaos theory is successful, the author enriches Giere's view by his own concept of model which is introduced in the first chapter.

The final chapter examines the current limitations of modeling in science. In particular, the conditions of applicability of models of chaos theory when representing real systems (shadowing lemma and the hyperbolicity condition). The chapter also points out parts of the dynamical systems theory, which represent an even higher level of the transformation of the concept of the model (and in particular predictive power of the model) than that of chaos theory. There are several interesting problems in the current dynamical systems theory - in astrophysics (stability of the solar system) and neuroscience (chaotic dynamics of neuronal networks of human brain) which serves as a starting point for philosophical evaluation.

Uvod	11
1 Model jako reprezentace skute nosti	21
1.1 Teorie	21
1.1.1 Syntactic view of theories (SYT)	21
1.1.2 Modely v SYTu a jejich kritika	22
1.1.3 Achinsteinovo pojetí teoretického modelu	24
1.2 Model.....	26
1.2.1 Semantic view of theories (SET)	27
1.2.2 SET a v decký zákon	28
1.2.3 SET a izomorfismus.....	31
1.2.4 Kritika SETu.....	33
1.3 Model-based view of theories (MOT) Ronalda Giera.....	37
1.3.1 Oblasti výzkumu Ronalda Giera.....	38
1.3.2 Perspektivní realismus.....	39
1.3.3 V da bez zákon	42
1.3.4 Model-based view of theories (MOT)	44
1.3.4.1 Vztah modelu a teorie v MOTu.....	45
1.3.4.2 Model jako reprezentace skute nosti	46
1.3.4.2.1 Principy a specifické podmínky.....	47
1.3.4.2.2 Reprezena ní modely a podobnost jako kritérium tvorby hypotéz	48
1.3.4.2.3 Modely dat.....	50
1.3.4.2.4 P íklad Gierova modelu.....	52
1.4 Model jako nosi princip	52
1.4.1 Vztah princip a model	53
1.4.2 Dynamika teorie a zm na teorie.....	55
1.4.3 P íklady z v decké praxe	56
2 Teorie chaosu	59
2.1 Vymezení deterministického chaosu	59
2.1.1 Definice chaosu	61
2.1.2 Autonomie chaosu	62
2.1.3 Chaos pod lupou.....	64

.....	64
.....	65
2.2.2 Nelinearita, citlivá závislost na poáte ních podmínkách a geneze chaosu	66
2.2.3 Atraktor ve fázovém prostoru	68
2.2.4 Univerzalita chaosu.....	70
2.3 Filosofická reflexe teorie chaosu.....	71
2.3.1. Transcendentální nemo0nost (Transcendental Impossibility)	72
2.3.2 Chaos a determinismus	75
2.3.3 Epistemologie chaosu.....	78
2.3.3.1 Metody slou0ící k dosa0ení porozum ní	80
2.3.3.1.1 Holismus	81
2.3.3.1.2 Experimentalismus	82
2.3.3.1.3 Diachronie	83
2.3.3.2 Povaha porozum ní/vysv tlení	85
2.3.3.2.1 Kvantitativní a kvalitativní p edpov ditelnost	85
2.3.3.2.2 Kauzální a geometrické mechanismy	88
2.3.3.2.3 Zákon a ád.....	89
2.3.3.2.4 Dynamické porozum ní.....	90
2.3.4 Nová podoba idealizace.....	91
2.4 Modely teorie chaosu	95
2.4.1 Top-down a bottom-up modely.....	96
2.4.1.1 B-U I. Rekonstrukce fázového prostoru (Phase Space Reconstruction)	96
2.4.1.1.1 Koperského pojetí top-down modelování.....	96
2.4.1.1.2 Koperského pojetí bottom-up modelování: Rekonstrukce fázového prostoru.....	98
2.4.1.1.3 Kritika Koperského pojetí.....	100
2.4.1.2 B-U II. Mediuující modely (Mediating models)	101
2.4.1.3 B-U III. Po íta ové simulace	103
2.4.1.3.1 Ad hoc modelování.....	103
2.4.1.3.2 Vztah teorie a modelu p i simulaci.....	104
2.4.1.3.3 Simulace . mezi teorií a experimentem.....	105
2.4.1.4 Kritika n kterých pojetí model	106
2.4.1.5 Bottom-Up a Top-Down - zhodnocení	108
2.5 Model jako reprezentace skute nosti v teorii chaosu	111
2.5.1 Pou0ití Gierova raného MOTu (SETu) u Kellerta	111

příklad soudobého Gierova MOTu a jeho rozšíření ..	112
Gierova MOTu pro potřeby teorie chaosu	114
2.5.2.2 Aplikace MOTu na teorii chaosu se současným zohledněním bottom-up model	116
2.5.2.3 Teorie chaosu jako doklad rozšířeného MOTu	117
3 Kde naše modely končí	119
3.1 Stínové lemma	120
3.2 Dynamické systémy na hranicích popisu	122
3.2.1 Planetární systém a pevnost model	122
3.2.2 Mozek a povodně v domě	124
3.3 Meze vědecké a filosofické reflexe myšlení	128
Závěr	130
Matematický appendix	134
Literatura	151

Poznávání může být označeno jako vdecké tehdy, jestliže kromě zachovávání postulatů racionality vdeckého bádání, o jejichž vymezení se samozřejmě vedou spory, nabízí nové problémy a nová řešení těchto problémů. Historizující filosofii, tak říkavé v národní kontinentální tradici, tak hrozí, že se z jejího pole bádání stane intelektuální skanzen, v němž filosofové za pomoci nových technologií uchovávají zbožňované dědictví minulosti.¹

Ze zkušenosti vyvozují, že tento přístup, konzervující tradiční filosofické problémy, paradoxně vychází z přeceňování lidského rozumu. Je-li rozum nahlížen jako něco absolutního a svrchovaného, pak skutečně nemá filosof jinou možnost než neustále přelapovat na místě. Nebo z jeho hlediska je dokonalý nástroj lidské racionality dán a jediným opravdovým úkolem je naučit se jej co nejdokonaleji používat.

Poukazovat smysluplně na meze lidského rozumu a neodpírat mu průřetnost a možnost vývoje není snadné. Vždy vypovídáme z této racionality a nesmysly (například některé postmoderní) vznikají tehdy, když si tuto smyslovou vazbu neuvdomujeme. Tato práce si ovšem neklade takto náročné cíle, pouze tenti kapitola představuje určitý náznak takového pokusu. Navíc se může ukázat, že i tento pokus je opět pouze zbrsilým narážením na nehybné hranice. Ze zkušenosti opět nicméně vyvozují, že ve filosofii a to vznikaly nejlepší myšlenky tehdy, když byl autor přesvědčen, že hranice posouvá, nově vymezuje nebo nahlíží z nové perspektivy.

Vzít si znovu příklad z Kantovy *Kritiky čistého rozumu* neznamena pouze uzavřít metafyziku, ale také znovu zásadním způsobem uinit rozum objektem studia. V tomto dalším stupni je potěba přijmout možnost, že je potěba nová kritika rozumu, reflexe hranic, jejichž si můžeme být v domě jen způsobem, reflexí toho, co bylo na poli zkoumání rozumu dosaženo. Nemá smysl vytýkat kognitivní uzávěry,² které absolutizují hranice rozumu, nebo tím opět pojmáme rozum jako definitivní nástroj a zároveň se dopouštíme chyby, když z tohoto nástroje zdánlivě vystupujeme a vynášíme o něm soud. Můžeme pouze tučit vředy dopředu neviditelné hranice.

Tento drobný, nicméně neodbytný metatext představuje jediný letmý polibek postmoderny, který si autor v tomto textu dovolil.

¹ Nepochybuji ovšem o tom, že jednou může být celá tato úctyhodná tradice filosofování zhodnocena v empirickém výzkumu kognitivní archeologie. Viz Lewis-Williams (2007).

² Viz McGinn (1989).

v nífil filosof, e eno spolu s Wittgensteinem,³ sám p ívádí k problém m filosofie v dy. Tato relativn mladá odnofl filosofie má ufl nicmén sama velmi ko-atou strukturu.⁴ P ístup, který volím z palety mofností, které tato oblast nabízí,⁵ vyfladuje krom tradi ních filosofických nástroj pojmové analýzy také podrobn j-í obeznámenost s konkrétní v deckou disciplínou. V mém p ípad je touto disciplínou fyzika, konkrétn ji speciální oblast teorie dynamických systém , pro kterou se vflil pon kud matoucí název teorie chaosu.

Filosofové v dy, kte í se vydají cestou reflexe konkrétní disciplíny, asto inklinují k vyuffívání daného v deckého problému k obhajob vlastních filosofických pozic⁶ nebo p ípadn k hledání mezery ve v deckém vysv tlení. Zatímco první p ístup m fle stav t filozofy do role pab rkova , závislých na exaktních kolezích, druhý p ístup naopak m fle pasovat filozofy do dávno ztracené role polyhistor , kterou, a koliv bychom jim ji bezpochyby p áli, t flko m fleme v dne-ní dob je-t o ekávat.

Mnozí filosofové také vidí smysl reflexe v dy ve vyvozování metafyzických d sledk moderních v deckých teorií. Kolik toho bylo napsáno o teoriích relativity, kvantové mechanice (od dob Whiteheada a Bohma), kolik toho bylo napsáno o kvantové gravitaci a kolik prostoru bude v nováno zkoumání d sledk M-teorie? Domnívám se, fle i tento p ístup je rezignací na odkrývání skute ných v deckých problém .

Mé ambice jsou o n co men-í a tradi ní,⁷ daná disciplína je pro m zdrojem empirie pro kritické posuzování toho, co je to v da, e eno spolu s Laudanem, jaká je její ontologie, axiologie a metodologie.⁸

V souvislosti s teorií chaosu jsem zaregistroval n kolik zajímavých problém filosofie v dy: (1) problém vztahu mezi v dami, (2) problém vztahu mezi jednotlivými subdisciplínami fyziky a (3) problém modelování ve v d . První dva problémy nejsou hlavní náplní mého zkoumání, a proto je zde v úvodu pouze stru n na rtnu. Poslední problém je komplexem celé ady subproblém , které budu v jednotlivých kapitolách postupn podrobovat rozboru.

³ D kuji za tento nápad kolegovi Petru Stojanovi.

⁴ Za jeden z nejd leflit j-ích milník v jejím vývoji pokládá Ronald Giere okamfik, kdy se p í st etu kontinentální v decké filosofie (Wissenschaftliche Philosophie) s americkým naturalismem vyno ila filosofie v dy (Philosophy of Science). Srov. Giere (1999, s. 151-173).

⁵ P ehled základních problém ve filosofii v dy viz Rosenberg (2005).

⁶ Cofl se netýká pouze r zných metafyzik, nap . emergentismu, srov. Clayton (2006), ale také postmoderny, která s oblibou vyuffívá a zneuffívá v deckých pojn (nap . chaos, neur itost, relativita ad.).

⁷ Ve smyslu tradice zalofené Víde ským kroufkem a analytickými filozofy.

⁸ Viz Laudan (1984).

je tradičně vnímán jako problém primátu fyziky, která
adná je pak rozhodnutí, zda je možné podat fyzikální
kauzální vysvětlení fenoménů supervenientních disciplín. Nověji se tomuto problému věnuje
Owens, který se domnívá, že obvykle používaná doktrína o supervenenci ponechává
nevyřešenou otázku o explanační síle fyzikální teorie. Dokonce ani neodkazuje k pojmu
špatně. ⁹ Zadelemitou považuje Owens pervazivnost fyzikální kauzace, především klíčový
pojem kauzální pervaze definuje Owens následovně: *š Jestliže je n jaká nefyzikální událost
S₁ kauzálně relevantní pro n jakou jinou nefyzikální událost S₂, pak existují subvenientní
fyzikální stavy P₁ a P₂ takové, že P₁ je kauzálně relevantní pro P₂.* ¹⁰ Owens uzavírá, že si
speciální vědy zachovávají autonomii, která je slučitelná s kauzální pervazí, zahrnující
kauzální relevanci nikoliv kauzální vysvětlení, s tím, že redukcionismus a explanační pervaze
jsou vyloučeny. ¹¹

Akoliv se v Owensově případě jedná o korektní a elegantní důkaz autonomie
speciálních věd, domnívám se, že je příliš umělý. Vychází totiž z předpokladu hierarchie věd
a následně se snaží dokázat určitý druh jejich autonomie, nebo jak jedno, tak druhé se nám
zdá být intuitivně samozřejmým. Postup, který je ve vědecké oblasti a na něj poukazuje právě
teorie chaosu, je oproti tomu od takovýchto závazků. Disciplíny jsou primárně autonomní,
vztahy závislosti a podřízenosti se projeví především konkrétního výzkumného úkolu. Tento
postup je označován jako interdisciplinární.

Interdisciplinarita se stala v současné filosofii vědy velmi frekventovaným pojmem,
kromě teorie dynamických systémů bývá velmi často spojována například s kognitivní vědou.
Pro interdisciplinaritu, jak už jsem výše naznačil, je typické soustředění na konkrétní
výzkumný úkol (dynamický systém, kognice ad.), její postup ale není univerzální. V případě
kognitivní vědy na bázi interdisciplinárního zkoumání přímo vzniká nová disciplína
(kognitivní věda) integrací dílčích věd. V případě teorie dynamických systémů dochází
k aplikaci určitých modelů například speciálními vědami – ude tam, kde lze smysluplně vymezit
dynamický systém.

Uvedeným pojetím interdisciplinarit hrozí hned několik nepřijemných důsledků.
Pojem interdisciplinarita bývá často zaměňován za pojmy transdisciplinarita,
multidisciplinarita, cross-disciplinarita například i postdisciplinarita, a tak se stává velmi
nejednoznačným. Některé autoři dokonce odmítají pojímat kognitivní vědu jako disciplínu,

⁹ Srov. Owens (1989, s. 61).

¹⁰ *š If any non-physical event S₁ is causally relevant to another non-physical event S₂ then there are subvenient physical states P₁ and P₂ such that P₁ is causally relevant to P₂.* Tamtéž, s. 61-62.

¹¹ Podrobněji viz tamtéž, s. 78-79.

gy, odborníky na umění i na vysokou inteligenci, ale kognitivního výzkumu, ale to je možné jen díky tomu, že každý rozumí své konkrétní disciplíně.¹²

V případě interdisciplinarit vyznačené teorií dynamických systémů zase hrozí pouze povrchní vyúžití výhod, které skýtá matematický formalismus. Humphreys navrhuje, aby se základní organizační jednotkou v deskriptivním výzkumu staly počítačové šablony (computational templates): *Šť Namísto ontologické hierarchie založené na mereologii, která poskytuje obvyklé uspořádání v od fyziky přes chemii k biologii, můžeme vidět změnu podoby v deskriptivním bádání, která nastává, když se v deskriptivní aktivitě seskupí podle počítačových šablon, které používají.*¹³

Šablony vymezuje Humphreys výtejně, poukazuje na diferenciální rovnice, statistické modely, ale také celulární automaty atd. Svědně nebezpečí matematického formalismu vysvětluje nejlépe z Humphreysova tvrzení, že si kupříkladu fyzika vystačí s pouhými třemi druhy parciálních diferenciálních rovnic (eliptickými, parabolickými a hyperbolickými) k modelování enormního množství druhů fyzikálních jevů.¹⁴ A koliv je jistě nesporným faktem, že fyzik často vyúžívá vhodného počítačového šablona k modelování nového problému, nemůžeme tuto strategii chápat jako základní způsob budování jeho disciplíny. Samotné použití šablona neznamena porozumění v deskriptivním problému.¹⁵ Navíc každá významná revoluce ve fyzice s sebou nesla i dalekosáhlé rozšíření matematického formalismu.¹⁶

Vzhledem k hrozící vágnosti pojmu interdisciplinarita považuji za vhodné doplnit definice dalších druhů x-disciplinarit.

Především v oblasti společenských a humanitních věd je rozšířené používání fázi postdisciplinarit ve vědách, výzkum oborů je dle tohoto pojetí nahrazován adekvátním studiem konkrétních problémů.¹⁷ Pickering dokonce v souvislosti s kulturními studiemi použil

¹² Zdá se, že dnes by Feyerabend spíše nejlépe na fahidiocii poukazoval na transdiletantství.

¹³ *Šť Instead of the ontological hierarchy based on mereology that gives us the usual ordering of the natural sciences from physics through chemistry and biology we can see a reshaping of the scientific enterprise that takes place when activities are grouped according to the computational templates that they use.* Humphreys (2002, s. S5).

¹⁴ Srov. tamtéž, s. S4.

¹⁵ Typický příklad používání počítačových šablon je spojen se stále převládající výukou fyziky na středních školách. Studenti jsou vedeni k tomu, aby vyúžívali podobnosti matematických vztahů a totožnosti matematického formalismu, aniž by rozuměli principům, které leží v jádru teorie.

¹⁶ Notoricky známé příklady z fyziky je možné doplnit i příklady z počítačové neurovědy, kde výzkum složitých sítí vážně na nedostatky zpracovaném matematickém aparátu, viz Freeman (1999b).

¹⁷ Viz Barker (2002, s. 3).

disciplinary new synthesis¹⁸. Vý-e jsem poukázal na
ou.

Kellert vystihuje multidisciplinaritu jako juxtapozici dvou nebo více disciplín, p i emfl se tyto disciplíny vyzna ují odli-nými perspektivami, které se kumulují, spí-e neffle by mezi nimi probíhala interakce. Jen v omezené mí e dochází k vzájemné zm n a kombinaci. Podle tohoto pojetí by multidisciplinarita na rozdíl od interdisciplinarity neústila ve vznik nové disciplíny. Kellert se vyslovuje pro multidisciplinaritu, pro kterou není cílem šunifikaceō pod jednou perspektivou, ale šintegraceō n kolika odli-ných perspektiv.¹⁹

Kellert v nuje nejvíce prostoru zkoumání cross-disciplinaritu, nebo tou lze nejlépe vystihnout aplikaci r zných částí teorie chaosu nap í snad v-emi p edstavitelnými disciplínami.²⁰ Cross-disciplinarita p estavuje podle Kellerta: *š(í) vyp j ování (borrowing) v d ní z jedné oblasti za ú elem rozvoje jiné disciplíny.ō*²¹ Kellert si je v dom nebezpe í, které plyne z metaforického pouflití teorie chaosu. Zkoumá vyp j ování chaosu v ekonomii, právní v d a literární v d s cílem poukázat na viditelné p ehmaty, ale také plodné inspirace.

Uvádí t i hlavní nebezpe í, která jsou s vyp j ováním spjata, a to (1) chyby týkající se p vodní oblasti (zdroje výp j ek), (2) p íli-né p izp sobování (velká flexibilita) v decké terminologie a (3) chybné inference z v deckých do nev deckých oblastí zkoumání.²² P esto se Kellert snaží o obranu uflite nosti metaforických výp j ek, nebo slouflí (a) k odstran ní závislosti na stagnujících domn nkách, které se udržují jako poz statek d ív j-ích výp j ek, a (b) k nahrazení zastaralých model v cílové oblasti.²³

Kellert si je v dom nejsamoz ejm j-í námítka, která m fle být vznesena v i významu cross-disciplinaritu ó jejího významu pouze na poli kontextu objevu (context of discovery) a naprosté irelevantnosti vzhledem ke kontextu justifikace (context of justification). Kellert namítá, fle mezi ob ma kontexty musí být prozkoumán je-t t etí kontext sout flení (context of pursuit): *š(í) mezi momentem objevu a momentem justifikace je podteoretizovaný škontext sout fleníō, v n mfl jsou se azovány vzájemn sout flící aktivní mofnosti podle jejich slibnosti a vhodnosti pro budoucí zkoumání. V tomto kontextu se z hypotéz stávají kandidáti pro aktivní p sobení v cílové oblasti, cofl p edstavuje výrazný druh*

¹⁸ Srov. Giere (1999, s. 248, pozn. 13).

¹⁹ Srov. Kellert (2008, s. 31).

²⁰ Kellert uvádí abecední výb r aplikací situovaných pouze do 90. let. Viz Kellert (2008, s. 1-2).

²¹ *š(í) the borrowing of knowledge from one field in order to assist the endeavors of another discipline.ō* Tamtéfl, s. 31.

²² Srov. Kellert (2001, s. S458).

²³ Srov. tamtéfl, s. S463.

Ze zkušenosti odvozují spíše zdrfelnivost, cross-disciplinarita totiž skute n z stává pouze na metaforické rovin , v p ípad teorie chaosu se to projevuje nemofností využití nepostradatelný matematický rámecek teorie. Prvotní nad-ení z pronikavé intuice je vyst ídáno slepou ulí kou ne-ítelných problém ó m flu sice nap íklad pojímat genetickou informaci jako text složený z abecedy symbol DNA, ale jak vysv tlit organismus, jako konkrétní produkt interpretace tohoto textu?²⁵

Transdisciplinarita je vnímána jako mnohem více komplexní, sjednocující p ístup, který p esahuje (tém afl transcenduje) jednotlivé obory. Kellert uvádí jako p íklady marxismus, teorii systém a sociobiologii;²⁶ nezap e tak ur itou skepsi v í tomuto pojetí. Mým názorem je, fle zde nejde o integraci a vznik nové disciplíny, ale spíše o nadhled nad multidisciplinárním p ístupem. Nap íklad kognice je studována neurov dami, filosofií myslí, psycholingvistikou, p ítom ale není t mito p ístupy zcela uchopena ó jde o v domí omezenosti v dechých perspektiv.²⁷ Osv flující je vnímat práv filosofii jako bytostn transdisciplinární zkoumání.²⁸

Problémem vztahu mezi jednotlivými subdisciplínami fyziky se zásadním zp sobem zabývá Cartwrightová.²⁹ Sheldon Smith k tomu poznamenává, fle podle Cartwrightové (1) ve fyzice pouflíváme odli-né teorie k modelování odli-ných situací, neexistuje jedna sjednocená fyzikální teorie, která by se týkala v-ech fyzikálních situací; (2) každá teorie má omezený počet principiálních model ,³⁰ které m fle pouflít k modelování situací ve sv t . Souhrnn tyto dva body vedou Cartwrightovou podle Sheldona Smithe k její metafyzické p edstav pestrého sv ta (dappled world): *šR zné ásti sv ta jsou pod ízeny odli-ným teoriím, n které ásti nemusí být pod ízeny fládné teorii, jestliffe je-t neexistují*

²⁴ *š(í) between and among moments of discovery and moments of justification is the undertheorized "context of pursuit," wherein competing active possibilities are ranked for their promise and feasibility for further investigation. In this context, elevating a hypothesis to the status of candidate for active pursuit in the target field does indeed count as the conferral of a significant sort of epistemic merit. For these reasons, metaphorical uses of scientific research merit further epistemological investigation.* Š Tamtéfl, s. S465.

²⁵ Problémy biosémiotiky, viz Marko- (2003).

²⁶ Kellert (2008, s. 31).

²⁷ Hlavní postava Centra teoretických studií Ivan M. Havel dokonce chápe jako transdisciplínu i kognitivní v du.

²⁸ Srov. Peregrin (2006, s. 9).

²⁹ Cartwright (1999), Cartwright (1983).

³⁰ Srov. Smith, S. (2001, s. 456-457).

... této teorii.³¹ Cartwrightová je také přesvědčena, že
... mnohých zákonů, které řídí všechny fyzikální jevy je
pouze zbořným práním tzv. fundamentalistů, práním, které nemá oporu ve fyzikální praxi.³²
Otázka po jednotě vady (by jen fyziky) je pro Cartwrightovou jednoznačně zodpovězena
záporně.

Sheldon Smith se naopak snaží dokázat, že oblast klasické mechaniky je mnohem
širší, než se domnívá Cartwrightová, a že existuje demonstrovatelná jednota teorií, které
Cartwrightová pokládá za odlišné a oddělené.³³

Jestliže se Cartwrightová pokouší o obecný pohled na vztah jednotlivých oblastí
fyziky, pak Barrett se spíše zabývá otázkou pravdivosti fyzikálních teorií ve světle jejich
vzájemné nekompatibility. Snaží se odpovědět na otázku, jak je možné, že vzájemně
neslučitelné popisy světa mohou být všechny aproximativně pravdivé. Vtipně poznamenává,
že vzhledem k logické kontradikci nejsou žádné nejlepší fyzikální teorie nepopisují žádný
možný svět, ani v tomto smyslu nejsou schopné správně popsat ani aktuální fyzikální svět.³⁴

Barrett se také soustředí na otázku aproximativní pravdivosti (approximate truth),
která se zdá být zatížena vágností. Poukazuje na to, že pokud chce někdo vysvětlit, co to
znamená, že je nějaká fyzikální teorie aproximativně pravdivá, pak je potřeba, aby začal
vytvářet další generaci fyzikálních teorií. *Šířte, jak se současné teorie mohou lišit od pravdy,
znamená vysvětlit, jak mohou být vylepšeny. To je možné udělat jedině v kontextu vdeckého
výzkumu, který je založen na práci další generaci lepších fyzikálních teorií.*³⁵

Jakkoliv je analýza Cartwrightové neznámá její kritikou vize jednotné fyziky, mám
zato, že Barrett v poukaz je blíže argumentem, které se proti jednotě fyziky vynořily
v souvislosti s teorií chaosu. Byl to zejména Ford, který jako první zpochybnil platnost principu
korespondence mezi kvantovou a klasickou mechanikou.³⁶ Bokulichová cituje jeho závěry,
které se týkají zkoumání kvantované Arnoldovy transformace (cat transformation). Z těchto
závěrů plyne, že kvantová Arnoldova transformace není chaotická v kvantové doméně ani se
nestává chaotickou v klasických mezích, jak je vyřadováno principem korespondence. Zdá se

³¹ *š Different parts of the world are subject to different theories, some parts might be subject to no theory at all if there just aren't enough concrete models at the disposal of that theory.* Š Smith, S. (2001, s. 457).

³² Srov. tamtéž, s. 457.

³³ Srov. tamtéž, s. 458.

³⁴ Barrett (2003, s. 1215).

³⁵ *š In order to say how our current theories might differ from descriptive truth one must say how they might be improved, and this can only be done in the context of serious scientific inquiry into the nature of the next generation of best physical theories.* Š Tamtéž, s. 1217.

³⁶ Pokud by mezi oběma oblastmi měla existovat vztah, je potřeba vysvětlit dvojí: (1) jak vzniká klasický chaos z kvantové úrovně, (2) jak je naopak klasický chaos na kvantové úrovni potlačen.

Bokulichová se snaží prokázat, že princip korespondence a na něm založené postavení klasické mechaniky jako speciálního případu mechaniky kvantové může být zachováno. Prostedkem k tomu je vytváření kvantových zobrazení (quantum maps) jako speciálního druhu horizontálních modelů.³⁸

Protože vztah kvantové a klasické fyziky v oblasti chaotické dynamiky není ještě stále vyjasněn, máme rozumně neslučitelnosti obou pojetí jako dokladu neadekvátnosti fyzikálního fundamentalismu ve prospěch fyzikálního pluralismu. Touto otázkou se zabývá Belot a e-í ji na konkrétním příkladu dvou modelů sluneční soustavy, z nichž jeden je založen na klasické mechanice a druhý na kvantové mechanice. Uzavírá, že kvantový model není schopen nahradit model klasický, protože není schopen popsat chaotickou dynamiku, kterou může systém vykazovat.

Nacházíme se v situaci, kdy máme dvě teorie, které nabízejí modely dané domény, a kdy to, co se zdá být důležitým rysem našeho světa, je reprezentováno celkem jasně v modelech méně fundamentální teorie a je naprosto nepřítomné v modelech fundamentálnější teorie.³⁹ Pluralismus fyzikálních teorií, který staví Belot proti tzv. fundamentalismu, vystihuje následovně: *„Jestliže skutečně existuje problém s reprezentováním chaosu v kvantové mechanice a jestliže skutečně existují chaotické systémy, pak jsme vedeni k seriózní podobě epistemického pluralismu: každá z našich teorií, více i méně fundamentální, vytváří nenahraditelný příspěvek našemu porozumění světu.“*⁴⁰

Jsem přesvědčen o tom, že fyzikální pluralismus má podporu v současné vědecké praxi. Na rozdíl od Cartwrightové nechci ale toto stanovisko absolutizovat. Fundamentalistický postoj, který hledá stále základnější popis fyzikální reality, je stejně tak adekvátním a bohatým fyzikálním postupem. Belotova zjištění nás ale přivádí ke zmatčení jednoho ze základních axiologických předpokladů vědy. V případě teorie dynamických systémů se ukázalo, že některé dosud neznámé důsledky klasické (ve smyslu dřívější) teorie

³⁷ Srov. Bokulich (2003, s. 618).

³⁸ *„Quantum maps can best be understood as a product of what I call horizontal model construction. These horizontally constructed models have proven to be an ideal tool for exploring the relation between classical and quantum mechanics. I Specifically, they are being used, first, to develop a new semiclassical approximation; second, as a concrete test of the correspondence principle; and finally, to demonstrate a novel quantum effect used to explain the quantum suppression of classical chaos.“* Tamtéž, s. 610.

³⁹ Srov. Belot (2000, s. S461).

⁴⁰ *„If there really is a problem with representing chaos in quantum mechanics, and if there really are chaotic systems then we are driven to a serious form of epistemic pluralism: each of our theories, the more and the less fundamental alike, makes some indispensable contribution to our understanding of our world.“* Tamtéž, s. 463.

fyzikálních systém lépe než sledky teorií, ale k popisu sluneční soustavy bychom používáme klasickou fyziku, protože je zbytečné používat fyziku relativistickou; nicméně tato situace se liší a zdá se být možným, že fundamentálnější teorie není schopna vysvětlit fyzikálních fenoménů, které dokáže popsat teorie klasická a zdánlivě dokonale.

Předchozí dva dilematé problémy filosofie vědy, a jejich řešení se ukazuje teorie chaosu jako nosná, ponechávám pro další zkoumání, které si jistě zaslouží. Domnívám se, že parciálně se tyto dva problémy odrážejí i v posledním problému, a proto je nezbytné mít získané závěry na paměti. V následujícím textu budu věnovat pozornost poslednímu rozsáhlému problému o modelování vědy.

Moje přístup k reflexi teorie chaosu směřuje primárně k pochopení toho, jak bychom měli pojímat vědeckou teorii a v návaznosti na sémantické pojetí teorií (semantic view of theories) a v rozpracovávání modelově založeného pojetí teorií (model-based view of theories). Poznatky získané prozkoumáním teorie chaosu jsou tak využity pro podporu a korekci některých pojetí modelování vědy, pro korekci a rozšíření Gierovy model-based view of theories a pro nalezení souasných hranic možností vědeckého modelování.

První kapitola je věnována deskripci pojmu model v různých pojetích vědecké teorie v rámci filosofie vědy. Stručné vymezení syntaktického pojetí teorií (syntactic view of theories) bude sloužit jako kontrastní bod k podrobnějšímu vymezení sémantického pojetí teorií (semantic view of theories) a následně různým variantám modelově založených pojetí teorií (model-based views of theories). Budu sledovat, jak se pojem modelu v těchto pojetích postupně osamostatňuje a získával na významu jako spojující články mezi teorií a šaty. Pro kritiku semantic view of theories je podstatné zhodnocení izomorfismu, který byl tradičně nalézán mezi teorií a modelem a který je často používán pro vyjádření vztahu mezi modelem a reálným systémem.

Centrální část první kapitoly je věnována popisu a zhodnocení model-based view of theories Ronalda Giera, které pokládám za nejvýstižnější a nejlépe usouvztažitelné s teorií dynamických systémů. V poslední části první kapitoly se pokouším vymezit své vlastní pojetí modelu. Hodnota první kapitoly spoívá především v přehledném uvedení problému modelování vědy do českého filosofického prostředí.

Druhá kapitola je věnována teorii chaosu. Nejprve (v první a druhé podkapitole) provádím deskripci teorie chaosu se snahou o přesnost a postavení všech podstatných charakteristik teorie, které jsou obecně odborníky akceptovány. S ohledem na

to textu Matematický appendix, který obsahuje exaktní
ré vystihují vlastnosti teorie chaosu.

T etí podkapitola je v nována srovnání dvou nejd leffit j-ích filosofických text ,
které byly teorii chaosu v novány ó textu Stephena H. Kellerta *In the Wake of Chaos* a textu
Petera Smitha *Explaining Chaos* - s cílem poukázat na etné diskuze o determinismu, které
jsou vesm s zp sobeny provokativn zvoleným názvem teorie. Podkapitola je vystav na tak,
aby refleктоvala v-echny d leffité objevy Stephena Kellerta, zároveň je v-ak vystav na
konfronta n (Kellert x Smith) a autor sám se pokou-í o kritiku a rozvinutí ned leffit j-ích
Kellertových a Smithových post eh .

St flejní tvrtá a pátá ást druhé kapitoly je v nována rozboru postavení modelu
v teorii chaosu. Ve tvrté podkapitole jsou p edstavena pojetí n kolika význa ných filosof
v dy, kte í se zabývali modely v teorii chaosu. Jedná se p edev-ím o Jeffreyho Koperského,
Adama Mortona a Erica Winsberga. Dopln na je také kritika jejich p ístup u n kterých
autor (hlavn Peter Smith) a p edev-ím mé hodnocení postavení top-down a bottom-up
modelování v teorii chaosu.

Poslední pátá podkapitola je v nována protnutí hlavních výsledk první a druhé
kapitoly. Je zde zkoumán vztah Gierova model-based view of theories k pojetí model v teorii
chaosu. Cílem je p ekro it Kellertovo vyuffití Gierova semantic view of theories a raného
model-based view of theories a p edstavit spojení Gierova soudobého model-based view of
theories a teorie chaosu. Z tohoto spojení vychází obohacení obou stran. (1) Gierova koncepce
se zbaví závislosti na jednoduchých modelech a prokáfle svou aplikovatelnost na rozvinutou
moderní teorii; (2) Teorie chaosu, která dosp la do fáze zralosti, získá konceptuální základy.
Autor se zároveň snaflí obohatit Gierovu koncepci svým vlastním pojetím modelu, které
p edstavil v první kapitole. Aplikace Gierova pojetí na teorii chaosu je jedním z hlavních
vlastních p ínos tohoto textu.

Záv re ná kapitola zkoumá sou asné hranice modelování ve v d . P edev-ím
podmínky aplikovatelnosti model teorie chaosu p í reprezentaci reálných systém (stínové
lemma a podmínka hyperbolicity). Poukazuje také na oblasti teorie dynamických systém ,
které p edstavují je-t vy-í úrove prom ny pojmu modelu (a p edev-ím prediktivní síly
modelu), nefl je tomu u teorie chaosu. Je zde uvedeno n kolik zajímavých problém sou asné
teorie dynamických systém ó v astrofyzice (stabilita slune ní soustavy), neurov d
(chaotická dynamika neuronální síť lidského mozku) a okrajov téfl v ekonomii (pop .
biologii), které slouffí jako odrazový m stek k filosofickému zhodnocení ó návratu
k metatextu.

e skute nosti

Rosenberg se domnívá, že potíže, které se týkají významu, který je při uznávání skutečnosti při volbě teorie, dělívá filosofy do dvou skupin – na realisty a antirealisty. Některé z nich se dokonce vzdávají pojetí vedy jako hledání sjednocujících teorií. Předním problémem se tak díky tomu v dění filosofů vedy stává otázka povahy modelování ve vědě. Při empirických modelech jsou chápány jako konstrukce, které nahrazují kompletní porozumění, kterého v daném oboru nikdy dosáhnout. Pro Rosenberga (a nás také) je důležité pochopit, v čem leží jádro sporu mezi těmi filosofy vedy, kteří vědu chápou jako posloupnost užitých modelů, a těmi, kteří ji pojmají jako hledání pravdivých teorií.⁴¹

Určitě není překvapivé, že s pojmem model je spojováno velké množství významů, a kdybychom se postavili pouze v rámci filosofie vedy. Stejně tak je samozřejmé, že a kolik bychom mohli konstatovat, že ať pro kteroukoli filosofii vedy je pojem model klíčový, neznamená to, že by v tradici této disciplíny model nefiguroval. Postupná geneze zájmu o model se dělá na poli vymezování vědecké teorie. Úkolem této podkapitoly je proto provedení základního rozlišení použití modelů v rámci syntaktického i axiomatického pojetí teorií (syntactic or axiomatic views of theories) v tradici analytické filosofie vedy. A také uvedení základních kritik, které v 60. letech minulého století vedly k postupnému nástupu sémantického pojetí teorií (semantic view of theories). Souhrnně lze říci, že zatímco na počátku této cesty byla ústřední teorie (přede vším její logická struktura) a model byl svébytný pouze při jeho ztotožnění s analogií,⁴² tak na konci je situace naprosto opačná – teorie je chápána jako množina modelů.⁴³

1.1 Teorie

1.1.1 Syntactic view of theories (SYT)

Tradiční definice SYTu stanovuje, že: *Teorie jsou považovány za axiomatické systémy, v nichž se empirická zobrazení vysvětlují jejich odvozením z teoretických zákonů.*⁴⁴

Syntaktické nebo též axiomatické pojetí⁴⁵ teorie má své kořeny v analytické filosofii vedy.⁴⁶ Z jiného názvu, hypoteticko-deduktivní pojetí teorie (H-D account of theory), plyne jasná návaznost na zkoumání vědeckého vysvětlení (a s tím spojených otázek, které se

⁴¹ Srov. Rosenberg (2005, s. 70).

⁴² Srov. Achinstein (1964, s. 328-350).

⁴³ Srov. Rosenberg (2005, s. 97-109).

⁴⁴ *The claim that theories are axiomatic systems in which empirical generalizations are explained by derivation from theoretical laws.* Rosenberg (2005, s. 200).

⁴⁵ Rosenberg používá označení syntactic (resp. axiomatic) approach to theories, viz Rosenberg (2005, s. 76).

⁴⁶ Braithwaite (1953), Nagel (1961).

o zákona ad.).⁴⁷ Toto pojetí je p edev-ím spjato se
cké praxe (odhalení její skryté logiky), což hned na
za átku zm k uje vý-e uvedené tvrzení. Syntaktické pojetí není pozd ji vyst ídáno
sémantickým ó tyto p ístupy se vzájemn dopl ují.

SYT chápe teorii jako axiomatický systém a zkoumá p edev-ím logickou strukturu
tohoto systému. Teorie se skládá z malého po tu axiom (i postulát) ó propozic, které
nejsou v daném systému dokázány, ale jsou považovány za pravdivé, a z velkého množství
teorém , které jsou deduktivn odvozeny z axiom pomocí logických pravidel. Krom
axiom a teorém obsahuje axiomatický systém definice termín a s ohledem na kone ný
po et t chto definic také ur itý po et nedefinovaných (šprimitivních) termín .⁴⁸

Samoz ejm platí, že jedna množina logicky provázaných tvrzení m že být
organizována do více než jednoho axiomatického systému. Totéž tvrzení pak m že být
axiomelem v jednom systému, ale teorémem v jiném systému. To, který axiomatický systém je
vybrán jako logická struktura v decké teorii, ufl není záležitostí logiky.⁴⁹ Pro filosofa v dy a
zastávce SYTu je d ležitá vysv tilit souhru (spolupráci) postulát teorie. Nebo prohlá-ení, že
šlaws work together to explain, je p íli- vágní.⁵⁰ Nejist j-í e-ení v rámci SYTu se
odvolává na kauzální strukturu, která je pomocí zákon odkrývána.⁵¹ Kritika tohoto p ístupu
(založená na kritice pojmu kauzality) by byla nad rámec našeho zkoumání. P edesílám pouze,
že d raz na pojem v decký zákon, pro SYT klí ový, bude podroben kritice v Gierov model-
based view of theories (1.3.3).

1.1.2 Modely v SYTu a jejich kritika

Rosenberg poukazuje na dva hlavní problémy SYTu ve vztahu k v decké praxi. (1)
V axiomatickém pojetí teorií se nikde neobjevuje koncept modelu, který je p ítom pro
teoretickou v du naprosto nepostradatelný. (2) Problematická je i p edstava teorie jako
axiomatizované množiny v t formálního matematického jazyka, protože nem žeme chtít
identifikovat teorii s její axiomatizací v n jakém jazyce, dokonce ani v matematicky a logicky

⁴⁷ Hempel (1965).

⁴⁸ Rosenberg uvádí jako p íklad Euklidovu geometrii, kde nap . definice termín p ímka a kružnice poukazují na
nedefinované termíny bod a vzdálenost. Srov. Rosenberg (2005, s. 71). Tento zp sob vymezení axiomatického
systému Euklidovy geometrie je možn srovnat s Vop ňkovým p ístupem, viz Vop ňka (2007).

⁴⁹ Z logického hlediska je hodnocena konzistence a úplnost teorie. Srov. Rosenberg (2005, s. 71).

⁵⁰ Srov. tamtéž, s. 73.

⁵¹ *šThe fundamental, underived laws of theory work together by revealing the causal structure of underlying
processes that give rise to the laws which the theory systematizes and explains.* Rosenberg (2005, s. 73).

vímme, jak hodnotí první Rosenbergovo tvrzení

Marshall Spector⁵³ kritizuje především Carnapovu variantu SYTu, konkrétní odlišení observačních a teoretických termínů ve vztahu k sémantickým pravidlům teorie, a Braithwaitovo pojetí modelu. Právě Braithwaite ukazuje, že v rámci SYTu mají jak teorie, tak její model stejnou formální strukturu, nebo teorie i model jsou obě reprezentovány stejným kalkulem. Přesto mají ale teorie a model odlišné epistemologické struktury.⁵⁴

Braithwaite je možné vzít jako vzor používání pojmu model v SYTu. Obdobně jako Spector i Peter Achinstein⁵⁵ toto pojetí modelu kritizuje. Nelze tedy spolu s Rosenbergem tvrdit, že model nebyl v SYTu tematizován, jde spíše o to, že pojetí modelu používané v SYTu není adekvátní pro popis použití modelů ve vědecké praxi, při budování konkrétních teorií. Achinstein poukazuje na to, že autoři jako Braithwaite, Nagel ad. hájili filosofické přesvědčení, podle kterého je pojem vědeckého modelu nebo analogie chápán v jediném významu, přibližně tomu, který je mu dán v matematické logice.⁵⁶

Model je tak podle Achinsteina v SYTu obecně chápán jako logický model, který představuje jinou interpretaci kalkulu teorie: *š(i) model teorie T je jinou teorií M, která koresponduje s teorií T s ohledem na deduktivní strukturu (i) model je jinou interpretací kalkulu teorie.*⁵⁷ Podle Achinsteina z takto vymezeného pojetí vycházejí dvě důsledky, které jsou neslučitelné s použitím modelu ve vědě: (1) fyzikální podobnost není ani nutnou ani postačující podmínkou vědeckých modelů; (2) model není částí teorie. Achinstein tak v polovině 60. let poukazuje na potíže zkoumání dvou problémů: (a) zkoumání struktury modelu a jejího vztahu k teorii a (b) zkoumání role modelů při rozvoji teorií.⁵⁸

Také Spector pomohl odstranit konfuzi v Braithwaitově pojetí, ukázal, že pouze jedna ze tří Braithwaitem používaných skupin modelů je za modely uznávána samotnými vědci (konkrétně fyziky), ostatní buď modely vůbec nebyly, nebo byly analogiemi, případně

⁵² Srov. tamtéž, s. 97-98.

⁵³ Spector (1965, s. 121-142).

⁵⁴ V modelu totiž logicky důležitější premisy determinují význam termínů, které se vyskytují v reprezentaci v kalkulu závěrů. V teorii zase logicky podstatnější důsledky determinují význam teoretických termínů, které se vyskytují v reprezentaci v kalkulu premis. Srov. Braithwaite (1953, s. 90). Viz Spector (1965, s. 124).

⁵⁵ Achinstein (1964, s. 328-350).

⁵⁶ Srov. tamtéž, s. 329.

⁵⁷ *š(...) a model for a theory T is another theory M which corresponds to the theory T in respect of deductive structure (...) (the) model is another interpretation of the theory's calculus.* Braithwaite (1962, s. 225). Viz Achinstein (1964, s. 329).

⁵⁸ Srov. tamtéž, s. 329-330.

amotné teorie.⁵⁹ Achinsteinova kritika pouflití model
vedla k vyjasn ní rozdíl mezi strukturou model a
analogií, odli-ila formální a fyzikální analogie a jejich pouflití ad.⁶⁰ Proto v nujeme
Achinsteinovi samostatnou podkapitolu.

1.1.3 Achinsteinovo pojetí teoretického modelu

Po kritice postavení modelu v SYTu se Achinsteinovi poda ilo ur it základní znaky
teoretického modelu a zároveň jej vymezit v í analogii na jedné a teorii na druhé stran .
Teoretické modely lze popsat podle Achinsteina ty mi následujícími charakteristikami:

(1) *šTeoretický model se skládá z mnohliny p edpoklad o ur itém objektu nebo
systému.*⁶¹ Achinstein k tomu dodává, že je d leflité neztotofl ovat modely na jedné stran
s r znými diagramy, obrázky a fyzikálními konstrukcemi a na stran druhé s teoriemi (viz
dále).

(2) *šTeoretický model popisuje typ objektu nebo systému tím, že mu p isuzuje to, co
bychom mohli nazvat vnit ní strukturou, slofením nebo mechanismem, které vysv tluje r zné
vlastnosti, kterými se objekt nebo systém vyzna uje.*⁶²

(3) *šS teoretickým modelem je jednáno jako s aproximací uflite nou k ur itým
ú el m.*⁶³ Achinstein k tomuto d leflitému bodu dodává, že skute nost pouflívání model
k reprezentaci struktury systému za ur itým ú elem vysv tluje, pro se asto pouflívají
alternativní modely.⁶⁴ Zatímco takto m fleme konstruovat r zné modely za r znými ú ely,

⁵⁹ Srov. Spector (1965, s. 126-131). Na dopln ní podotýkám, že Spectorovo zkoumání model m lo sv j hlavní
cíl ve vyjasn ní popisu teoretických objekt .

⁶⁰ Odli-ení modelu a analogie: *š(í) šmodel of an xō to refer to a set of assumptions or postulates describing
certain physical objects, or phenomena, of type x.ō [í] ší an analogy is drawn between certain objects or
phenomena described in a model (a model of an x), or theory, and other objects or phenomena which may be
more familiar.* Achinstein (1964, s. 330 a 332).

⁶¹ *šA theoretical model consists of a set of assumptions about some object or system.* Achinstein (1965, s. 103).
Achinstein dále uvádí: *šFor example, the billiard ball model of gases is that set of assumptions according to
which the molecules comprising a gas exert no forces on each other except at impact, travel in straight lines
except at instant of collison, are small in size compared to the average intermolecular distance, etc.* Tamtéfl,
s. 103.

⁶² *šA theoretical model describes a type of object or system by attributing to it what might be called an inner
structure, composition, or mechanism, reference to which will explain various properties exhibited by that object
or system.* Tamtéfl, s. 103. A dále: *šThe billiard ball model ascribes a molecular structure to gases in such a
way as to enable the derivation of principles relating pressure, volume, temperature, entropy, etc., of gases.* Tamtéfl,
s. 103.

⁶³ *šA theoretical model is treated as an approximation useful for certain purposes.* Tamtéfl, s. 104. A dále
dopl uje: *šOne who formulates such a model will reason as follows: It is useful to represent xø as having such
and such a structure, for then various known principles can be derived, moreover, the actual structure that xø
have is something like this, though quite possibly more complex (or in many cases actually known to be more
complex).* Tamtéfl, s. 104.

⁶⁴ Srov. tamtéfl, s 105. *š(í) different representations may be employed for different purposes, for example, the
billiard ball model for deriving the perfect gas law, the weakly-attracting rigid-sphere model for deriving the*

teorie, naopak to samozřejmě neplatí, a to je pro teorie a modelu. Zároveň to také vysvětluje případy, kdy se mnohdy principy používané jako teorie za sebou nazývají modely.⁶⁵

(4) *Teoretický model je často formulován, rozvíjen a dokonce pojmenován na základě analogie mezi objektem nebo systémem popisovaným v modelu a nějakým odlišným objektem nebo systémem.*⁶⁶ To ale vyřazuje odlišnosti modelu a analogie, nebo analogie je pouze prostředek, který slouží k vybudování modelu.⁶⁷

Když bychom se podívali na Achinsteinovy zjevné příklady, patřící také to, že rozdíl mezi modelem a teorií není dán funkcí, nebo tím, že může být stejná (např. vysvětlení, predikce atd.). Rozdíl je dán tím, jak této funkci modely a teorie (rozdílně) slouží. Vysvětlení založená na teorii jsou podle Achinsteina hlubší, protože se vyvíjí model, protože není teorie k dispozici nebo by byla příliš aplikace teorie příliš složitá.⁶⁸

Později⁶⁹ Achinstein doplnil ještě jednu charakteristiku modelů: (5) *Model je navržen v rámci nějaké jednodušší teorie nebo teorií*⁷⁰ Právě rozboru této charakteristiky vnuje velké úsilí Michael Redhead. Achinsteinovo tvrzení o tom, že některé dřívější teorie mají dnes status modelu doplňuje tvrzením, že existují i opačné případy, kdy byl úspěšný model povýšen na teorii.⁷¹

Achinsteinovo pojetí nám ukazuje, jakou emancipací v polovině 60. let prošly modely ve filosofii vědy. Ukazuje, jak se z logického modelu jako pouhé interpretace kalkulu teorie stal teoretický model jako samostatný nástroj, který umožňuje vztahovat teorie ke zkoumaným systémům. Znovu podotýkám, že nejde o správnější pojetí modelu. Spíše dochází k vztahování uvolnění oblasti zkoumání filosofie vědy, která chce například zkoumat konkrétní v deskriptivní praxi dané disciplíny (především fyziky). Racionální rekonstrukce v deskriptivní praxi je doplněna reflexí této praxe samotné.

Van der Waals equation, the model representing molecules as point centres of inverse power repulsion for facilitating more realistic transport calculations. Tamtéž, s. 105.

⁶⁵ Srov. tamtéž, s. 105.

⁶⁶ *A theoretical model is often formulated, developed, and even named on the basis of analogy between the object or system described in the model and some different object or system.* Tamtéž, s. 105. A dále: *This involves a comparison in which properties and principles similar in certain respects are noted. The Bohr model postulates orbiting electrons on the analogy with a planetary system.* Tamtéž, s. 105.

⁶⁷ *The billiard ball model consists of those propositions asserting that gases are composed of tiny elastic spheres, etc. The analogy is drawn between gases so described and perfectly elastic billiard balls.* Tamtéž, s. 106.

⁶⁸ Srov. tamtéž, s. 106-107.

⁶⁹ Achinstein (1968). Viz Redhead (1980).

⁷⁰ *The model is proposed in the framework of some more basic theory or theories.* Redhead (1980, s. 146).

⁷¹ Srov. tamtéž, s. 147. *An example (if any) might be the quark model of the hadrons which has gradually acquired the current status of the quark theory.* Tamtéž, s. 147.

p nez stal bez kaz . Achinsteinovo tvrzení, že n které
ázány do role pouhých model ,⁷² jakkoli odpovídá
v decké praxi, představuje pro jeho pojetí problém. Jak pak jednozna n odli-it teorii a
model, což je Achinstein v cíl? Problém by mohl být vy e-en poukazem na míru obecnosti (i
hloubky), rostoucí sm rem od modelu k teoriím, což by bylo i v souladu s Achinsteinovým
poukazem na v t-í šhloubkuõ teorií.⁷³ Ale má pak smysl zachovávat jasnou d lící áru mezi
modely a teoriemi? Sémantické pojetí teorií si s tímto problémem poradí, nebo pro n bude
teorie mnohlinou model . Toto zavr-ení nám umohl uje vid t Achinsteina⁷⁴ jako mezistupe
syntaktického a sémantického pojetí teorií.

1.2 Model

Jako východisko si p ipome me Rosenbergovu výtku SYTu (1.1.2), že nem feme
chtít identifikovat teorii s její axiomatizací v n jakém partikulárním jazyce, dokonce ani
v perfektním, matematickém, logicky ístém jazyce. A jestliffe to nelze u init, pak se dostává
axiomatické pojetí do potíffí. Podle zastánc semantic view of theories je e-ením vzniklého
problému zm na východiska, od zkoumání formální struktury teorií p ejít ke zkoumání
model , které v dci vytvá ejí pro popis konkrétních jev .⁷⁵

Mezi hlavní postavy, které v 70. letech sm ovaly zkoumání v deckých teorií práv
tímto sm rem, pat il p edev-ím Frederick Suppe a Patrick Suppes.⁷⁶ Jak podotýká Newton da
Costa a Steven French, Suppe i Suppes odmítali SYT vzhledem k tomu, že v n m docházelo k
identifikaci teorie s její jazykovou formulací. Namísto toho teorie pojímají jako
mimojazykové entity, které mohou být popsány, ale nikoliv identifikovány s jejich
jazykovými formulacemi.⁷⁷

⁷² *§ This helps to explain why certain sets of principles first called theories may later be called models. Originally proposed as reflecting the actual structure of the items in question (e.g. atoms, metals), they are now recognised as approximations, still useful for certain purposes. Such conceptions may of course continue to be referred to as theories, thereby reflecting the historical fact that they once were proposed as theories and not simply as models.õ Achinstein (1965, s. 105).*

⁷³ *§ Explanation and systematisation via a theory is often said to be 'deeper' and to provide more insight, thus reflecting the belief that the principles constituting the theory are more accurate than those of the model and take into account more of the known quantities.õ Tamtéfl, s. 106.*

⁷⁴ Ale i dal-í: Spector (1965), Swanson (1967), Carloye (1971).

⁷⁵ Srov. Rosenberg (2005, s. 98).

⁷⁶ Suppes (1972), Suppe (1977).

⁷⁷ Srov. Da Costa, French. (2000, s. S118).

SET)

anovuje, že: *Teorie jsou pojímány nikoliv jako axiomatické systémy, ale jako množiny modelů, tj. definicí relativně jednoduchých systémů s větší či menší aplikovatelností na sv. t. Sémantické pojetí je neutrální v tom ohledu, zda modely, které konstituují teorii, reflektují určitý skrytý mechanismus, který vysvětluje jejich aplikovatelnost.*⁷⁸

Definice jednoduchých systémů nazýváme modely z toho důvodu, že se (1) hodí k popisu nějakého reálného systému, (2) jsou záměrnými zjednodušeními, která zanedbávají kauzální proměnné, které nemají pro konstrukci modelu velký význam, a (3) i když víme, že reálnému systému ve skutečnosti neodpovídají zdaleka ve všech ohledech, přesto je používáme jako užitečné výpočetní prostředky. Model je z definice pravdivý, i když pokud zkoumáme model, pak zkoumáme stupeň jeho aplikovatelnosti pro vědecké účely, i když pro vysvětlení a predikci.⁷⁹

Vhodným příkladem máme vzít z oblasti klasické mechaniky. Tato teorie je podle Rosenberga vyjádřitelná pomocí alternativních modelů. Tak máme tzv. Newtonovy zákony (tj. pohybové a jeden gravitační) užití součástí definice Newtonova modelu. Tento model se osvědčuje například v předpovědích, které se týkají systému sluneční soustavy. Alternativní model klasické mechaniky přináší podle Rosenberga například Richard Feynman. Rosenberg dokonce hovoří o možnosti pojímat vývoj fyzikálních teorií jako posloupnost modelů. Tvrdí, že pokrok mechaniky od Galilea a Keplera k Newtonovi a Einsteinovi je záležitostí posloupnosti modelů. Přímě každým z modelů v této posloupnosti je vždy aplikovatelný na určitou oblast jevu a/nebo je více přesný v predikci chování těchto jevů.⁸⁰

SYT je v rozporu se SETem podle Rosenberga z následujících důvodů: (1) SYT vyžaduje, aby byla empirická zobecnění odvozována z axiomů prostřednictvím logických pravidel, která vyjadřují syntax jazyka, v němž je teorie vyjádřena, (2) odvozování se týká pouze formální syntaktické úrovně a nikoliv významu jednotlivých termínů. Pro SET je model definicí jednoduchého systému, který je použitelný při popisu reálného systému.

⁷⁸ *The claim that theories are not axiomatic systems but are sets of models, that is definitions of relatively simple systems with greater or lesser applicability to the world. The semantic approach is neutral on whether the models that constitute a theory reflect some underlying mechanism that explains their applicability.* Rosenberg (2005, s. 200).

⁷⁹ Srov. tamtéž, s. 99.

⁸⁰ Tamtéž, s. 98-99.

v konkrétním jazyce, jsou abstraktními propozicemi, yce.⁸¹

Jednou z hlavních výhod SETu je podle Rosenberga možnost zdraznit roli modelů ve vztahu s sebou, který je neslučitelný se SYTem. Axiomatické pojetí se totiž nemůže smířit s tím, že by modely mohly být chápány jako ve většině případů nepravdivé, ale přitom uflitečné idealizace. To by totiž implikovalo, že některé z axiomů musí být nepravdivé. Další výhodou se ukáže ve chvíli, kdy si uvědomíme, že často nastávají situace, kdy v ději je třeba nemají k dispozici vhodnou axiomatizaci, aby mohli formulovat v deské zákony, a jsou si v domění, že by unáhlená axiomatizace mohla zabrzdit rozvoj nápadů, které je třeba nejsou úplně zformulovány.⁸² Jako příklad uvádí Rosenberg evoluční teorii v biologii.

Pro naše další účely je vhodné připomenout, že této výhody SETu se dovolává Stephen Kellert v souvislosti s teorií chaosu, když říká, že tato teorie není fládný ze základních fyzikálních zákonů, ale ve shodě se sémantickým pojetím pojímá modely jako ústřední část v ději.⁸³ V souvislosti s model-based view of theories Ronalda Giera na tuto vlastnost teorie chaosu navážeme.

Domnívám se, že dvě zmíněné výhody SETu jsou oproti jiným od metafyzických preferencí. Lze spolu s Rosenbergem souhlasit, že sémantické pojetí teorií více podléhá instrumentalistické filosofii v ději než syntaktické pojetí,⁸⁴ nicméně ani SET ani SYT nejsou primárně vázány na nějakou metafyzickou doktrínu. Domnívám se, že SYT může být (a v rámci analytické filosofie v ději také byl) rozvíjen bez toho, že by jeho zastánce vyznával realismus ve vztahu k fyzikálním zákonům.

1.2.2 SET a v deský zákon

Pojem v deského zákona se do kal v souvislosti se SETem kritiky. Především v koncepcích Nancy Cartwrightové,⁸⁵ ale také například u Sandry Mitchellové⁸⁶ nebo Base van Fraassena.⁸⁷ Vzhledem k důležitosti této kritiky v model-based view of theories Ronalda

⁸¹ *They will be (abstract) propositions expressible in any language, to the effect that the world or some part of it satisfies to some degree or other one or more models, expressed indifferently in any language convenient for doing so.* Tamtéž, s. 100.

⁸² Srov. tamtéž, s. 100-101.

⁸³ Srov. Kellert (1993, s. 117).

⁸⁴ Srov. Rosenberg (2005, s. 102).

⁸⁵ Cartwright (1983).

⁸⁶ Mitchell (2000).

⁸⁷ Fraassen (1980), Fraassen (1989).

omologický rozbor teorie chaosu Stephena Kellerta, je
ní prvky této kritiky.

Pomineme-li otázky týkající se formy výrok , které vyjad ují v decký i p írodní zákon,⁸⁹ a otázky, týkající se povahy závislosti zákonem vyjád ené, z stanou dv podstatné oblasti otázek: (1) ontologický status v deckého zákona a (2) postavení zákona ve struktu e v deckého systému. Dá se íci, že SET primárn e-í otázky (2), aby se prost ednictvím toho dobral e-ení otázek (1).⁹⁰

Nancy Cartwrightová úto í na výsadní postavení fundamentálních zákon :
*šDlouhá tradice odli-ovala fundamentální a fenomenologické zákony a p ítom up ednost ovala fundamentální. Fundamentální zákony jsou pravdivé samy o sob , fenomenologické jsou platné jen vzhledem k fundamentálním. Toto pojetí vyjad uje extrémní realismus ve vztahu k fundamentálním zákon m základních explana ních teorií. Nejen že jsou pravdivé (nebo by byly, pokud bychom m li ty správné), ale jsou více pravdivé než fenomenologické zákony, které vysv tlují.õ*⁹¹ Tento p ístup je podle Cartwrightové charakteristický pro zastánce realismu, kte í se domnívají, že rigorózní e-ení p esných rovnic umožní reprodukovat správné fenomenologické zákony bez nejednoznaností. Ale d vodem pro takové p esv d ení podle Cartwrightové není v decká praxe, ale realistická metafyzika, kterou hodlá zm nit.⁹² Cartwrightová ukazuje, že b fná praxe idealizace a aproximace je v rozporu s takovým postavením zákon .

Laymon hovo í o dvou hlavních strategických útocích Cartwrightové na realismus. Podle Cartwrightové totiž: (1) aproximace mohou vylep-ovat zákony, (2) aproximace nemusí být zcela ur ovány fakty. V prvním p ípad Cartwrightová tvrdí, že praktické aproximace obvykle zdokonalují p esnost fundamentálních zákon . Obecn platí, že pozmn né výsledky jsou p esn-j-í než rigorózní výsledky, které jsou implikovány p ímo fundamentálními zákony.⁹³ K druhému bodu Cartwrightová podotýká, že výbě r aproximací je omezen, ale nikoliv diktován fakty (po áte ními a okrajovými podmínkami). Odli-ná volba aproximace

⁸⁸ Giere (1999).

⁸⁹ Srov. Mitchell (2000, s. 242-265).

⁹⁰ K otázkám univerzality v deckého zákona, viz Earman (1978, s. 173-181).

⁹¹ *šA long tradition distinguishes fundamental from phenomenological laws, and favors the fundamental. Fundamental laws are true in themselves; phenomenological laws hold only on account of more fundamental ones. This view embodies an extreme realism about the fundamental laws of basic explanatory theories. Not only are they true (or would be if we had the right ones), but they are, in a sense, more true than the phenomenological laws that they explain.õ* Cartwright (1983, s. 100). Viz Laymon (1989, s. 353).

⁹² Srov. Cartwright (1983, s. 126-127). Viz Laymon (1989, s. 355).

⁹³ Srov. tamtéfl, s. 106. Viz tamtéfl, s. 356.

edku.⁹⁴ Laymon se pokouší budovat obranu realismu a uznává, že jeho postupy je ještě podoba dotvořit.⁹⁵

Jestliže jsem na počátku této podkapitoly hovořil o kritice pojmu zákon v souvislosti s Kellertovým rozbořením teorie chaosu, je korektní uvést, že například Alexander Rueger a David Sharp naopak vidí v teorii chaosu (nelineární dynamice NLD) doklad neoprávněnosti postoje Cartwrightové.⁹⁶ Domnívám se, že interpretace teorie chaosu, kterou tito autoři nabízejí, je vlastně alternativním výkladem bottom-up modelování, v následující kapitole jejich přístup začadím do dalších souvislostí.

V úvodu jsem poukazoval na význam Cartwrightové v polemice, která se týká vztahu jednotlivých oblastí fyziky. Nyní máme vidět, jak je její pluralistické dělení (dappled world) spojeno s kritikou postavení fundamentálních zákonů ve fyzice. Na doplnění souvislostí ještě dodejme, že Bas van Fraassen se na před SETu přihlásil ke konstruktivnímu empirismu (constructive empiricism), podle něhož o přijetí nebo odmítnutí teorie rozhoduje pouze její heuristická hodnota při systematizaci pozorování. Teorii tak nemáme nikdy prohlásit za pravdivou, ale vždy pouze za empiricky adekvátní.⁹⁷

Pokud se vrátíme k výše uvedenému tvrzení o přístupu zastánců SETu k dělení postavení zákonů ve struktuře vdeckého systému a v návaznosti na tom k rozhodnutí o jejich ontologickém statusu, dovoluji si vyslovit obecný závěr, že zákon ztrácí v SETu svou explanační důležitost. Otázka ontologického statusu zákona je dělena různě, například u Cartwrightové ústí do antirealismu a pluralismu.

Zkoumání vztahu tří hlavních představitelů SETu (respektive model-based view of theories) – van Fraassena, Cartwrightové a Giera – k pojmu vdecký zákon by bylo možné v novat samostatnou práci. Domnívám se ale, že tento směr bádání není až tak podstatný. Myslím si, že různé pozice, jež jsou s danými autory spojovány (v případě Giera jde o konstruktivní realismus, budovaný v polemice s van Fraassenem),⁹⁸ tvoří jen popularizační slupku jejich zásadních rozborů vdeckých modelů. Zatímco tyto rozborů je možné podrobit konfrontaci s vdeckou praxí (například právě teorií chaosu), zmíněné pozice jsou spíše

⁹⁴ Srov. tamtéž, s. 107. Viz tamtéž, s. 366.

⁹⁵ Srov. Laymon (1989, s. 370-372).

⁹⁶ *šThe significance of NLD [í] lies in the fact that, contrary to quantum mechanics or general relativity, NLD is presumably just a part of classical mechanics. And classical mechanics has been used, from Duhem to Cartwright, as a test ground for many of the arguments against the truth of laws of physics.š* Rueger, Sharp (1996, s. 94). A dále: *šWe will argue that theories in NLD can be phenomenological on the one hand (í) and abstract and explanatory on the other. Thus these abstract, explanatory theories are candidates for true claims about nature.š* Tamtéž, s. 99.

⁹⁷ Srov. Curd, Cover (1998, s. 1064-1087).

⁹⁸ Srov. Giere (1999, s. 174-199).

ne mohou být úplně jiné při použití v debatě s autory, kteří

Sandra Mitchellová vnáší do polemiky nad pojmem v deckého zákona další rozměr, když opouští tradiční pole fyziky a snaží se hájit existenci v deckých zákonech v biologii. Navrhuje nahradit tradiční normativní strategii vymezení v deckého zákona strategii pragmatickou. *„Normativistický zákon je univerzální, bezpodmínečný, nutný, a proto použitelný kdekoli a v jakémkoliv případě.“*¹⁰⁰ Nicméně ve skutečné v decké praxi toto nalezeme například v podobě modelů, vysvětlení a teorií, které představují nástroje pro zasahování do našeho světa.¹⁰¹

Mitchellová navrhuje zalozit pragmatické pojetí zákona na poměrování stupně naplnění různých charakteristik, které máme s pojmem zákona spojovat v daných podmínkách. Tvrdí, že toto pragmatické pojetí vyžaduje multidimenzionální rámec, ve kterém se promítnou různé podmínky aplikovatelnosti v deckých generalizacích.¹⁰² Tímto rámcem je podle Mitchellové multi-dimenzionální konceptuální prostor, v němž mají nejdelší dimenze tvořit: stabilita, síla a stupeň abstrakce daného zákona.¹⁰³

1.2.3 SET a izomorfismus

V běžných diskuzích o vztahu modelu a reálného systému, který je modelem reprezentován, se často používá pojem izomorfismus. Na popularitu tohoto pojmu mají bezesporu vliv texty Douglase Hofstadtera. Například máme: *„Izomorfie je formalizovaná a striktní analogie o taková, v níž byla síla paralelismu mezi oběma situacemi vysvětlena explicitně a přesně.“*¹⁰⁴

Už v souvislosti s emancipací modelu, v návaznosti na zkoumání Achinstein, poukazyval J.W. Swanson¹⁰⁵ na problém povahy izomorfismu mezi teorií a modelem v tradičním SYTu. Swanson se domnívá, že má-li být pojetí modelu ve vdecké netriviální, pak se musí vymanit ze zajetí symetrického izomorfismu. Swanson tvrdí, že ani Achinstein,

⁹⁹ K sociálnímu rozměru vzniku teorie chaosu, viz Kellert (1993, s. 119-158). Gierova polemika se sociologií v díle, viz Giere (1999, s. 30-55).

¹⁰⁰ *„The normativist law is universal, exceptionless, and necessary, and hence is guaranteed to apply everywhere and for all time.“* Mitchell (2000, s. 249). Pro srovnání, viz Earman (1978, s. 173).

¹⁰¹ Srov. Mitchell (2000, s. 249).

¹⁰² Srov. tamtéž, s. 259.

¹⁰³ Srov. tamtéž, s. 259-261.

¹⁰⁴ *„An isomorphic is just a formalized and strict analogy o one in which the network of parallelisms between two situations has been spelled out explicitly and precisely.“* Hofstadter (2007, s. 150).

¹⁰⁵ Swanson (1967, s. 297- 311).

shoduje v kritice tradičního používání modelů, se-
lem a teorií jako vztahu symetrického izomorfismu
(symmetrical isomorphism): δ (í) if A is isomorphic to B , then B is isomorphic to A .¹⁰⁶
Přitom je podle Swansona zřejmé, že ve vztahu mezi modelem a teorií asymetrický.

Swanson uvádí příklad dvou izomorfních teorií, klasickou teorií planetárního pohybu (klasická mechanika sluneční soustavy) a Bohrovy-Rutherfordovy teorii atomu (dnes známou jako Bohrův model atomu). Zde byla teorie planetárního pohybu použita k tvorbě Bohrovy-Rutherfordovy teorie, a to tak, že jí byla připsána struktura dřívější teorie. Přenesení starší struktury se osvědčilo a v kombinaci s určitými požadovanými podmínkami vedlo ke konfirmovatelným závěrům. Podle Swansona by bylo ovšem neuvěřitelné, kdybychom předpokládali, že struktura předvodní nové teorie je stejně bohatá. Při plné axiomatizaci teorií by se ukázalo, že předvodní teorie má rozsáhlejší strukturu nežli teorie nová. Proto Swanson symetrický izomorfismus nahrazuje izomorfismem asymetrickým.¹⁰⁷

Používání izomorfismu pro vyjádření vztahu mezi modelem a reálným systémem je také u zastánců SETu i u jeho hlavního představitele Bas van Fraassena.¹⁰⁸ V rámci SETu se však jedná o izomorfismus modelu a reálného systému. Domnívám se, že použití izomorfismu se zde stává spíše metaforickým a pokud je domněno, pak vyplývá, že jeho sledné aplikování znemožňuje vztahovat variabilitu vztahu model a reálného systému. Podporou pro toto měření je zkoumání Stevena French, Otavia Buena a Jamese Ladymana, kteří hodnotí van Fraassenovo použití izomorfismu.¹⁰⁹

Autoři podotýkají, že u van Fraassena je důležitost izomorfismu vyjádřena v požadavku, aby podmínkou empirické adekvátnosti v deské teorii bylo to, že musí obsahovat takový teoretický model, aby všechny pozorované jevy (struktury popsané v záznamech experimentů) byly izomorfní s empirickými substrukturami tohoto modelu.¹¹⁰ Toto vymezení je ale podle nich možné kritizovat jednak jako příliš široké, jednak jako příliš restriktivní.

Průlišná širokost je dána tím, že mezi dvěma strukturami je možné najít velké množství vhodných izomorfismů. Proto kromě formálního požadavku vyjádřeného výše přibudeme pragmatické zvažování, které z těchto izomorfismů jsou zajímavé a vhodné. Van Fraassenovo vymezení izomorfismu může být naopak videno jako příliš restriktivní, nebo

¹⁰⁶ Tamtéž, s. 300.

¹⁰⁷ Srov. tamtéž, s. 303-304.

¹⁰⁸ Fraassen (1989).

¹⁰⁹ Bueno, French, Ladyman (2002, s. 497-518).

¹¹⁰ Srov. tamtéž, s. 500.

ly v decké teorie p ijaty jako empiricky adekvátní, ani jevy a empirickými substrukturami nebyl nalezen izomorfismus.¹¹¹ Tato výtká je také základem kritiky izomorfismu u Mauricia Suáreze.¹¹²

Auto i ale poufítí pojmu izomorfismus brání a na základ toho jeho poufítí pro ú ely SETu zp es ují. Hovo í nejprve o parciálním izomorfismu (partial isomorphism) a následn také o parciálním homomorfismu (partial homomorphism).¹¹³

Nebudu se zde zabývat analýzou tohoto pojetí izomorfismu. Pro mou dal-í práci je podstatné poukázat na -t pení SETu, které nastalo v souvislosti s reflexí problém izomorfismu mezi modely a reálnými systémy. Na jedné stran jsou auto i soust ed ní kolem Stevena Frenche,¹¹⁴ kte í hájí ur ité varianty izomorfismu jako relevantní pro vyjád ení vztahu reprezentace reálného systému pomocí modelu.¹¹⁵ Na stran druhé je p edev-ím Ronald Giere, který odmítá vyuffívát izomorfismus a nahrazuje jej podobností (similarity), nebo vztah izomorfismu pokládá za p íli-omezující. *š Izomorfismus je p íli-silný. Stejné úvahy, které ukazují p ísnou nepravdivost p edpokládaných univerzálních zákon , potvrzují obecné selhání kompletního izomorfismu mezi v deckými modely a systémy reálného sv ta. Rad ji lze tvrdit, že modely musí být pouze podobné partikulárním systém m reálného sv ta, a to ve specifických ohledech a s omezenými stupni p esnosti.š*¹¹⁶ Kritika Mauricia Suáreze se v-ak nevyhýbá ani Gierovi.¹¹⁷

1.2.4 Kritika SETu

P ed tím, neřl se zam íme na model-based view of theories Ronalda Giera, je vhodné p ipomenout n které kritiky, které se soust e ují na SET. Alex Rosenberg uvádí následující t i: (1) Realista pokládá za pot ebné vysv tlit úsp ch a rostoucí p esnost poufíváných model .¹¹⁸ (2) Ani SET se nakonec nezaví pojmu pravdy. (3) SET stejn jako SYT trpí problémem vymezení teoretických termín . Tyto argumenty zde pouze stru n rozvedu, v dal-í podkapitole (1.3) jsou uvedeny zp soby, jak se s nimi vypo ádává Giere a

¹¹¹ Srov. tamtéř, s. 501.

¹¹² Suárez (1999). Viz Bueno, French, Ladyman (2002, s. 518).

¹¹³ Dokládají poufítelnost tohoto pojetí p i aplikaci v Londonov analýze supratekutosti helia v Bose-Einsteinov statistice. Srov. Bueno, French, Ladyman (2002, s. 506-517).

¹¹⁴ Skupinu tvo í dále: Otavio Bueno, James Ladyman, Newton da Costa ad.

¹¹⁵ P ipome me nov j-í argumentaci, viz French (2003, s. 1472-1483).

¹¹⁶ *š But isomorphism is too strong. The same considerations that show the strict falsity of presumed universal laws argue for the general failure of complete isomorphism between scientific models and real-world systems. Rather, models need only be similar to particular real-world systems in specified respects and to limited degrees of accuracy.š* Giere (1999, s. 92).

¹¹⁷ Suárez (2003, s. 225-244). Viz Giere (2006, s. 144).

¹¹⁸ Podotýkám, že Rosenbergova pozice je zatíflena vztahováním SYTu k v deckému realismu a SETu k v deckému instrumentalistu, což se v této výtce projevuje. Viz Rosenberg (2005, s. 108).

uji p i tvorb vlastní varianty model-based view of
ost SYTu a SETu aplikací na teorie p irozeného

výb ru.¹¹⁹

K prvnímu bodu Rosenberg dodává, ve shod se SYTem, že tímto vysvětlením je v dekový zákon, který vyjaduje kauzální souvislosti v poznávaných procesech. A koliv bychom se mohli v n kterých disciplínách obejít bez znalosti takovýchto zákon a spolehnout se na úspěšnost model,¹²⁰ ve v t-in disciplín to není možné. Realisté se nenechají přesvědčit, aby bagatelizovali zákony, které jim slouží k vysvětlení úspěšnosti model ve fyzice a chemii.¹²¹

Druhý bod je pro Rosenberga nejdůležitější. Pro SET je podstatné, aby množina model, které společně sdílejí určité znaky, vyhovovala určitému reálnému systému. Teorie je tvořena množinou definicí, které konstituují modely, a závazkem, aby existovaly objekty, v nichž se tyto definice realizují, které tímto definicím vyhovují, a to do té míry, že nám umožní předpovídat s určitou přesností jejich chování.¹²² Aplikovat model na reálný proces tak podle Rosenberga *ipso facto* znamená uznat pravdivost tohoto závazku. *šA tak je nakonec sémantické pojetí stejn jako pojetí axiomatické spjato s pravdivostí určitých obecných požadavků, které samy volají po vysvětlení.*¹²³ Tak má SET podle Rosenberga stejn jako SYT povinnost vysvětlovat, pro jsou teorie pravdivé nebo aproximativně pravdivé nebo alespo postupně se blíající pravdy.¹²⁴

Tetí námitka také směřuje k tradičnímu problému filosofie vědy, kterým jsou teoretické termíny. Jak Rosenberg správně připomíná, obtíž spoívá v tom, že jsou tyto termíny nutné, ale zároveň nepoznatelné. Nepoznatelné ve smyslu nepozorovatelnosti (což je základní empirické kritérium) a nutné, nebo by bez nich teorie nebyla schopna vysvětlovat.¹²⁵ Pro modely ale platí podle Rosenberga stejná obtíž, protože mnohé v dekové modely jsou definicemi nepozorovatelných teoretických systém, takových jako Bohr v model atomu. Proto se setkává sémantické pojetí teorií se stejným problémem smíření empirismu s nenahraditelností teoretických termín.¹²⁶

¹¹⁹ Tamtéž, s. 103-107.

¹²⁰ V této souvislosti má na mysli především evoluční biologii, viz tamtéž, s. 102.

¹²¹ Srov. tamtéž, s. 102.

¹²² Srov. tamtéž, s. 102.

¹²³ *šThus, in the end, like axiomatic account, the semantic approach is committed to the truth of some general claims which themselves cry out for explanation.* Tamtéž, s. 107.

¹²⁴ Srov. tamtéž, s. 102.

¹²⁵ Srov. tamtéž, s. 84.

¹²⁶ Srov. tamtéž, s. 102.

ne narazili na kritiku pojmů podobnosti a izomorfismu definicí Suárez. Na Suárezovu kritiku navazuje také Eric Winsberg, který zkoumá modelování v praktickém ohledu, a především v podobě (počítačové) simulace¹²⁷ nelineárních dynamických dějů. Winsberg odmítá SYT i SET z toho důvodu, že ani jeden z těchto přístupů nereflktuje skutečné používání modelů ve vědecké praxi. Samotné Winsbergovo pojetí modelování (odlišení eliminativního a kreativního ad hoc modelování) zhodnotíme v souvislosti s kontrastem top-down a bottom-up modelování v teorii chaosu ve druhé kapitole naší práce.

Nyní je třeba pouze zdůraznit, že model má podle Winsberga sloužit jako mediátor mezi teorií a daty. Mediující modely tvoří most mezi teorií a světem. Umožňují aplikaci teorie na situace reálného světa, které okamžitě nespadají do rámce, v němž je samotná teorie dokáže vysvětlit.¹²⁸ Tomuto úkolu ale SET nemůže dostát, protože, jak píše Suárez: *š V sémantické koncepci teorií se distinkce mezi teorií a modelem hroutí, nebo podle sémantického pojetí jsou teorie totožné s modely, a nejsou ničím jiným než kolekcí modelů (í).¹²⁹* Mediující modely nejsou pouhými instanciacemi našich teoretických struktur, a koliv jsou pozstatky určité podoby výpočtu, jsou to bohaté fyzikální konstrukty, které vytvářejí spojení mezi teoriemi a světem.¹³⁰

Winsberg poukazuje na to, že se musíme ve filosofii vědy soustředit na konkrétní modely a snažit se porozumět tomu, jak jsou tyto modely vytvořeny, jak umožňují reprezentovat reálný proces a odkud se bere jejich spolehlivost. Stejně tak ale potřebujeme rozhodnout, jak můžeme hrát teorii ústřední roli při konstrukci a schvalování modelů, bez toho, abychom ztratili u pojetí, v němž jsou modely pouze podřízeny teorii.¹³¹ Domnívám se, že oba tyto póly bádání jsou zohledněny v Gierovém pojetí teorie a modelu, a to dokonce v duchu Winsbergova vlastního bádání.

Závěrem uvádím dvě koncepce modelu, které v určitém smyslu polemizují se SETem, ale jejich vlastní přínos spočívá v otvírání nových cest uvažování o modelech, které dle mého mínění vybočují z rámce, který v této práci používám. Jedná se o komputační

¹²⁷ Winsberg (2001, s. S442-S454).

¹²⁸ Srov. tamtéž, s. S451.

¹²⁹ *„[In the] semantic conception of theories ... the distinction between theory and model collapses as, according to the semantic view, theories are models or they are really nothing but collections of models (...).“* Suárez (1999, s. 172). Viz Winsberg (2001, s. S451).

¹³⁰ Srov. tamtéž, s. S452.

¹³¹ Srov. tamtéž, s. S453.

Humphreys představuje určitou renesanci SYTu, když tvrdí, že důležitost syntaxe pro aplikace a především pro výpočetní zvládnutelnost je tím, co sémantické pojetí není schopno, přes všechny své přednosti, zvládnout. A to z toho důvodu, že jedním z hlavních požadavků sémantického pojetí je abstrahovat od detailů syntaktických reprezentací a identifikovat teorie se základní abstraktní strukturou.¹³⁴ V úvodu jsem poukázal na problém, který pramení z přechodu z matematického formalismu (skrytého v hlavním Humphreysově pojmu komputačního templátu). Nyní bych jen na jeho obranu dodal, že komputační modelování by snad mělo být schopné uniknout tomuto riziku, nebo se Humphreys domnívá, že syntakticky izomorfní templáty s odlišnými interpretacemi nejsou reinterpretacemi stejného modelu, ale naprosto odlišnými komputačními modely.¹³⁵

Knuuttila a Voutilainen se domnívají, že jak SYT tak i SET zůstaly pouze u problému vymezení modelu jako abstraktní teoretické entity a nezkoumaly jeho roznorodé užití ve vědě. Přitom z hlediska vědecké praxe měly být na modely nahlíženo jako na epistemické artefakty. Toto pojetí přitom zdůrazňuje důležitost fyzické přítomnosti artefaktu pro vědecký výzkum. Koncepce modelů jako epistemických artefaktů měly vyhovovat mnoha aktuálně konstruovaným věcem, které vědci nazývají modely, ale které bývají sémantická koncepcí jako takové nerozpoznává vzhledem ke své predispozici konceptualizovat modely jako abstraktní, teoretické entity.¹³⁶

Autoři vymezují model jako epistemický artefakt následujícími třemi charakteristikami: (1) V modelu musí být více či méně přítomna lidská činnost (human agency) nebo její stopy. (2) Modely jsou nějakým způsobem ztělesněnými obyvateli intersubjektivního pole lidské činnosti (materialized inhabitants of the intersubjective field of human activity). (3) Modely mohou sloužit také jako objekty poznání.¹³⁷ Konkrétním příkladem takového epistemického artefaktu je parser.¹³⁸

¹³² Humphreys (2002, s. S1- S11).

¹³³ Knuuttila, Voutilainen (2003, s. 1484-1495).

¹³⁴ Srov. Humphreys (2002, s. S3).

¹³⁵ Srov. tamtéž, s. S7.

¹³⁶ Srov. Knuuttila, Voutilainen (2003, s. 1485).

¹³⁷ Srov. tamtéž, s. 1487.

¹³⁸ *„A parser is a language-technological artifact that assigns morphological and syntactic markup to written input texts and in this way provides a partial interpretation of the text.“* Tamtéž, s. 1489.

...ní, který p ivádí filosofii v dy do oblasti kognitivní
ím text m. P edev-ím nedávné Gierovy úvahy o
distribuoaných kognitivních systémech evokují podobné problémy.¹³⁹

1.3 Model-based view of theories (MOT) Ronalda Giera

Obecn vzato by bylo moílné chápat MOT jako jedno z ozna ení SETu. Nahrává tomu i sám Giere, který na mnoha místech pouíívá tato ozna ení synonymn . Giere uvádí, íe je toto pojetí n kdy ozna ováno jako íšsemantické pojetí teoriíí (šsemanticí) za ú elem kontrastu s tradi ním íšsyntaktickýmí pojetím. Je ale také nazýváno jako íšne-výrokovéí (šnon-statementí), íšpredikátovéí (špredicateí) nebo íšmodelov -zaloífenéí (šmodel-basedí).¹⁴⁰ Giere nahlííví historii MOTu jako velmi rozsáhlou a odvolává se krom Patricka Suppeho, Fredericka Suppeho a Base van Fraassena i na takové osobnosti, jako byl John von Neumann.¹⁴¹

P esto se domnívám, íe je vhodné uvést dv íšspecifika Gierova MOTu oproti SETu, tak jak byl vymezen na p edcházejících stránkách: (1) Vztah k pojmu pravdy. (2) Vymezení obsahu teorie.

Giere zkoumá, do jaké míry jsou zohled ovány jednotlivé oblasti jazyka v dy: syntax, sémantika a pragmatika. Zatímco syntax je tradi n považována za íšdefinitou, nejmííce pozornosti se dostává sémantice, která se vztahuje k základním problém m reference a pravdy. V íšt-ina debat, které se týkají v íšdeckého realismu, je vedena v termínech reference k teoretickým termín m a pravdivosti teoretických hypotéz. Pragmatika byla aíl doposud jen velmi málo a uíl v íšbec ne systematicky zkoumaná.¹⁴² Práv íšpragmatika se tak stává pro Giera hlavní oblastí zájmu.

Giere sv íšrozchod s tradi ním SETem vyjad uje ve vztahu k problému pravdivosti hypotéz. Podle jeho pojetí neexistuje reprezenta ní vztah p íšmo mezi v íštami a sv íštem, ale mezi modely a sv íštem. V tomto vztahu mezi modelem a sv íštem není íšinný pojem pravdy, ale podobnosti (similarity) nebo íšvhodnostií (šfití). Samoz íšejm je moílné formulovat hypotézu, íšíe model pasuje na sv íšt, a na základ íštoho se ptát, zda je hypotéza pravdivá, ale takové pouíítí pojmu pravdy je podle Giera moílné chápat íšist íšsémanticky, redundantním zp íšsobem.¹⁴³ íš íšíci, íšíe je pravda, íšíe je model vhodný, je pouze metajazykový zp íšsob, íšjak íšíci,

¹³⁹ Giere (2006, s. 96-116).

¹⁴⁰ Srov. Giere (1999, s. 98).

¹⁴¹ Tamtéí, s. 251, pozn. 1.

¹⁴² Srov. Giere (2004a, s. 742).

¹⁴³ Srov. Giere (1999, s. 73).

ává fládny obsah, který by jífl nebyl obsaflený ve v t
o práv tato volba nezkoumat otázku pravdivosti, ale
pouze míru podobnosti, která odvádí Giera od SETu, i spí-e p edstavuje e-ení problému
SETu, na který poukazuje Rosenberg (1.2.4). Problému vágnosti takového pojmu podobnosti
se je-t budeme v novat pozd ji.

Druhým specifíkem je Gierovo vymezení teorie. Dále uvidíme, fl je do zna né
míry motivováno práv snahou o eliminaci problému pravdy a objasn ní významu
podobnosti. Giere se na rozdíl od tradi ního SETu domnívá, fl teorie je spojením mnohliny
model (ty samy, jak uvidíme jsou je-t vybudovány prost ednictvím princip) a mnohliny
hypotéz, které vztahují tyto modely k reálným proces m.¹⁴⁵ Tento znak Gierova MOTu je pro
mé dal-í zkoumání nejd leffit j-í. V následujících podkapitolách si v-ímneme podrobn j-í
struktury gierovské teorie.

Je to práv toto zviditeln í role teoretických hypotéz, které usouvztafl ují modely
a zkoumané procesy, které je zásadní pro chápání teorie chaosu. Alespo podle Kellerta, který
tvrdí, fl je lep-í vid t teorii chaosu jako tu, která p iná-í vhlad do ádu, nefl se jí snaflit chápat
v rámci pojetí, které v du vnímá jako hledání zákon . Teoretické hypotézy teorie chaosu
stanovují, fl ur ité abstraktní modely a ur ité aktuální systémy jsou p íklady podobných
druh ádu.¹⁴⁶

1.3.1 Oblast í výzkumu Ronalda Giera

Ronald Giere je ufl v sou asné dob klasikem filosofie v dy, p esto je v eském
prost edí zatím pom rn málo znám.¹⁴⁷ Roz len ní jeho díla vysta í se t emi základními
ástmi: (1) metafyzika ve filosofii v dy; (2) modelov -zaloflené pojetí v dy; (3) kognitivní a
evolu ní epistemologie v dy.

V první oblasti Giere zkoumá spektrum metafyzických p ístup od v deckého
realismu afl po sociální konstruktivismus a na základ jejich kritiky vytvá í své vlastní pojetí
perspektivního realismu (1.3.2 a 1.3.3).¹⁴⁸ Následující oblast je pro Giera nejcharakteristi t j-í
a v na-í práci p ednostn rozebíraná. Zahrnuje Gierovo rozvíjení SETu a následnou tvorbu

¹⁴⁴ *šTo say it is true that the model fits is merely a metalinguistic way of saying that the model fits. The former phrase adds no content not already contained in the latter.* Giere (1999, s. 73).

¹⁴⁵ *šFor the purpose of developing a naturalistic theory of science, I suggest we understand the word štheoryö as including both the cluster of models and a broad range of hypotheses utilizing these models.* Tamtéfl, s. 167-168.

¹⁴⁶ Srov. Kellert (1993, s. 113-114).

¹⁴⁷ Jediná, alespo áste ná reflexe viz Fajkus (2005, s. 184-191), zde je ov-em pojednána pouze poslední vrstva Gierova výzkumu ó kognitivní a evolu ní epistemologie.

¹⁴⁸ Giere (1985), Giere (1989), Giere (1995), Giere (1999), Giere (2005), Giere (2006) ad.

st zájmu, v současných dobách Gierem nejvíce rozvíjená, se
organizaci epistemologie (a filosofie v obecně) a její spojování
s kognitivní vědou. Tento přístup Gierovi umožnil uvažovat o modelech jako o autonomních
agentech, tematizovat reprezentaci modelů v kognitivním systému, zvažovat distribuovanou
kognici atd.¹⁵⁰ Nicméně výsledky jsou zatím pouze parciální¹⁵¹ a v nichž ohledech je
vypracovaná teorie velmi schématická a naivní.¹⁵²

1.3.2 Perspektivní realismus

Při hodnocení Gierova perspektivního realismu se badatel nemůže zbavit určitých
rozpaků. Na jedné straně stojí Gierovo rozhodné tvrzení, že staví na metodologickém
naturalismu (a v tomto smyslu také oceňuje Gierovo pojetí modelů, které především
zkoumám), kterému je cizí metafyzické zatřívání filosofie v obecně, ale na straně druhé
někdy prosvítá Gierova snaha obhájit určitou metafyziku - verzi realismu, která odpovídá komplexní
realitě. Odvolává se na existenci v obecně (SIC!) metafyziky o perspektivního realismu, který
formuluje následovně: *š Lepší než považovat svět jako množinu objektů s určitými vlastnostmi je
myslet jej jako neomezeně komplexní, s velkým množstvím kvalit, které se jeví jako
kontinuálně proměnlivé. Tak je možné konstruovat zobrazení, která popisují tento svět
z různých perspektiv.*¹⁵³

Přesto je takovýto způsob uvažování o světě osvětlující, minimálně v konfrontaci
dvou výrazných přístupů ve filosofické reflexi v obecně: sociálního konstruktivismu a
objektivního realismu. Sociální konstruktivismus nepopisuje Giera jako jednolitý směr, spíše
se snaží rozlišovat epistemologický a ontologický konstruktivismus, kde první je neutrální
k otázce existence objektů, které v obecně popisuje, ale tvrdí, že přesvědčení v obecně jsou výrazně
ovlivněna sociálními faktory; a druhý tvrdí, že samotné entity v obecně teoriích jsou
konstituovány sociální praxí, interakcemi a spolupůsobením v obecně.¹⁵⁴

S ohledem na vliv sociálních aspektů na vědu Giera souhlasí, že v obecně
reprezentace jsou sociálně konstruovány, ale s tím, že některé z těchto sociálně
konstruovaných reprezentací se ukazují jako vhodná zázorná určitých aspektů světa,

¹⁴⁹ Giera (1988), Giera (1999), Giera (2004a), Giera (2006) ad.

¹⁵⁰ Giera (1988), Giera (1994), Giera (2002), Giera (2003), Giera (2004b) ad.

¹⁵¹ Zajímavý argument (color vision argument) předkládá Giera proti argumentu o evráceného spektra, viz Giera
(2006, s. 17-40).

¹⁵² Giera (2002).

¹⁵³ *š Rather than thinking of the world as packaged in sets of objects sparing definite properties, think of this as
indefinitely complex, exhibiting many qualities that at least appear to vary continuously. One might then
construct maps that depict this world from various perspectives.* Giera (1999, s. 26).

¹⁵⁴ Srov. tamtéž, s. 19.

bez sebestmení vazby ke sv tu. Coflov-em neznamená, odnocoovat, protofe se nedá p edpokládat, fe by úsp ch v decké reprezentace byl produktem racionálního uvařování, zatímco nezdar by byl výsledkem ru-ivých vliv spole enských faktor . Giere se domnívá, fe není nutné zavád t takové asymetrické pojmy, jako je racionalita.¹⁵⁵

Poslední slovo uvedeného odstavce nás p ivádí k pon kud zarářejícímu Gierovu tvrzení, fe realismus a racionalita nemusí jít nutn ruku v ruce, dokonce, fe se jedná o dv velmi odli-né v ci. Jeho vysv tlení je evolucionistické, tvrdí, fe se jako lidé rodíme s p edpoklady pro rozvoj r zných kognitivních a sensoricko-motorických schopností, ale nejsme vlastníky fládných gen pro racionalitu (gens for rationality). Na základ toho je podle n j možné za racionalitu považovat pouze *š efektivní uřívání vhodných prost edk k dosaření pořadovaných cíl .*¹⁵⁶

Objektivní realismus¹⁵⁷ vymezuje Giere poukazem na Stevena Weinberga. Tento význa ný fyzik popisuje podle Giera toto pojetí t emi charakteristikami: (1) odhalování pravdy a trvalost v deckého poznání, (2) v decký zákon, který dosařenou pravdu zt les uje, a (3) pokrok v dosahování pravdy.¹⁵⁸ Podle Giera je hlavní jádro objektivního realismu obsařeno v tvrzení, fe jednou dosařená pravda tvo í trvalou řást lidského v d ní.¹⁵⁹

Giere se domnívá, fe pop ení objektivního realismu (ve form metafyzického realismu kritizovaného Putnamem) je-t neznamená nutnost vzdát se jakéhokoliv v deckého realismu (scientific realism). *š Pro perspektivního realistu mají nejsiln j-í prohlá-ení, která m fe v dec legitimn u inít, podmí ovací tvar: š S ohledem na tuto vysoce konřirmovanou teorii (nebo spolehlivý nástroj) se zdá být sv t zhruba takový a takový.š Neexistuje zp sob jak legitimn u inít dal-í objektivistický krok a deklarovat bezpodmíne n : š Tato teorie (nebo nástroj) nám p edkládá kompletní a skute n správný obraz samotného sv ta.*¹⁶⁰

Poznamenejme, fe (i podle vlastních Gierových slov)¹⁶¹ je jeho kritika objektivního realismu obdobná kritice fundamentalismu u Nancy Cartwrightové. Dokonce se mi zdá, fe je

¹⁵⁵ Srov. tamtéřl, s. 26.

¹⁵⁶ *š (í) the effective use of appropriate means to achieve desired goals.*š Tamtéřl, s. 27.

¹⁵⁷ Toto ozna ení pouřlito viz Giere (2006, s. 4-6), cofl p ispívá k v t-řmu projasn ní Gierovy pozice.

¹⁵⁸ Srov. Giere (2006, s. 4).

¹⁵⁹ *š (í) , Weinberg seems to be saying not only that there are true laws to be discovered, but that scientist are capable of discovering them and, moreover, knowing that they have discovered them, (í).*š Tamtéřl, s. 5.

¹⁶⁰ *š For a perspectival realist, the strongest claims a scientist can legitimately make are of a qualified, conditional form: š According to this highly confirmed theory (or reliable instrument), the world seems to be roughly such and such.š There is no way legitimately to take the further objectivist step and declare unconditionally: š This theory (or instrument) provides us with a complete and literally correct picture of the world itself.*š Tamtéřl, s. 5-6.

¹⁶¹ Srov. tamtéřl, s. 118, pozn. 14.

ké v souladu s pluralismem, jak o n m vý-e (Úvod)

Z kritiky Weinbergova objektivního realismu je možné vyvodit další významný pojem tradiční filosofie v 20. století (analytické filosofie v 20. století), který Giere vedle racionality odmítá jako nepotřebný pro vyjádření perspektivního realismu o pojem pravdy. Jak jsme uviděli výše (1.3), nepotřebná tento pojem podle Giera žádný další obsah a jeho perspektivní realismus si vystačí s pojmem podobnosti (similarity) nebo vhodnosti (fit).

Jak uvidíme, jsem podotknul výše, nezapomejte tuto Gierova koncepce perspektivního realismu svěřit a v rámci evolucionismu ji lze i zajímavě hájit.¹⁶² Přesto se ale domnívám, že na rozbití pojmu racionality a pravdy Gierova koncepce nestačí. Ne snad proto, že bych pokládal za apriori nemožné vést tímto směrem polemiku, ale protože argumenty, které předkládá, jsou vždy napadnutelné vzhledem k tomu, že naturalismus, který je předvolán jako pouhé metodologické vodítko, se v nich začíná absolutizovat. A ať koliv by badatel rád pokračoval v nastolené cestě, měl by se asi v danou chvíli rozhodnout, zda chce zůstat filosofem a nebo vstoupit do oblasti kognitivní vědy. Alespoň zatím se zdá, že jiná cesta není.¹⁶³ Také Hilary Putnam kritizuje naturalizovanou, evoluční epistemologii, a to ze dvou důvodů: (1) předpoklad metafyzického realismu, který je dle Putnama v evoluční epistemologii skrytý; (2) nerespektování normativity v 20. století.¹⁶⁴

Naturalistické východisko, které si Giere přijímá z amerického pragmatismu¹⁶⁵ a postanalytické filosofie, je pro celý perspektivní realismus zásadní. Metodologický naturalismus chápe Giere nikoliv jako soubor tezí, které jsou pronášeny o světě, ale jako množinu strategií, které mají být uflity při snaze porozumět procesům, které v reálném světě probíhají.¹⁶⁶ Prioritou takto pojatého metodologického naturalismu je hledání a upřesňování přirozených vysvětlení jevů.

Z dnešní perspektivy postanalytické filosofie se jeví problematickým odmítnutí i spíše ignorování transcendentalismu.¹⁶⁷ Empirismus prošel obdobím kritiky a pádu dogmat, které, zdá se, přináší zpět otázku odvodnosti určité podoby transcendentalismu.¹⁶⁸ Lze obdivovat Gierovu perspektivní realismus, jestliže disponujeme vypracovaným

¹⁶² Viz Giere (1999, s. 160-165).

¹⁶³ Dokud nezačnou filosofovat myslící stroje.

¹⁶⁴ Srov. Putnam (1982, s. 22), viz Giere (1999, s.163).

¹⁶⁵ Viz Giere (1999, s. 69-70).

¹⁶⁶ Srov. tamtéž, s. 70.

¹⁶⁷ Kant je téměř úplně Gierem ignorován, obdobně i Donald Davidson.

¹⁶⁸ Nyní v tradičním kantovském smyslu, zcela bez vztahu ke Kellertovu pojetí transcendentální nemožnosti (2.3.1).

vztahu poznávající ó sv t?¹⁶⁹ Domnívám se, že ne-
d view of theories, nikoliv v jeho pojetí v deckého

metafyzického realismu.

Jestliže racionalita a pravda dle mého názoru odolají Gierov kritice, protože argumentace je příliš jednostranná a jako taková snadno napadnutelná, domnívám se, že jinak tomu je v případě pojmu v decký zákon. Zatímco Gierovo prohlášení *š realism without truthō* je příliš silné a nedostatečně podložené, tak *š science without lawsō* má své opodstatnění, nebo stojí na propracované podobě model-based view of theories a nemusí být primárně spojováno s metafyzikou perspektivního realismu.

Nesdílím s Gierem potřebu vymezovat se metafyzickou (třeba i v decky metafyzickou) pozicí. Chci jen poukázat na pojetí v decké teorie, které se zřejmě obejde bez nutnosti uvažovat o v deckých zákonech. Zdravovat nepotřebnost pojmu racionality a pravdy je nebezpečné, nebo ústí do skryté metafyzické pasti. Domnívám se, že je sice možné vybudovat zajímavé a použitelné pojetí v decké teorie bez pomoci těchto pojmů (to budeme vidět v následujících podkapitolách), ale odmítání těchto pojmů je na poli metodologického naturalismu neopodstatněné.

1.3.3 Věda bez zákonů

Gierovou snahou je prokázat, že pojem v deckého zákona není užitečný pro porozumění praxi soudobé vědy jako lidské aktivity. Pokud někdo prohlásí, že v ději hledají přírodní zákony, pak nepopisuje v deckou praxi, ale už tuto praxi určitým způsobem interpretuje.¹⁷⁰ Na základě této interpretace byly pravidelnost i nutnost, se kterou se v decké studiu přírody setkává, vyloženy jako poukazy k existujícím přírodním zákonům, které pravidelnost i nutnost zajišťují. Nicméně podle Giera: *š pravidelnosti a nutnosti v přírodě existují, ale přírodní zákony nikoliv.ō*¹⁷¹ Giere vymezuje tradiční pojetí zákona ve shodě s běžným použitím tohoto výrazu.¹⁷²

Giere v návaznosti na autory, jako je Nancy Cartwrightová, poukazuje na to, že zákony přírody nejsou přesně vzato pravdivé. Platí totiž přesně pouze pro silně idealizované

¹⁶⁹ Viz Davidson (2004).

¹⁷⁰ Srov. Giere (1999, s. 84-85).

¹⁷¹ *š (í) there are both regularities and necessities in nature, but there are no laws of nature.ō* Tamtéž, s. 86.

¹⁷² *š Laws of nature, it is typically said, are true statements of universal form. Many would add that the truths expressed by laws are not merely contingent, but, in some appropriate sense, necessary as well. Finally, laws are typically held to be objective in the sense that their existence is independent of their being known, or even thought of, by human agents.ō* Tamtéž, s. 86.

gravita ní zákon pro dva hmotné body ve vakuu bez
kt .¹⁷³

A nic na tom nezm ní ani odvolání se na fundamentáln j-í zákony¹⁷⁴ ani požadavek vyjád it zákony jako tvrzení obsahující *implicitní podmínku (proviso)*.¹⁷⁵ V prvním p ípad lze p edpokládat a u existujících fundamentáln j-ích zákon í dolofit, (1) fle jakýkoliv zákon je vřdy konfrontovatelný s oblastí, kde p estává platit, (2) fle m flou existovat oblasti mén fundamentální teorie, v nichfl odkaz na fundamentáln j-í teorii nemusí vést k vysv tlení (cofl je práv p ípad teorie chaosu, jak jsme vid li v Úvodu).

Ohledn *provisa*¹⁷⁶ Giere vzná-í námitku, fle je nemořné vyplnit *podmínku* tak, aby bylo vyplývající tvrzení pravdivé bez toho, abychom to zaplatili jeho vyprázdn ností. Evidentním se ukáfle tento problém v p ípadech, kdy by m la *podmínka* vyjad ovat pojmy, které v dob první formulace daného zákona je-t nebyly známy.¹⁷⁷ Giere se domnívá, fle namísto toho, abychom nevyhnutelné neur itosti (unavoidable indefiniteness) kladli jako *implicitní podmínky* do zákon , je lépe je spojovat s praxí v dy.¹⁷⁸

Dostáváme se k místu, v n mfl vyniká osobitost Gierova pojetí v decké teorie, která jej povy-uje nad tradi ní výklad SETu. Giere si je totifl v dom toho, fle pokud prohlásíme teorii za mnořlinu model (nap íklad matematických rovnic), zbavíme se sice problematického pojmu zákona, ale nezbavíme se pot eby vyjád it, pro práv tyto modely slouřlí dob e k reprezentaci reálného systému. P í emfl Giere dokonce tvrdí, fle zachycují n co základního, co se týká struktury sv ta. Problémem ov-em je zachytit tyto aspekty bez toho, abychom op t upadli zp t do pouřívání jazyka univerzálních zákon .¹⁷⁹ Proto se Giere rozhoduje pro odli-ení princip a zákon :

ř Principy mají být chápány jako pravidla vynalezená lidmi tak, aby se dala pouřít k vybudování model , které reprezentují ur ité aspekty p irozeného sv ta. Takto jsou Newtonovy mechanické principy chápány jako pravidla pro konstrukci model , které

¹⁷³ ř *The only possibility of Newton's Laws being precisely exemplified by our two bodies would either if they were alone in the universe with no other bodies (í), or if they existed in perfectly uniform gravitational field.* ě Giere (1999, s. 90).

¹⁷⁴ Giere poukazuje na Cartwrightovou, která úsp -n nalezla podobné p íklady v kvantové fyzice. Srov. tamtéřl, s. 250, pozn. 13.

¹⁷⁵ Hempel (1988), viz Giere (1999, s. 269).

¹⁷⁶ ř *Hempel's account is that purported statements of laws of nature of the form řAll bodies, í , etc.Ě are to be interpreted as really of the form řAll bodies, í , etc., with the proviso that í Ě (í).Ě Giere (1999, s. 91).*

¹⁷⁷ Srov. tamtéřl, s. 91. ř *I take it to be a prima facie principle for interpreting human practices that we do not attribute to participants claims that they could not even have formulated, let alone believed.* Ě Tamtéřl, s. 91.

¹⁷⁸ ř *I think a more faithful interpretation would locate the indefiniteness more within the practice of science and leave its products, including its public claims to knowledge, relatively more explicit.* Ě Tamtéřl, s. 91.

¹⁷⁹ Srov. tamtéřl, s. 94.

komet po kyvadla. Poskytují perspektivu, s níž lze

Principy jsou takto míněny jako nástroje, které v dec používá ke konstrukci model (o tom více v následující podkapitole), nicméně označit na základě toho Giera za instrumentalistu by bylo unáhlené. Poznali jsme Giera jako perspektivního realistu, a tak máme jeho pojetí chápat jako příklad *halfway house* mezi instrumentalismem a realismem, jak o něm hovoří Rosenberg.¹⁸¹ To také Giere potvrzuje, když podotýká, že úspěšná reprezentace (successful representation) neimplikuje precizní vhodnost, ale maximální vhodnost v mezích toho, co může být detekováno s použitím existujících experimentálních technik.¹⁸²

Důležitý poukaz na roli principů, kterým se vyznačují současný Gier v MOT, je výsledkem delšího vývoje. Proto je třeba v Kellertově recepci Giera máme vnímat dozvuky starších Gierových textů.¹⁸³ To také představuje slabinu Kellertovy výpovědi o SETu pro aplikaci na teorii chaosu. Nám to poskytuje příležitost v 2. kapitole nově použít Gier v MOT k popisu praxe teorie chaosu (2.5.2). Vztah principů a jejich modelů je také jádrem mého pojetí modelu (1.4).

Giere v sobě ovšem nezapře realistu, nebo se domnívá, že i když se zbavíme univerzálních přírodních zákonů, stále máme hovořit o kauzální nutnosti.¹⁸⁴ Uznává, že existují etné námitky proti takové pozici, ale přesto se mu zdá, že tato metafyzická pozice, kterou si vybral je lepší.¹⁸⁵ Tato linie metafyzických úvah pro nás ale postrádá na důležitosti.

1.3.4 Model-based view of theories (MOT)

Provedu zde komentovaný popis Gierova MOTu tak, jak jej Giere prezentuje ve svých současných textech. Opírám se proto především o jeho sta *How Models Are Used to Represent Reality* a jeho poslední knihu *Scientific Perspectivism*. Dokonce i mezi těmito dvěma texty máme vidět podstatnou přeměnu MOTu, vyjádřenou přesunem pozornosti na

¹⁸⁰ *Principles, I suggest, should be understood as rules devised by humans to be used in building models to represent specific aspects of the natural world. Thus Newton's principles of mechanics are to be thought of as rules for the construction of models to represent mechanical systems, from comets to pendulums. They provide a perspective within which to understand mechanical motions.* Tamtéž, s. 94.

¹⁸¹ Srov. Rosenberg (2005, s. 96).

¹⁸² Srov. Giere (1999, s. 95).

¹⁸³ *When approaching a theory, look first for the models and then for the hypotheses employing the models. Don't look for general principles, axioms, or the like.* Giere (1988, s. 89), viz Kellert (1993, s. 86).

¹⁸⁴ Srov. Giere (1999, s. 95).

¹⁸⁵ *So the issue is whether experimentation can repeal real possibilities in a system or merely produce actual regularities in a series of trials. Whichever interpretation one favors, one cannot claim that the latter interpretation is somehow less metaphysical than former. I think the modal realist interpretation provides a far better understanding of the practice of science, (i.e.).* Tamtéž, s. 96.

1.3.4.1 Vztah modelu a teorie v MOTu

Tato podkapitola je zásadní pro vymezení odlišnosti MOTu a SETu. Kromě toho, Giere zviditeluje roli principů při tvorbě modelů, ukazuje také, že teorie nemá být pojímána prostě jako množina modelů, ale (jak už jsem připomenul výše) že součástí teorie jsou kromě toho také hypotézy, které vyjadřují užití těchto modelů: *š(i) doporuji, abychom rozuměli slovu š teorie tak, že zahrnuje dvojí: cluster model a širší rámec hypotéz, které tyto modely používají.*¹⁸⁸

Pokud shrneme základní poznatky, které máme, můžeme prohlásit, že principy fungují jako pravidla, na základě nichž vytváříme modely (tyto modely popíšeme dále). Nyní uvažme jako příklad abstraktní idealizovaný systém harmonického oscilátoru, který je charakterizovaný matematickou rovnicí.¹⁸⁹ Giere uvádí, že tvrzení o reálném systému mají následující podobu: skutečný systém je podobný modelu.¹⁹⁰ Například kyvadlo s malou amplitudou je podobné harmonickému oscilátoru. A takováto tvrzení pokládá Giere za teoretické hypotézy. *š V každé teoretické hypotéze je implicitně obsažena specifikace v jakém ohledu a do jaké míry je podobnost prohlášena za platnou.*¹⁹¹

Souhrnně vyjadřuje Giere MOT následujícím schématem:¹⁹²

¹⁸⁶ Giere (2004a).

¹⁸⁷ Giere (2006).

¹⁸⁸ *š(i) I suggest we understand the word š theory as including both the cluster of models and a broad range of hypotheses utilizing these models.* Giere (1999, s. 168).

¹⁸⁹ Tuto jednoduchou rovnici můžeme vyjádřit například takto: $F = -kx$; při změně F je výsledná síla, která pohybuje oscilátorem, x je okamžitá výchylka oscilátoru a k parametr (například tuhost pružiny).

¹⁹⁰ Srov. Giere (1999, s. 167).

¹⁹¹ *š Implicitly in any theoretical hypothesis is a specification of the respects and degrees in and to which the similarity is claimed to hold.* Tamtéž, s. 167. Giere si uvědomuje, že zde opět vyvstává otázka pravdivosti nebo nepravdivosti teoretické hypotézy, nicméně: *š(i) a claim of truth here is redundant, serving only to facilitate semantic assent.* Tamtéž, s. 167.

¹⁹² Giere (2004a, s. 744).

MODELY

HYPOTÉZY A GENERALIZACE

SVĚT

Giere tak vyjadřuje své pojetí teorií, v nichž se generují modely prostřednictvím určitých principů v kombinaci se specifickými podmínkami. Aby mohli aplikovat tyto modely na reálný svět, vytvářejí hypotézy, které stanovují vhodnost daného modelu pro reprezentaci daného aspektu světa. Tyto hypotézy mohou být zobecněny například dříve popsánymi typy zkoumaných objektů.¹⁹³

1.3.4.2 Model jako reprezentace skutečnosti

Giere se snaží prostřednictvím MOTu zachytit praxi v doméně, pro kterou je určující aktivita reprezentování skutečnosti. Na rozdíl od SYTu nezajímá Giera reprezentace jako dvoumístný vztah jazykové entity a světa, ale samotná praxe reprezentování. Tuto svou představu vtuluje do následujícího vyjádření:

V používá X k reprezentování S za účelem U,

kde V představuje v doméně nebo skupinu v doméně a S je určitý aspekt světa.¹⁹⁴ X představuje model, který v doméně volí z široké palety možností.¹⁹⁵

Ve své poslední publikované knize Giere rozvíjí své MOT o modely dat (data model) a schéma MOTu tak nabývá následující podoby:¹⁹⁶

¹⁹³ Srov. tamtéž, s. 744.

¹⁹⁴ Srov. tamtéž, s. 743.

¹⁹⁵ *„Focusing on scientific practice, one quickly realizes that X can be many things, including, of course, words and equations, but also, for example, diagrams, graphs, photographs, and, increasingly, computer-generated images.“* Giere (2006, s. 60).

REPREZENTACE A MODELŮ

SPECIFICKÉ HYPOTÉZY A GENERALIZACE

MODELŮ DAT

SVĚT (obsahující data)

Ke schématu Giere dodává komentář: *„Pokus o aplikaci modelů na světě generuje hypotézy o vhodnosti použití určitých modelů na dílčí části světa. Úsudky o vhodnosti jsou mediována modely dat, které jsou vytvářeny při aplikaci technik analýzy dat na daná pozorování.“*¹⁹⁷ Nyní si všimneme postupně jednotlivých slovek MOTu.

1.3.4.2.1 Principy a specifické podmínky

Jednoduché schéma může navozovat unáhlené přesně dělení, ale obdobně jednoduchá je i celá dynamika MOTu. Jednotlivé dílky ve skutečnosti představují pohyb, který sám potřebuje další specifikaci. Jakkoliv často jsou principy pro celou oblasť fyziky,¹⁹⁸ Giere si je vědom, že ne ve všech případech lze takovýto MOT uplatnit.

Výše jsme již charakterizovali principy jako pravidla používání k tvorbě modelů, nyní se pokusíme rozebrat dynamiku přechodu od principu k modelu podrobněji. Princip je

¹⁹⁶ Srov. tamtéž, s. 61.

¹⁹⁷ *„The attempt to apply models to the world generates hypotheses about the fit of specific models to particular things in the world. Judgments of fit are mediated by models of data generated by applying techniques of data analysis to actual observations.“* Tamtéž, s. 60-61.

¹⁹⁸ Newtonovy principy mechaniky, Maxwellovy principy elektromagnetismu, termodynamické principy, principy teorií relativity a principy kvantové mechaniky. Srov. tamtéž, s. 61. Giere je však ochoten vidět principy i v jiných disciplínách (evoluční biologie, ekonomie). Srov. tamtéž, s. 61.

aktvní objekt, který z definice ukazuje jen a pouze
ch.õ¹⁹⁹ Toto vyjád ení se m fle zdát být kruhové, ale
Giere tím vyjad uje, fle jazykové formulace princip referují práv k t mto abstraktním
objekt m. Tyto abstraktní objekty Giere chápe jako konstrukce vytvo ené lov kem, p i emfl
schopnost vytvá et takové konstrukce je dána nástroji jazyka a matematiky. Také proto Giere
ve své sou asné verzi MOTu n kdy ozna uje principy jako obecné nebo abstraktní modely
(general models).²⁰⁰ Giere ov-em varuje p ed zam ováním abstraktních a jazykových entit.
Abstraktní modely nejsou definitivn identifikovány s jazykovými entitami, jako jsou slova
nebo rovnice. Každý jednotlivý abstraktní model m fle být charakterizován mnoha odli-nými
zp soby. Abstraktní modely také nemohou být zamý-lený jako pouze formální, vldy jsou
vytvo eny jako ufl n jak interpretované.²⁰¹

Princip jakoflto abstraktní model je pak inný jako obecný vzor pro konstrukci (2)
více specifických model , které jsou také abstraktními objekty, a to tak, š(i) fle se
k princip m p idají š specifické podmínkyõ. Výsledkem je ur it j-í, ale stále abstraktní
objekt.õ²⁰² Principy dopln né o specifické podmínky ov-em samy je-t nesta í k vyjád ení
vztahu k empirii. Proto pot ebujeme (3) maximáln specifický (ale stále abstraktní) model
š(i), ve kterém je kařdý relevantní aspekt modelu identifikován s ur itým aspektem systému
v reálném sv t .õ²⁰³

Giere k této cest (od (1) k (3)) od princip k model m dodává, fle zahrnují dvojí
innost intencionálního aktéra: (a) interpretaci n kterých termín vyjád ením jejich vztahu
k jiným termín m a (b) identifikaci specifických v cí ve sv t s ástmi modelu.²⁰⁴

1.3.4.2.2 Reprezena ní modely a podobnost jako kritérium tvorby hypotéz

Reprezena ní modely Giere popisuje jako prufné specifikace abstraktních model ,
které jsou vytvo eny na základ princip . P itom tyto specifikace nemohou být rozhodn
chápány jako produkt dedukce z princip (jak by mohla sugerovat -ípka ve schématu).
Reprezena ní modely jsou speciální tím, fle jsou vytvo eny tak, aby mohly být jejich
jednotlivé ásti identifikovány nebo usouvztafl ný se znaky reálného sv ta. To je práv to, co

¹⁹⁹ š(i) highly abstract object, an object that by definition exhibits all and only the characteristics specified in the principles.õ Tamtéřl, s. 61.

²⁰⁰ Srov. tamtéřl, s. 62.

²⁰¹ Srov. tamtéřl, s. 128, pozn. 6.

²⁰² š Thus, to the principles one adds what I am here calling š specific conditions,õ the result being a more specific , but still abstract, object.õ Tamtéřl, s. 62.

²⁰³ š(i), in which every relevant element of the model is identified with some aspect of a system in the real world.õ Tamtéřl, s. 62.

²⁰⁴ Srov. tamtéřl, s. 62.

ci aspekt sv ta.²⁰⁵ Ili abstraktní modely definované
hnout k reprezentaci sv ta.

Jestliže je možné použít reprezentativní modely k reprezentaci sv ta, pak musí mezi
tmito modely a určitými aspekty sv ta existovat nějaký specifický vztah. Tradičně používaný
vztah izomorfismu se nezdá Gierovi vhodný, protože je to příliš silný vztah.²⁰⁶ Jedna
z možných cest je využít možné podobnosti (similarity) mezi modelem a aspektem sv ta,
který jím má být reprezentován. Příemf Giere vzápětí dodává, že netvrdí, že model sám o
sobě reprezentuje aspekt sv ta, protože je tomuto aspektu podobný – takto jednoduchý
reprezentativní vztah podle Giera neexistuje.²⁰⁷ Giere se tím snaží vyrovnat se Suarézovou
kritikou (1.2.4). Reprezentování sjednává vdecktím, že použije reprezentativní model,
reprezentování není dáno modelem samotným. *šJedním způsobem, jak toho vdeckdosáhne, je
to, že vybere určité rysy modelu, které jsou pak prohláeny za určité ohledu podobné
rysy m ozna eného reálného systému. Je to právě možnost specifikovat takové podobnosti,
která iní možným používat tímto způsobem model k reprezentování reálných systém .ō²⁰⁸*

K použití modelu je potřeba naplnit dvojí (1) vybrat vhodné znaky podobnosti, (2)
mít rozumnou představu o tom, jak velká shoda může být očekávána. Gier v oblíbený
příklad, který dokládá, že k vyjádření reprezentování reality modelem nepotřebujeme
specifikovat obecnou míru podobnosti (general measure of similarity) mezi modely a reálným
systémem,²⁰⁹ je Watson a Crick v objev struktury DNA.²¹⁰ To, zda je model dostatečně
podobný danému aspektu reality, závisí na kontextu, na míře přesnosti, kterou vyžadujeme při
daném vdeckém popisu.

Vzhledem k tomu, jak ufl jsme výše zjistili, že model je mnohem spíše
charakterizovatelný jako predikát než jako tvrzení, tvrdit o modelu, že je pravdivý, je
nesmyslné. Protože i, že je model špravdivý ve vztahu k určitému reálnému systému ve
sv t, není nic víc než prohlásit, že je švhodný nebo šaplikovatelný na tento systém.
Obracení se na vztah podobnosti je podle Giera výhodné především proto, že úplná přesnost
je ve vdecké nedosažitelná. Toto poznání je především tam, kde se používá
kvantitativních model, ale uplatňuje se i při kvalitativním modelování. A tak diskuze o

²⁰⁵ Srov. tamtéž, s. 63.

²⁰⁶ Srov. Giere (1999, s. 92).

²⁰⁷ Srov. Giere (2006, s. 63).

²⁰⁸ *šOne way scientists do this is by picking out some specific features of the model that are then claimed to be similar in some specific respect to features of the designated real system. It is the possibility of specifying such similarities that makes possible the use of the model to represent the real system in this way.ō* Tamtéž, s. 64.

²⁰⁹ Srov. tamtéž, s. 64.

²¹⁰ Srov. Giere (2004a, s. 748-751).

ávat mezi modely a sv tem bezvadnou souhru (perfect

Pro Giera je zji-t ní, že nemohou existovat přesné modely, velmi d lefité, jakkoliv se zdá být triviálním. Každý model dokáže reprezentovat pouze určit é ásti reality, a tak se vřdy m že stát, že se ukáže jako nevhodný, když se projeví kauzální vliv t chto nepopsaných ástí na ásti reprezentované. Toto zji-t ní Giere je-t stup uje, nebo dokonce i v tom p ípad , že bychom disponovali bezvadným modelem, experimentáln bychom to nezjistili, protože každý experiment je zatížen svou vlastní mírou chyby.²¹² To je samoz ejm místo, kde klí í a navazují problémy teorie chaosu a já v v tomto ohledu v záv ru následující kapitoly konfrontují Gierovo pojetí s praxí teorie chaosu.

Peter Smith má ke Gierov p ístupu dv výhrady.²¹³ (1) Tam, kde Giere mluví o podobnosti, by bylo vhodn j-í hovo it o aproximativní pravd (approximate truth) ó pojetí, které je podstatné také pro Smithovu reflexi teorie chaosu. (2) Gierovovo pojetí podobnosti je p íli-vágní. Za hlavní rozdíl mezi t mito p ístupy pokládá Smith to, že Giere má p íli- velké ambice, a koliv poufívá velmi jednoduché p íklady klasických dynamických teorií. Smithovi se zdá, že se Giere snaží o obecný popis obsahu teoretických hypotéz. Smith ale pochybuje o tom, že je možné vytvo it n co tak obecného. Cenou, kterou musí Giere za takovou obecnost zaplatit, je spoléhání na nejasný pojem podobnosti. Navíc podezírá Giera z toho, že o tomto problému, který si vytvá í, rad ji nemluví.²¹⁴ Vzhledem k tomu, že tato kritika zazn la ufl p ed více než deseti lety, je pot eba podotknout, že Giere za uplynulou dobu své pojetí podobnosti, jak jsme vid li vý-e, vylep-íl. Nicmén základní Smithem vyjád ená výhrada z stává platná.

1.3.4.2.3 Modely dat

Popis Gierova MOTu je t eba doplnit o jeho sou asné roz-í ení, které sm uje k problému model dat. B fln se totiž reprezenta ní modely nesrovnávají p ímo s daty, ale s modely dat, p í emfl d vodem je nutnost statistického zpracování nam ených hodnot. Poufívání model dat s sebou nese p edpoklad, že rozdíl mezi reálnými hodnotami a nam enými hodnotami podléhá normální distribuci. Otázkou je, zda je pozorovaný rozdíl dostate n malý na to, abychom mohli íct, že zm ená hodnota souhlasí s o ekávanou hodnotou, a tudíž, jestli je model skute n vhodný pro reálný systém. Giere uzavírá, že: *š (í)*

²¹¹ Srov. Giere (2006, s. 65).

²¹² Srov. tamtéfl, s. 67.

²¹³ Smith (1998b, s. 253 -277).

²¹⁴ Srov. tamtéfl, s. 273.

lelu pro n jaký reálný systém je záležitost srovnávání
v p ímo s daty samotnými. Je to srovnání modelu a
modelu nikoliv p ímé srovnání modelu a sv ta.õ²¹⁵

Problém vhodného statistického zpracování dat se výrazn ě projev ě v teorii chaosu, kde, jak uvidíme, nap íklad volba výpo etního algoritmu dramaticky ovliv ůje výsledek výpo tu. Proto je pot eba, aby po íta e, které vytvá ejí simulace dynamických systém , m ly vhodn ě o-et ený software.²¹⁶ Podrobn ěj í popis se nachází v poslední kapitole a v matematickém appendixu (MA VIII.).

Todd Harris²¹⁷ si v-ímá problému manipulování daty za ů ělem získání modelu dat a konstatuje, śe teoretické principy mají vliv na tvorbu model ě dat. Harris tvrd ě, śe konstrukce model ě dat zahrnuje interpretaci dat. Domnívá se, śe v mnoha p ípadech je to, co bylo tradi ěn bráno jako ístá data, kontaminováno teoretickými principy. P ínejmen-ím se jedná o konstrukt, který je sice ukotven v p írod ě, ale je také produktem celé ady rozhodnutí, která v dci íní.²¹⁸ Takový záv r je t ífko slu íitelný minimáln ě s Gierovým realismem. Úvahy tohoto druhu samoz ejm sm ůjí k problému poddeterminovanosti (underdetermination), který zde nem ěleme zkoumat, anifl bychom p ípustili, śe se na-e zkoumání p ílí-roz-í í.

Domnívám se, śe: (1) Je t eba up esnit, co znamená p ítomnost teoretických princip ů v modelu dat. N co jiného je p ítomnost princip ů ve smyslu hledání ur ítého vzoru, to nastává p í porovnávání modelu dat s reprezenta ním modelem, a n co jiného jsou zájmy a rozhodnutí v dci zkoumat problém ur ítým zp ůsobem. (2) Pokud by byly principy p ítomny í v modelu dat, pak je otázkou, jak odli-ít model dat a reprezenta ní model. Bylo by to mośné asi pouze co do stupn ě, cofl ov-em op t ne e-í problém empirické báze.

Vzhledem k vý-e uvedenému se domnívám, śe Harris v p ístup není vhodný. Je pot eba oprostít model dat od vlivu teoretických princip ů a ponechat jej pouze v rovin ě statistického zpracování dat (eliminace chyb, aproximace k ívek ad.) a ve shod ě s Gierem vid t vliv princip ů afv dal-ím kroku, kdyfl dochází ke srovnání modelu dat a reprezenta ního modelu. Jak ufl jsem ale uvedl, toto e-ení nijak nep íspívá k problému poddeterminovanosti. S danou sadou model ě dat m ěle být ve shod ě v t-í po et reprezenta ních model ě.

²¹⁵ ś(í) *experimentally testing the fit of a model to some real system is a matter of comparing aspects of the model not with data directly, but with a model of the data. It is a model-model comparison, not directly a model-world comparison.*õ Giere (2006, s. 68).

²¹⁶ Kup íkladu program Dynamics.

²¹⁷ Harris (2003, s. 1508-1517).

²¹⁸ Srov. tamtéfl, s. 1515.

MOTu je vhodné uvést n který p íklad reprezenta ního modelu, který Giere poufívá. Základní omezení spo ívá v tom, jak ufl vý-e poznamenal Smith, fle se Giere omezuje tém výhradn na modely z oblasti klasické mechaniky. Nebo p esn ji, pouze tuto t ídu model pojednává systematicky, u ostatních se jedná spí-e o více i mén nahodilé p íklady.²¹⁹

Klasické mechanické modely (I), vytvo ené na základ Newtonových mechanických princip ,²²⁰ d í Giere na (II) konzervativní a nekonzervativní modely²²¹ a na (III) modely s konstantní silou (popisují p ímo aré pohyby),²²² modely s lineárn se m nící silou (popisují harmonické pohyby)²²³ a modely se silou, která klesá se tvercem vzdálenosti (popisují orbitální pohyby).²²⁴

Gierovým nejoblíben j-ím modelem je mechanický oscilátor.²²⁵ Jednotlivé relevantní ásti modelu m fleme vztáhnout k relevantním aspekt m popisované reality. Tak vzdálenost hmotného bodu od rovnovážné polohy x m fleme identifikovat s délkou protažení prufliny a parametr k m fleme identifikovat s tuhostí prufliny. Hypotéza vyjad uje od vodn ní vytvo ení t chto identifikací.²²⁶

Nevýhoda t chto p íklad leflí v jejich p íli-né jednoduchosti. Ve druhé kapitole (2.5.2) se pokusíme roz-í it paletu Gierových model o modely teorie chaosu a ve t etí kapitole (3.1.1) se obecn ji zamyslíme nad mezemi aplikovatelnosti model v gierovském pojetí.

1.4 Model jako nosi princip

V této podkapitole p edstavím své vlastní pojetí MOTu. Soust edím se p ítom p edev-ím na Gierem p íli-nereflektované spojení princip a model . Jedná se o pouhý nástin p ístupu v rámci MOTu, který je pot eba dále zkoumat. Jde o p ístup, který zahrnuje ur íté evolu ní hledisko, proto je pot eba jej odli-ít od evolu ního p ístupu Giera, který je p ítomen

²¹⁹ Model DNA, viz Giere (2004a, s. 747-750). Vizuální modely Giera (1999, s. 118-146).

²²⁰ Tzv. t í Newtonovy pohybové zákony a zákon gravita ní.

²²¹ Z hlediska zákona zachování mechanické energie.

²²² Matematické vyjád ení: $F = k$; p íkladem je podle Giera model volného pádu a naklon né roviny. Srov. Giere (1999, s. 110).

²²³ Matematické vyjád ení: $F = kx$; p íkladem je podle Giera model kyvadla a prufliny. Srov. tamtéfl, s. 110.

²²⁴ Matematické vyjád ení: $F = \frac{k}{x^2}$; p íkladem je podle Giera kruhová a eliptická orbita. Srov. tamtéfl, s. 110.

²²⁵ Matematické vyjád ení: $F = -kx$; kde x vyjad uje vzdálenost hmotného bodu od rovnovážné polohy a k parametr.

²²⁶ Stejn tak bychom ale mohli tento model aplikovat nap íklad na kyvadlo s malou amplitudou kmit ad.

.²²⁷ Giere zde buduje kognitivní v dný p ístup
ruje zde s myšlenkou distribuovaného kognitivního
systému (distributed cognitive system). Ukazuje, jak je distribuovaný kognitivní systém
schopen poznávat (s pomocí různých externích reprezentací o model). P i emf:
š*Nejambiciózn j-í požadavek u in ný ve prosp ch distribuované kognice je ten, že samotný
jazyk je propracovaná externí konstrukce podporující nejen komunikaci, ale stejn tak i
myšlení.*²²⁸

Stále složit j-í distribuované kognitivní systémy jsou schopny dosahovat stále
komplexn j-ích poznatk . Tento p ístup se pokou-í Giere aplikovat i na v decké poznání,
soud v-ak podle stupn rozpracování samotného distribuovaného kognitivního systému se
domnívám, že k aplikaci na samotné v decké poznání bude t eba je-t urazit velký kus cesty.

M j vlastní p ístup neaspiruje na takto d sledné naturalizování epistemologie.
Vyty il jsem si jako úkol dal-í vyjasn ní vztahu mezi principy a (reprezenta ními) modely
s tím, že tento vztah m že zakládat dynamiku teorie, respektive posloupnosti teorií.
Domnívám se, že toto pojetí lze podpo it n kolika p íklady z historie fyziky.

P ed samotným rozbořem vztahu principu a modelu je vhodné vyjád it se ke t em
zásadním námitkám Alexe Rosenberga (1.2.4) v í SETu (respektive MOTu). (1) Pot eba
vysv tít úsp -nost model , (2) Závislost na pojmu pravdy, (3) Nevy e-ení problému
s teoretickými termíny. V prvním p ípad se domnívám, že tradi ní vysv tlení úsp -nosti
odkazem na v decký zákon je problematické (ve shod s Gierem), domnívám se, že m j
evolu ní p ístup m že zjednat ást n jasno. V druhém p ípad se musím p ed
Rosenbergovou kritikou sklonit, problematiku pravdy p enechávám jiným výzkum m
v oblasti MOTu. T etí problém je pro m problémem pouze zdánlivým o pro kařdý teoretický
termín disponujeme prost edky, jak jej empiricky vykázat.²²⁹

1.4.1 Vztah princip a model

Pro Giera jsou principy p edev-ím pravidly, která slouží ke konstrukci
reprezenta ních model . S tím nelze neř souhlasit, je ov-em pot eba doplnit, jakým zp sobem
jsou principy a modely spojeny.

²²⁷ Viz Giere (2006, s. 96-116).

²²⁸ š*The most ambitious claim made in behalf of distributed cognition is that language itself is an elaborate external scaffold supporting not only communication, but thinking as well.* Tamtéř, s. 115.

²²⁹ Nap íklad p ítomnost Higgsova bosonu v LHC nebude mít sice ani pom rn empiricky intuitivní d kaz
v podob kondenza ní áry v mlfné komo e, ale p esto bude korelovat s ur itým observa ní m faktem.

Principiálních tezí: (1) Při tvorbě modelů se nejedná o prosté přechodné principy do modelů. Modely jsou nositeli principů. Princip je předpis, na základě jehož vyplnění vzniká model, který s principem nesdílí přesnou strukturní podobnost. Mnohem spíše se jedná o tvorbu implementací principů do modelu, která se vyznačuje velkou mírou variability a redundance.

Mým předpokladem tedy je, že více zdůrazňuje význam modelu. Neboť nejde jen o to, že model slouží k aplikaci na reálný systém tam, kde není možné přeložit abstraktní principy přímo použít k popisu systému. Jde také o druhou stránku problému: (2) Nejenže nelze principy přímo aplikovat na popis reálných systémů, ale ani samotná pojmová výstavba teorie není možná bez artikulace principů nějakým modelem.

Při výstavbě teorie, při konfrontaci různých variant teorie, nemanipulují v dané oblasti přímo principy, ale srovnávají různé modely, které jim pomáhají principy artikulovat. (3) Modely zároveň přinášejí na světlo aspekty, které z principů samotných nemohou vyplynout. Zároveň může při srovnávání mezi alternativními modely docházet k neshodám, zda daný model splňuje principy, nebo naopak, zda nevytváří závazek, který z předpokládaných principů nevyplývá. Můžeme formulovat i následující provokativní tezi, že: (4) Množina principů může být v některých případech získána v definitivní podobě a tedy, jsou-li k dispozici funkční modely.

Souhrnně můžeme tedy prohlásit, že: (1) Základními prvky teorie jsou modely, které slouží jako nositelé principů a principy stanovují jen základní pravidla výstavby modelu. (2) Modely hrají rozhodující roli také při pojmové výstavbě teorie. (3) Modely artikulací principů odhalují poznatky a zároveň vytvářejí závazky, které ze samotných principů neplynou. (4) Principy mohou být někdy souhrnně definovány a poté, co existuje odpovídající množina modelů.

Tyto tři teze představují základní bázi mé verze MOTu. Jsem si vědom jejich provizornosti, ale jsem přesvědčen o opodstatnění zkoumání vztahu modelů a principů. Tento problém přitom nespadá pouze do kontextu objevu teorie. V následující podkapitole naznačuji význam modelů pro dynamiku teorie, respektive pro vývoj v deskriptivních výzkumných programech.

lokonce i Rosenberg podotýká, že pokrok klasické mechaniky je ve skutečnosti záležitostí posloupnosti modelů, z nichž každý je aplikovatelný na určitý rámec jevu a/nebo je přesnější v předpovědích chování určitého jevu.²³⁰

Tomuto základnímu postupu o vývoji vědy jako sledování nových modelů, které jsou základními jednotkami teorie, lze poskytnout pevnější základ prostřednictvím svého usouvztažňující principu a modelu. K tomu lze dojít prostřednictvím dvou kroků: (a) Poukazem na dynamiku dané teorie a následně (b) poukazem na způsob proměny samotných pravidel výstavby modelů.

(a) Ve stávající teorii dochází k artikulaci principu prostřednictvím modelu a k aplikaci určitého modelu k popisu reálných systémů. Tento proces probíhá paralelně a nekoordinovaně, jeho výsledkem je cluster modelů, které sice respektují řídící principy, ale stále více se do popředí dostávají nové aspekty modelu a závazky z nich plynoucí. Teorie je tím pevnější, čím komplexnější cluster vzniká. Obecně není příčinná teorie, která staví na malém počtu typizovaných modelů. Teorie by měla být co nejroznorodnější.

(b) Jestliže je teorie konfrontována novým faktem, jehož výskyt má vysvětlit, pak buď z clusteru modelů uplatní ten nejvhodnější, nebo provede parciální úpravu některého stávajícího modelu, a nebo dochází ke snaze interpretací principů vytvořit nový vhodný model. Ke změně teorie dochází tehdy, když se neobjeví žádný model, když je vyčerpána variabilita modelů, které je třeba poskytnout daná sada principů.

Nabízí se zde tak zajímavá možnost úvah nad vývojem vědy. O vzniku nové teorie hovoří Peter Galison jako o tzv. okamžiku kritické opalescence,²³¹ toto metaforické vyjádření bychom mohli nahradit poukazem na probíhající dynamiku modelů. Formulují následující tezi: (5) Artikulací principů v různých modelech dochází nevyhnutelně k mutacím původních principů. Nová teorie nastoupí ve chvíli, kdy je cluster nových modelů dostatečně komplexní a když si v dekové společnosti ujasní, že tento nový cluster je založen na určitých množinách nových principů.

²³⁰ Srov. Rosenberg (2005, s. 99).

²³¹ Srov. Galison (2005, s. 33). *Šobas dochází ve velkých chvílích k vědeckotechnologickému posunu, jejíž nelze pochopit pomocí istoddělných oblastí technologie, v době a filosofie. Koordinace času, k níž došlo v polovině století po roce 1860, nesublimovala jednoduše pomalým rovnoměrným postupem od technologické oblasti směrem vzhlédem k mnohem iděm v době a filosofie. Myšlenky synchronizace neměly svá jprávní ani v isté oblasti myšlení, aby pak kondenzovaly do předem t a inností stroj a továren. V této fluktuaci tam a zpět mezi abstraktním a konkrétním, ve svých pestrých mýtích, se koordinace času vynořila v tiché a prchavé fázi změny kritické opalescence.* Tamtéž, s. 33.

ného pojetí uvedu t i p íklady z historie fyziky ve 20.

století, které potvrzují roli modelu, kterou p edpokládám. Jedná se o: (1) Schrödinger v zp sob zavedení pohybové rovnice nerelativistické kvantové mechaniky a paralelní popisy vlnové a maticové kvantové mechaniky, (2) Einsteinovu speciální teorii relativity a (3) teorii chaosu. P íklady jsou zám rn voleny tak, aby demonstrovaly pouflitelnost mého p ístupu nap í celou fyzikou.

Erwin Schrödinger²³² p ístoupil k zavedení pohybové rovnice pro nerelativistickou kvantovou mechaniku s p ti d leflitými p edpoklady, které reflektovaly principy kvantové mechaniky, a na základ toho pohybovou rovnici formuloval zkusmo. Jako vzor slouffila Schrödingerovi klasická vlnová rovnice, která musela v nové podob obsahovat: (1) parciální derivaci podle asu, (2) vlnovou funkci (r,t), (3) Planckovu konstantu, a musela (4) spl ovat disperzní vztah a (5) princip korespondence.²³³

Zkusmo formulovaná rovnice²³⁴ nem la disperzní charakter. Proto sáhl Schödinger po první parciální derivaci podle asu a získaná rovnice pro ástici v potenciálovém poli²³⁵ ufl disperznímu vztahu vyhovovala.²³⁶ Rovnice tak nebyla primárn odvozena, ale stanovena zkusmo prost ednictvím snahy po implementaci princip do funk ního modelu, který by bylo možné aplikovat na konkrétní situaci ó nap . ástici v nekone n hluboké potenciálové jám .²³⁷

²³² Význam Schrödingera v oblasti modelování se samoz ejm demonstroval prost ednictvím jeho úvah nad aplikací kvantové mechaniky pro popis fivých systém . Srov. Schrödinger (2004).

²³³ Srov. Vy-ín (2003).

²³⁴ P vodní zkusmo stanovená pohybová rovnice: $\frac{\partial^2 \Psi(\rho_t)}{\partial t^2} = \gamma \Delta \Psi(\rho_t)$. Srov. tamtéfl.

²³⁵ Pohybová rovnice pro ástici v potenciálovém poli, která spl uje disperzní vztah:

$$i\eta \frac{\partial \Psi(\rho_t)}{\partial t} = \left[-\frac{\eta^2}{2m} \Delta + U(\rho) \right] \Psi(\rho_t). \text{ Srov. tamtéfl.}$$

²³⁶ Tradi ní souhrný tvar Schrödingerovy vlnové rovnice: $i\eta \frac{\partial \Psi(\rho_t)}{\partial t} = \hat{H} \Psi(\rho_t)$. Srov. tamtéfl.

²³⁷ Názorný, ale lapidární p íklad uvádí také Rosenberg: *For example, the kinetic theory of gases is a set of models that begins with the ideal gas law (í) $pV = nRT$. This model treats molecules as billiard balls without intermolecular forces and assumes they are mathematical points. The theory includes a subsequent*

improvement due to van der Waals, $\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = nRT$, in which a represents the intermolecular forces and b reflects the volume molecules take up, both neglected by the ideal gas law. And there are other models as well, Clausius's model, and ones that introduce quantum considerations as well. Rosenberg (2005, s. 100).

práce je její snadná formulovatelnost, nevýhodou je její paralelní model pro Schrödingerovu vlnovou reprezentaci kvantové mechaniky je tak potěšena pro konkrétní případy vřady vhodně upraven.

Heisenbergova maticová reprezentace kvantové mechaniky představuje paralelní skupinu modelů, které jsou vytvořeny na základě principů kvantové mechaniky. Základní odlišnost oproti Schrödingerově vlnové reprezentaci spoívá v tom, že funkce jsou zde časově nezávislé, zatímco operátory naopak časově závislé. Význam Heisenbergovy reprezentace se nejlépe demonstruje prostřednictvím odvození relací neurčitosti. Obě reprezentace jsou platné, obecně je výhodnější v různých situacích využívat jedné nebo druhé reprezentace.

Jako druhý příklad uvedu speciální teorii relativity. Jak známo, existovala na přelomu 19. a 20. století celá řada náznaků budoucí revoluce v klasické mechanice. A ufl to bylo v pracích Poincarého, Macha, Lorentze nebo dalších. Dva slavné principy budoucí speciální relativity se švznály ve vzduchu, ale ucelená teorie vznikla až ve chvíli, kdy ji byl Einstein schopn předstít vhodným modelem.

Henri Poincaré znal oba principy, ale nevyvodil z nich novou teorii, a koliv byl z ejm srozuměn s tím, že žádná zásadní revize musí přijít.²³⁸ A.H. Lorentz se pokoušel zachraovat staré principy pomocí ad hoc modelu.²³⁹ To ovšem představovalo natolik arbitrární šmutace, že bylo spíše vhodné pokusit se najít sadu principů, které by tento výsledek přináely jako nutnou součást nového modelu, což se právě Einsteinovi povedlo. Ernst Mach přišel naopak s natolik radikální proměnou principů, že se mu nepodařilo vytvořit jejich interpretaci flivotaschopný model.²⁴⁰

Einstein přišel s několika modely, které umožnily principy interpretovat. Nejznámější jsou asi jeho slavné hodiny, které uinily názornou jak relativnost souasnosti nesoumírných událostí, tak i ostatní zajímavé detaily speciální teorie relativity.²⁴¹ Nemén důležitý pro rozvoj speciální teorie relativity byl také model štuheho tělesa.²⁴² Einstein byl navíc jako flto sympatizant konvencionalismu dalek toho pojmát své výsledky jako něco definitivního. Na druhou stranu vřady dával přednost logickému souladu před praktickou vhodností, jak dosvědují jeho slavné polemiky s mnohem uvolněnějšími kvantovými fyziky.

²³⁸ Srov. Galison (2005, s. 36-39, 162-166, 189-192, 261-269).

²³⁹ Srov. Popper (1997, s. 66-67).

²⁴⁰ Srov. Green (2006, s. 37-43).

²⁴¹ Srov. Galison (2005, s. 193-260).

²⁴² Srov. Einstein (1993, s. 99-106, 116-123).

lad opírající se o Schrödingera je výrazn odli-ný od

U Schrödingera je model jasn vyjád en pohybovou rovnicí, zatímco v druhém p ípad odkazují na takové modely, jako jsou Einsteinovy hodiny nebo model tuhého t lesa. Jasn se ukazuje pot eba dále precizovat r zné podoby model , respektive r zné zp soby implementace princip v modelech. Mofná, fle se postupem výzkumu ukáfle jako nutné provést je-t dal-í pojmové odli-ení v p íli- obecné kategorii model . Na tomto míst jsem vytvo il pouze první obrysy pojetí model , které budu dále zkoumat.

Poslední p íklad, v n mfl se ukazuje nejvýrazn ji autonomie model vzniklých implementací princip , je samotná teorie chaosu. Budu jí nyní v novat celou kapitolu, v jejímfl záv ru se op t ocitneme nad následující otázkou: Jak charakterizovat vztah modelu a principu, vztah modelu a reálného systému v rámci MOTu aplikovaného na teorii chaosu? M j zám r je soust ed n na: (1) Rozvedení vztahu MOTu a teorie chaosu, tak jak jej nazna il Kellert. (2) Dopln ní tohoto vztahu reflexí nov j-ích Gierových variant MOTu. (3) Reflektovat perspektivou teorie chaosu mé vlastní pojetí modelu jako vehiklu princip .

2.1 Vymezení deterministického chaosu

Chaos představuje v teorii dynamických systémů speciální druh chování dynamického systému, které je dnes již přesně definováno a které nastává za přesně stanovených podmínek. Exaktní matematická podoba chaosu a stejně tak jasně stanovené použití v rámci přírodní vědy vyloučuje, alespoň z mého pohledu, neoprávněné nadřazení některých kritiků vědy, kteří se domnívají, že vpuštění chaosu do vědy znamená její zásadní přehodnocení nebo dokonce popření.²⁴³ Chaos je tématem, nikoliv metodou zkoumání.²⁴⁴ A jestliže je teorie dynamických systémů schopná popsat takto komplexní téma, pak to svědčí o další rozšíření, nikoliv omezení poznání.

Aby nedocházelo k terminologickým nejasnostem, budu buď používat označení teorie chaosu s tím, že mám na mysli vždy chaos deterministický. Jsem si vědom toho, že přesněji by bylo hovořit o určité oblasti teorie dynamických systémů, ale pro jednoduchost používám toto široce zařazené označení. Označení *deterministický chaos* svádí k používání označení *stochastický chaos* pro chování, které může mít sice stejnou podobu jako v případě deterministického chaosu (2.2.2), ale není důsledkem deterministické dynamiky. Toto druhé označení by však ušlo zavádělo pojmovou konfuzi. Anglické odlišení *stochastic chaos* a *noise* je asi nejvhodnější.

Jak poznamenává Gleick,²⁴⁵ York v názvu článku *Perioda t i znamená chaos*²⁴⁶ byl velmi chytlavý a dal tak název celé oblasti studia určitého druhu deterministické nelineární dynamiky. Oxymoron deterministického chaosu²⁴⁷ pak zavdalo podnět k mnoha diskuzím o vztahu mezi řádem a chaosem, o spektru různých druhů uspořádanosti a třeba také o jevech, které nelze popsat pomocí zákonů, ale které přesto vykazují určitý řád.²⁴⁸ Tyto diskuze samozřejmě mohou mít podstatný význam pro filosofii vědy a já jejich konkrétní výsledky například nemůžu hodnotit. Nicméně pokud bychom se vydali k chytlavosti rozpustilého názvu *řnové vědy* vlivem filosofujícího chemika Ilyi Prigogina,²⁴⁹ pak se není možno divit závratí celé řady společenských vědců.²⁵⁰

²⁴³ Oblíbená víra některých postmodernistů, která je kritizována například viz Sokal, Bricmont (1998).

²⁴⁴ Valenta (1999).

²⁴⁵ Gleick (1996, s. 72).

²⁴⁶ Yorke, Li (1975), viz tamtéž, s. 329.

²⁴⁷ Název použít viz například Horák, Krlín, Raidl (2003).

²⁴⁸ Srov. Kellert (1993, s. 110-114).

²⁴⁹ Prigogine, Stengersová (2001).

²⁵⁰ Kritický článek proti tzv. prigoginismu viz Bricmont (1995, s. 159-208).

ale také konkrétním dokladem toho, co Simon Singh programu v matematice.²⁵¹ Samotná Yorkova práce je vlastně speciálním důsledkem Sharkovského teorému,²⁵² což ukazuje, že oblast teorie čísel má důležitý význam pro oblast matematické analýzy. To opět poukazuje na možnost zkoumat problémy konkrétní matematické oblasti, za účelem zjednodušení, jejich provedením na problémy odlišné matematické oblasti, a to bez újmy na obecnosti a správnosti.²⁵³ Sharkovského teorém je navíc dodnes zdrojem dalšího rozvoje teorie chaosu směřující k tzv. mnohoznačnému chaosu.²⁵⁴

Domnívám se, že i když ponecháme stranou metafyzické a nebo naopak postmoderní finisy chaosu, přesto zůstane velmi rozsáhlá oblast problémů pro relevantní studium filosofů v dy. V tomto smyslu nejlépe zmapoval situaci Kellert²⁵⁵ a předložil další autorovi řadu rozpracovaných úkolů od otázek proměny vztahu predikce a explanace, přes problémy vymezení determinismu až po snahu přehodnotit tradiční pojetí v deské teorie a v deského zákona s tím, že neopomíjí ani otázky související s kontextem objevu teorie a se sociálními aspekty v dy.

Postup Petera Smithe²⁵⁶ vnímám tak, že vytyčuje entuziastickému rozvrhu Kellerta hranice a snaží se spíše hledat ty znaky teorie chaosu, které teorie sdílí se svými předchůdkyni. Mé vlastní snažení je Smith v přístupu blíží. Myslím, že Smith velmi podstatně zhodnotil otázky týkající se explanace a predikce a naznačil proměnu role modelu v teorii chaosu. V tomto místě na Smithe (a další autory) navazuji a rozpracovávám jeho pojetí bottom-up modelování v teorii chaosu. Napojením na práci Ronalda Giera se pokouším o vytvoření nové varianty model-based view of theories, jehož etné podoby byly diskutovány v předcházející kapitole.

Pokud by se někomu zdálo, že úkol, který jsme si zvolili, je úkolem mravence, který nese jedno stéblo na stavbu mraveniště, pak nezbyvá než dodat, že údiv, který je hnací silou filosofů, má jeden ze svých nejsilnějších zdrojů právě v místech, kde se znovu a znovu pokouší matematik vtáhnout (fyzikální) realitu do matematického rámce, který musí souhrnně dotvářet.

²⁵¹ Singh (2007, s. 188-189).

²⁵² Sharkovský (1964), viz Gleick (1996, s. 329).

²⁵³ Slavným příkladem úspěchu tohoto programu je také samotný důkaz Velké Fermatovy věty, který se uskutečnil prostřednictvím důkazu Taniyamovy-Ůmurovy domněnky, která propojovala vlastnosti eliptických rovnic a modulárních forem. Srov. Singh (2007, s. 220 a 259).

²⁵⁴ Andres, Fürst, Pastor (2007). Andres, Fürst, Pastor (2009).

²⁵⁵ Kellert (1993). Na Kellertovu práci v českém prostředí poprvé upozornil Jan Andres, viz Andres (1996).

²⁵⁶ Smith (1998a).

prstnost teorie chaosu a s tím související nevynezenost n kterých základních pojmu. Proto Kellert navrhuje následující pracovní definici: *š(í) teorie chaosu je kvalitativním studiem nestabilního aperiodického chování v deterministických nelineárních dynamických systémech.*²⁵⁷ Batterman zkoumá chaos primárn v hamiltonovských systémech. Své zkoumání definic Stona a Forda uzavírá prohlášením, že z stává otevřenou otázkou, zda máme podmínku exponenciální nestability pojímat jako dostatečnou pro vyjádření chaotické dynamiky. Odpověď na tuto otázku bude podle něj pravděpodobně vždy závisle na determinování kontextem.²⁵⁸ Přitom ale mimo jiné v závěrečné poznámce vystihuje dva klíčové prvky definice chaosu: *šV abstraktních matematických diskusích je někdy požadováno, aby byl š systém hyperbolický (í) a aby v jeho invariantní množině orbit byly periodické orbity husté.*²⁵⁹

Obecně užívaná, i když nikoliv jediná je definice Devaneyova, která stanovuje tři podmínky, při jejichž splnění lze hovořit o chaosu.^a Devaneyho podmínky jsou následující:

- (1) citlivá závislost na počátečních podmínkách (sensitive dependence on initial conditions);
- (2) hustota periodických bodů (dense periodic points);
- (3) topologická tranzitivita (topological transitivity).

Vzájemná závislost podmínek stejně jako jejich exaktní znění jsou uvedeny v matematickém appendixu (MA I).

Peter Smith poznamenává, že matematik je při tvorbě definice vystaven kolika tlakům. Na jedné straně jej motivuje touha po vzrůstající obecnosti, inkluzivnosti a abstraktnosti. Na straně druhé ale také chce, aby mohly být definované pojmy uplatněny v důležitých teorémech a aby existovaly zajímavé vztahy těchto pojmů k jiným, už zavedeným matematickým pojmům.²⁶⁰ Smith připomíná Lakatose,²⁶¹ který při snaze vymezit matematický pojem míry narazil na to, že požadavek obecnosti a požadavek vytvoření bohaté sítě teorémů míří opanými směry. A stejně jako Lakatos uzavírá, že nemusí existovat jeden šsprávný nebo šnejlepší pojem chaosu.²⁶²

²⁵⁷ *š(í) chaos theory is the qualitative study of unstable aperiodic behavior in deterministic nonlinear dynamical systems.* Kellert (1993, s. 2).

²⁵⁸ Srov. Batterman (1993, s. 65).

²⁵⁹ *šIn abstract mathematical discussions it is sometimes required that the "system" be hyperbolic (...) and that within its invariant set of orbits, periodic orbits are dense.* Tamtéž, s. 65, pozn. 2.

²⁶⁰ Srov. Smith (1998a, s. 174).

²⁶¹ Lakatos (1976).

²⁶² Srov. Smith (1998a, s. 175).

u vřdy zd raz ují n kterou z Devaneyho podmínek a
konkrétní ú ely (viz MA I). Chaos_h je definován
prost ednictvím transformace (stretch-fold transformation), která obsahuje speciální mnoflinu ó
horseshoe.²⁶³ Soust ed ní na první Devaneyho podmínku zakládá dv dal-í definice chaosu.
 Chaos_{te} je definován prost ednictvím topologické entropie ó zobrazení je chaotické_{te}, jestliffe
má kladnou hodnotu topologické entropie. Podobn je na citlivé závislosti na po áte ních
podmínkách zaloflen i chaos , který je definován kladnou hodnotou Ljapunovova exponentu
().²⁶⁴

2.1.2 Autonomie chaosu

Souhrnné texty o teorii chaosu²⁶⁵ n kdy sugerují zjednodu-ené p edstavy o vztahu
chaosu a n kterých význa ných matematických objekt . Ikonou chaosu se stal Lorenz v
atraktor, speciální p ípad z mnofliny atraktor , které nesou ozna ení špodivnéō (strange
attractor). Pro tyto atraktory je charakteristické, fle se jedná o objekty s fraktální dimenzí (MA
VI). Oblast fraktální geometrie je natolik rozsáhlá, fle se zde musím spokojit pouze s velmi
kusou charakteristikou.²⁶⁶ Jako základní vlastnost fraktálu bývá asto uvád na sob podobnost
(selfsimilarity), která se projevuje opakujícím se vzorem na stále se zmen-ujícím -kále (ad
infinitum). A koliv toto vymezení postihuje jednu podstatnou vlastnost fraktálu ó nekone nou
komplexitu tohoto geometrického útvaru, striktní sob podobnost (typická nap . pro Kochovu
k ivku) je pouze speciálním p ípadem.

Vhodná pracovní definice fraktální mnofliny je tato: *š(i) je to mnoflina, jejífl box-
counting dimenze p evy-uje její š oby ejnouō dimenzi.ō*²⁶⁷ Dal-í p esn j-í vymezení pojmu
dimenze jde nad rámec mého zkoumání. Na dokreslení uvádím pouze jednoduchý p íklad.
Topologická (ili ona š oby ejnáō dimenze) Kochovy k ivky je rovna 1, a koliv její box-
counting dimenze má hodnotu p iblifln 1,262 (MA VI).

Na rtnutá definice nás p ivádí k d leflitému zji-t ní. Aby totiž box-counting dimenze
objektu byla v t-í nefl jeho dimenze topologická, je pot eba aby m l objekt nekone n
sloflitou strukturu (infinitely intricate structure). Vzhledem k tomu, fle fraktály vykazují
nekone nou sloflitost s dokonalou podrobností na libovolné -kále, pak jestliffe detail

²⁶³ Není bez zajímavosti, fle Chaos_h implikuje Chaos_d . Srov. tamtéfl, s. 178.

²⁶⁴ Srov. tamtéfl, s. 178-179.

²⁶⁵ Peitgen, Jürgens, Saupe (1992).

²⁶⁶ Peitgen, Jürgens, Saupe (1992). Smith (1998a). Mandelbrot (2002).

²⁶⁷ *š(i) is a set whose box-counting dimension exceeds its š ordinaryō dimension.ō* Smith (1998a, s. 28).

ounting dimenze rovnat p ímo hodnot šoby ejnéõ
nat o fraktál.²⁶⁸

Jedna z dilematických otázek, která je diskutována níže, souvisí s možností používat fraktály jako reprezentace pí v deském popisu reálných objektů, jestliže tyto nekonečné složitost postrádají. Odlišení prefraktálů a fraktálů tak zůstává jedním ze zásadních problémů použití modelů teorie chaosu, je mu věnována samostatná podkapitola (2.3.4).

Autonomie chaosu spočívá v tom, že vlastnost být fraktálem není nutnou ani postačující podmínkou chaosu. Existují případy, kdy nastává chaos, aniž by byl doprovázen fraktální geometrií, stejně jako nastávají případy, kdy fraktální objekty nerefekují k chaosu. Toto tvrzení platí dokonce i v silnějším podobě. Je známa celá řada případů, kdy nastává chaos, aniž by byl doprovázen podivným atraktorem. Logistické zobrazení (MA II) obsahuje chaos, přímě atraktorem je celý jednotkový interval. Podivný atraktor tak není nutnou podmínkou chaosu. Dále existují i případy, kdy atraktor dynamiky je fraktální a přesto nenastává chaos. Podivný atraktor tak není ani postačující podmínkou chaosu.²⁶⁹

Peter Smith vyjadruje tento nejednoznačný vztah chaosu a fraktálů následovně: *š(i), chaos je rysem samotné dynamiky, která není diktována povahou množiny, na níž je dynamika vyjadřena.*²⁷⁰ Je to právě tato charakteristika, která opravuje označit chaos za autonomní.

Podobně také Winnie poukazuje na to, že chaos není striktně omezen pouze na nevypočitatelná čísla.²⁷¹ Dokazuje existenci spočitatelného chaosu (computable chaos) za splnění Devaneyho podmínek.²⁷² Winnie dokládá, že chaotické chování funkce je dobře definováno na každé oblasti mající určitou strukturu a nezáleží na entitách, které tuto strukturu realizují a chaotické funkce nepotřebují numerické oblasti.²⁷³

²⁶⁸ Srov. tamtéž, s. 29.

²⁶⁹ Srov. tamtéž, s. 171-172.

²⁷⁰ *š(i), chaos is a feature of the dynamics itself which isn't dictated by the nature of the set over which the dynamics is played out.* Tamtéž, s. 167.

²⁷¹ *š(i) there are chaotic functions from the reals to the reals that remain so when the function is restricted to the computable reals. Thus chaos does not require the random infinitude of information packed into the expansion of the random irrational numbers.* Winnie (1992, s. 265).

²⁷² Viz tamtéž, s. 266-268.

²⁷³ *This difficulty is based on the fact that the chaotic behavior of a function is well defined on any domain having a certain structure, and is independent of any additional features that might be possessed by a particular set of entities that realize that structure. For example, the particular set of real numbers that constitutes the domain of a chaotic function is unimportant; more generally, chaotic functions need not have numerical domains at all: They need not take numbers to number.* Tamtéž, s. 271.

sí definic, které se pouze áste n p ekývají a poukazují na vlastnosti, které chaos m fle a nemusí sdílet se strukturou, která jej realizuje. P ed dal-ím popisem sou ástí teorie chaosu je tak pot eba vymezit, který chaos bude nadále objektem mého zkoumání a prost edkem k testování vlivu teorie chaosu na zm nu pojetí modelu ve filosofii v dy.

Zam uji se nadále na Devaneyho chaos v diskrétních a spojitých systémech. Ve v t-in p ípad bude chaos také doprovázen podivným atraktorem. Otázky povahy struktury, která m fle realizovat chaos, ponechávám stranou. K tomuto vymezení, které vychází z p edchozího textu, je je-t t eba doplnit, fle chaos, o n mfl dále hovo ím, je zkoumán v disipativních systémech, které na rozdíl od systém hamiltonovských umofl ují existenci atraktor .

Hamiltonovské systémy jsou systémy konzervativní, dochází v nich k zachování celkové energie. Tyto systémy jsou ízeny Liouvillovým teorémem, který ur uje, fle objem se ve fázovém prostoru v pr b hu vývoje systému zachovává. Liouvill v teorém tak vylu uje existenci atraktoru dynamického systému. Protofle se v-ak nutn nemusí zachovávat také tvar dané oblasti fázového prostoru, z stává místo pro citlivou závislost na po áte ních podmínkách. Chování, které implikuje citlivá závislost na po áte ních podmínkách v hamiltonovských systémech, ale není ozna ováno jako chaotické, nýbrfl jako stochastické.²⁷⁴

Protofle mnohem realisti-t j-í jsou p ípady, kdy dochází k disipaci energie (klasický p ípad je t ení), budu se nadále v novat systém m disipativním. V disipativních systémech platí, fle se objem fázového prostoru v pr b hu asu smr- uje, a tak krom citlivé závislosti na po áte ních podmínkách umofl ují také existenci atraktoru disipativního dynamického systému.

2.2 Cesta k chaosu

Chaotické chování v disipativním dynamickém systému je speciálním p ípadem, který nastává za p esn stanovených okolností. Text , které popisují základní sou ástí teorie chaosu, existuje zna né mnofství. Nebylo by smysluplné podrobn rozebírat to, co jiní u inili

²⁷⁴ Srov. Smith (1998a, s. 16). Viz Horák, Krlín, Raidl (2003, 16-145).

n jen na hlavní orienta ní body teorie. Pro dopln ní
i p íslu-ná ást matematického appendixu.

Výchozím pojmem, který je potřeba vymežit, a doslovn vzato oblastí, kde se chaos uskute čuje, je dynamický systém (2.2.1). Vývoj systému v ase je popsán dynamickými rovnicemi. Pokud je alespo jedna ze soustavy diferenciálních rovnic nelineární, pak se v systému projeví citlivá závislost na po áte ních podmínkách (2.2.2). Záleží pak na konkrétních hodnotách regula ních parametr rovnic, jaký typ chování bude systém vykazovat. Pro názornost a jednoduchost zkoumám tento bod na diskrétním p ípadu jednoduché diferen ní rovnice.

Disipativní systém je charakteristický existencí atraktoru (stejn jako bází atraktoru - basin of attraction) ve stavovém prostoru (2.2.3). Pro daný druh dynamiky, podle hodnoty Ljapunovova exponentu, nacházíme daný typ atraktoru. Podivný atraktor nífle vyjád uji jako invariant stretch-fold transformace.

Poslední ze základních sou ástí teorie chaosu je univerzalita (2.2.4). Základní znaky logistického zobrazení jsou univerzální v tom smyslu, fle je lze vztáhnout na rozsáhlou oblast p ípad chaotické dynamiky. Tak umohl uje charakteristický tvar bifurkace pro logistické zobrazení nap íklad vypo ítat hodnoty Feigenbaumových konstant chaosu.

2.2.1 Dynamický systém

P idrflím se Smithova zp sobu vymezení dynamického systému a budu také pouflívát jeho zp sob pojmenování jednotlivých skute ností, které jsou takto obvykle nazývány. Pojmu šdynamický systém se pouflívá minimáln ve t ech významech. (1) P edn ozna uje reálný systém, který se s asem m ní (jako nap íklad pohybující se planety, proudící tekutina, ale t eba také neuronální sí lidského mozku nebo autonomní agenty sociální sí). (2) Dále ozna uje systém dynamických rovnic, které slouflí k zachycení asového vývoje r zných veli in n jakého reálného systému. (3) Kone n je jako dynamický systém ozna ována také abstraktní matematická struktura (nap íklad štok š trajektorií skrze fázový prostor), která je charakterizována mnoflinou dynamických rovnic. A koliv je etné pouflítí podle Smithe v t-inou ne-kodné, v prvním p ípad je vhodné pouflívát p ímo termín šdynamický systém a ve druhém p ípad ozna ení šsystém dynamických rovnic. Abstraktní matematickou strukturu charakterizovanou mnoflinou rovnic ozna ujeme jako matematický šmodel.²⁷⁶

²⁷⁵ P ehledn pro pou eného laika viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992); pro filosofy viz Smith (1998a), Kellert (1993); pro odborníky viz Devaney (1989), Ott (1993).

²⁷⁶ Srov. Smith (1998a, s. 6-7).

mírně mít různou podobu. V našem případě jsou
jiných diferenciálních rovnic, které slouží k popisu
spojitých systémů (například soustava tří diferenciálních rovnic,²⁷⁷ které vyjadřují Lorenz v
silně idealizovaný model reálného systému zemské atmosféry);²⁷⁸ a dále soustavy
diferenčních rovnic, které slouží k popisu diskretních systémů (například diferenční rovnice,
které slouží jako modely vývoje populací v ekologii).²⁷⁹ První i druhý systém dynamických
rovnic má pro náš další popis cesty k chaosu podstatný význam. V následující podkapitole
nám k dalšímu kroku poslouží diferenční rovnice vytvářející charakteristické logistické
zobrazení.

2.2.2 Nelinearita, citlivá závislost na počátečních podmínkách a geneze chaosu

Systém dynamických rovnic v diskrétním případě vzdoruje přímému analytickému
řešení.²⁸⁰ Numerické řešení, které je v tomto případě nasnadě, je za předpokladu přítomnosti
nelinearity v systému dynamických rovnic doprovázeno citlivou závislostí na počátečních
podmínkách. Nelinearita je nutnou, nikoliv však postačující podmínkou chaosu. Jak
podotýkají Holtovi: *Škařdý příklad chaotického chování vzniká v nelineárním systému, ale ne
každý nelineární systém bude vykazovat chaos.*²⁸¹

S ohledem na univerzalitu chaosu (2.2.4) si můžeme dovolit ponechat stranou klasický
Lorenzův systém tří diferenciálních rovnic pro spojité zobrazení²⁸² a vnovat se bez újmy na
obecnosti jediné diferenční rovnici pro diskrétní zobrazení. Velmi názorně provádí explikaci
citlivé závislosti na počátečních podmínkách Peitgen na příkladu diferenční rovnice.²⁸³
V matematickém appendixu je uveden příklad diferenční rovnice (MA II):

$$x_{n+1} = x_n r(1 - x_n) \quad \text{kde } x_i \in [0,1] \quad \text{a } 0 \leq r \leq 4.$$

²⁷⁷ Případně také soustavy parciálních diferenciálních rovnic.

²⁷⁸ Podrobněji o Lorenzově modelu viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 697-708).

²⁷⁹ Podrobněji o populačních modelech viz tamtéž, s. 42-48.

²⁸⁰ Problém stojící na počátku tradice kvalitativní analýzy od dob Poincarého. Srov. Galison (2005).

²⁸¹ *Škařdý příklad chaotického chování vzniká v nelineárním systému, ale ne každé nelineární řešení vykazuje chaos.* Holt, Holt. (1993, s. 712). Zmíní autoři a vymezují také matematický pojem nelineární funkce: *š(i) je nelineární funkce (...) je funkce, která obsahuje proměnnou zvednutou na mocninu jinou než jednu nebo nulu, nebo je součinem dvou nebo více proměnných, nebo proměnnou jako argumentu transcendentální funkce (například sine nebo cosine). Rovnice obsahující jednu nebo více takových nelineárních členů je pak nazývána nelineární rovnicí, a systém, který inspiroval rovnici, je také nazývána nelineárním systémem.* Tamtéž, s. 712-713.

²⁸² Viz Lorenz (1963), viz Gleick (1996, s. 324).

²⁸³ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 49-59).

ísel, jejíž podoba závisí na volbě hodnoty r (díčího
val se stane jasným po přihlídnutí k podkapitole o
univerzalitě chaosu (2.2.4). Nyní jen podotýkám, že pro určité hodnoty parametru r , bez
ohledu na hodnotu zvoleného x_i , smůžeme najít k jediné opakující se výsledné hodnotě
 x_{n+1} nebo k r zně složitě, ale nakonec vždy periodické sekvenci hodnot x_{n+1} .

Nelinearita se stane zjevnou, když provádíme iteraci graficky (MA II), v našem
případě je nelinearita dána kvadratickou funkcí (parabola se zápornou hodnotou koeficientu
 a). Pokud smůžeme najít x_{n+1} k jedné hodnotě nebo k periodické sekvenci hodnot, pak sledujeme
stabilní režim chování systému. V těchto případech se citlivá závislost na počátečních
podmínkách neprojevuje, jak už jsem poznamenal, bez ohledu na hodnotu zvoleného x_i vždy
výsledná hodnota závisí pouze na hodnotě parametru r .

Při jiných hodnotách parametru r (například pro $r = 4$) se ovšem situace
dramaticky liší, pro libovolně zvolené x_i ²⁸⁴ se sekvence hodnot získávaných iterací stane
aperiodickou, sledujeme nestabilní režim chování systému – chaos. Výsledky x_{n+1} získané
iterací nesmůžeme najít k žádné ustálené podobě, mohou nabývat hodnot z celého rozmezí intervalu
[0,1].²⁸⁵ Citlivá závislost na počátečních podmínkách se stane zjevnou, když porovnáme dvě
sekvence hodnot vzniklé iterací ze dvou mírně odlišných počátečních hodnot x_i . Mírná
odchylka s postupujícím iterováním neustále narůstá, až dosáhne řádu iterovaných hodnot
samotných. Po konečném počtu iterací se stanou obě sekvence naprosto odlišnými, a koliv
stále nabývají pouze hodnot z intervalu [0,1].

D sledky citlivé závislosti na počátečních podmínkách je třeba podrobněji dle kladnému
zhodnocení níže (2.3, 2.4, 2.5), přesto předesílám, že právě lokální nestabilita (nemohlost
určit n -tou hodnotu iterace vzhledem k citlivé závislosti na počátečních podmínkách) ve
spojení s globální stabilitou (jistota, že jakákoliv hodnota se bude vždy nacházet v intervalu
[0,1]) se stala východiskem celé řady úvah o míře kvantitativní a kvalitativní predikce, kterou
můžeme teorie chaosu garantovat. Jak podotýká Parker, v případě chaosu jsou vyřadována velmi
přesná počáteční data k určení chování v konečném čase.²⁸⁶

Jak vyplývá z blízkého zkoumání citlivé závislosti na počátečních podmínkách
uvedené v matematickém appendixu (MA III), je hlavní kvantitativní charakteristikou, která

²⁸⁴ S výjimkou pevných bodů (fixed points).

²⁸⁵ Samozřejmě s výjimkou pevných bodů.

²⁸⁶ Srov. Parker (2003, s. 361).

n reffimu chování systému, Ljapunov v exponent λ .
r st infinitesimáln malých chyb v ur ení po áte ních
podmínek. Tento faktor nárustu chyb je p ítom v podstat nezávislý na velikosti chyby.
Hodnota Ljapunovova exponentu tak umofl uje ur ít, zda lze o ekávat stabilní nebo nestabilní
chování systému. Ljapunov v exponent je velmi silný prost edek k odli-ení nestabilního,
chaotického chování od chování, které je stabilní a predikovatelné. ím v t-í je hodnota
Ljapunovova exponetu nefl nula ($\lambda > 0$), tím citliv j-í je závislost na po áte ních
podmínkách.²⁸⁷ Pokud je hodnota exponentu záporná, je chování systému stabilní. Konkrétní
zp soby zji-ování hodnoty Ljapunovova exponentu je-t nífle zkoumám v souvislosti
s konstrukcí model v teorii chaosu (2.4).

Jestliffe hovo íme o genezi chaosu v systému dynamických rovnic s nelinearitou, pak
poukazujeme na dal-í d leffitý rys teorie chaosu ó deterministické rovnice mohou za
speciálních podmínek (viz hodnota parametru r) produkovat chování, které je neodli-itelné
od náhodného. Práv zde se p íbliflujeme nejvíce k ospravedln ní názvu deterministický
chaos.²⁸⁸

2.2.3 Atraktor ve fázovém prostoru

Ufl v p edchozí podkapitole se objevil atraktor v podob bod , respektive interval ,
k nimfl sp je sekvence hodnot získaných iterací diferen ní rovnice. Atraktor tak ufl zde
vystupoval jako oblast p ítafllivosti vývoje systému. Smith definuje atraktory takto: *š Takové
ohrani ené mnoflny bod ve fázovém prostoru, pro které platí, fle trajektorie za ínající
v jejich sousedství do t chto mnofln konvergují.š*²⁸⁹ P esn j-í definice atraktoru je obsaflena
v matematickém appendixu (MA V). V situacích, kdy je krátkodobé chování systému vlivem
citlivé závislosti na po áte ních podmínkách nep edvídatelné (2.2.2.), je tak pro nás atraktor
zdrojem informací o dlouhodobém chování systému.

Nejjednodu-ími atraktory jsou bod (point attractor) a cyklus (limit cycle attractor), to
jsou také jediné atraktory, které se mohou nacházet v \mathbf{R}^2 .²⁹⁰ Tyto jednoduché atraktory v-ak
indikují stabilní chování systému, chceme-li proniknout k popisu nestabilního chování, jsou

²⁸⁷ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 516-518).

²⁸⁸ Výjimkou samoz ejm nejsou ani situace, kdy šnáhodaõ produkuje š ádõ. Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 35-36).

²⁸⁹ *š Bounded sets of points in phase space such that trajectories starting in their neighbourhood converge towards them.š* Smith (1998a, s. 8).

²⁹⁰ *š A nice topological result, Poincaré-Bendixson theorem, shows that, since trajectories cannot cross, fixed points and cycles are the only kinds of attractors occur in \mathbf{R}^2 ó which establishes that the long-term behaviour of a deterministic model which inhabits \mathbf{R} or \mathbf{R}^2 is very simple indeed.š* Tamtéfl, s. 8. Ov-em í v \mathbf{R} a \mathbf{R}^2 m fle existovat chaos, viz Andres, Fürst, Pastor (2007), Andres, Fürst, Pastor (2009).

vné atraktory (strange attractor), a proto se p esuneme
raktor není nutnou ani posta ující podmínkou chaosu).

Nejznám j-ím podivným atraktorem, který se vyskytuje ufl v \mathbf{R}^3 , je Lorenz v atraktor (MA V).²⁹¹ Lorenz v atraktor m fleme popsat následovn . Trajektorie se otá í kolem centra jednoho ramene (k ídla) Lorenzova atraktoru s tím, fle spirála se postupn vzdaluje od centra. Afl se dostane trajektorie dostate n daleko od centra, je z této spirály uvoln na a p itaflena do druhého ramene (k ídla) atraktoru, kolem n hofl se op t ve spirále otá í, dokud není p itaflena k p vodnímu ramenu atd. Po et otá ek, které trajektorie u iní kolem jednoho k ídla, nefl sko í k druhému, není pevný a zdá se být nepravidelným.²⁹²

Podivné atraktory jsou charakteristické fraktální dimenzí (Lorenz v atraktor má box-counting dimenzi p iblifn 2,07).²⁹³ Povaha podivného atraktoru jako fraktálního invariantu chaotické dynamiky nejlépe vynikne prost ednictvím stretch-fold transformace trajektorií ve fázovém prostoru. Konkrétn provádíme natahování (stretch) a ohýbání (fold) oblasti fázového prostoru, která obsahuje atraktor. P i nataflení se trajektorie od sebe vzdálí a p i ohnutí se op t dosáhne p vodního tvaru transformované oblasti. Atraktor je invariantem této transformace, tj. a koliv se vzájemná poloha trajektorií m ní, podoba atraktoru z stává zachována.²⁹⁴ Proces stretch-fold transformace je nazna en v matematickém apendixu (MA V).²⁹⁵

Zdánliv pouze formální popis podivného atraktoru a stretch-fold transformace s sebou p iná-í dva zajímavé d sledky. Nekone ná sloflitost podivného atraktoru m fle být odvozena z jednoduché stretch-fold transformace.²⁹⁶ Druhý d sledek je je-t zajímav j-í, jestlifle totifl pouflíváme tuto transformaci pro popis dynamického systému, pak se dopou-tíme idealizace, která ukládá nekone nou sloflitost atraktoru s fraktální dimenzí jako rys popisovaného reálného dynamického systému. Smith správn rozli-uje, fle pouflití fraktál pro popis p írodních tvar a pouflití fraktál pro popis atraktor se li-í.²⁹⁷ Charakterizování této nové podoby idealizace se uskute ní v podkapitole 2.3.4.

²⁹¹ Pokud bychom uvaflovali o diskretním systému, pak m fleme získat podivný atraktor (nap íklad Hénon v) ufl ve dvou dimenzích, viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 659-663).

²⁹² Srov. Smith (1998a, s. 11).

²⁹³ Srov. tamtéfl, s. 38.

²⁹⁴ Srov. tamtéfl, s. 46.

²⁹⁵ Podrobn ji na p ípadu Roesslerova atraktoru viz tamtéfl, s. 47-50.

²⁹⁶ Srov. tamtéfl, s. 46.

²⁹⁷ *š When describing the coastline or the fern, we argued that a non-fractal will do just as well: by contrast, if we are to preserve the simple stretching and folding of the dynamics, then we will have to live with the concomitant fractals as the attractors.š* Tamtéfl, s. 50.

ou částí chaosu je univerzalita. Konkrétně to, že jisté klíčové rysy logistického zobrazení jsou ve skutečnosti univerzálními rysy, které se uplatňují napříč rozsáhlou třídou případů.²⁹⁸ Diskrétní jednodimenzionální logistické zobrazení může sloužit k popisu vícedimenzionální spojité dynamiky. Zdánlivě prosté tvrzení umožní uje pouhým scénářem zdvojení periody (period-doubling) vedoucí k chaosu, odvozený z logistického zobrazení, v celé řadě dalších případů.²⁹⁹

Schématická bifurkační struktura (viz MA VII) umožňuje vyjádřit hodnoty dvou Feigenbaumových konstant, které jsou zhuštěným vyjádřením univerzality. Intervaly mezi hodnotami regulačního parametru, které odpovídají dvěma sousedním bifurkacím, tvoří klesající geometrickou řadu. Podíl dvou sousedních intervalů vede limitně k první Feigenbaumovské konstantě.³⁰⁰

Nástupu chaotického režimu odpovídá Feigenbaum v bod (pro hodnotu regulačního parametru přibližně 3,57). Pro tento bod je konečným stavem iterátoru nekonečně dlouhá neperiodická orbita na Cantorově množině, která se přibližuje libovolně blízko ke každému bodu Cantorovy množiny. Peitgen podotýká, že toto je možno vnímat jako první příznak chaosu, jedná se o vstup do chaosu.³⁰¹ Pásmo zdvojení periody, vyjadřující stabilní chování, je vystřídáno pásmem chaosu, vyjadřujícím nestabilní chování.

Situace ale není takto jednoznačná, neboť i v pásmu chaosu za Feigenbaumovým bodem je pro určité intervaly hodnot regulačního parametru nestabilní chování opět nahrazeno stabilním. Chaos je přerušován okny řádu (windows of order), v nichž konečný stav opět kolabuje do několika málo bodů, které korespondují s periodickými orbitami. Tyto okna řádu je nekonečné množství, přičemž všechny korespondují s jakým stabilním periodickým cyklem.³⁰² (viz MA IV)

Na hranici nejvýznamnějšího okna řádu (period three window) se projevuje další zajímavé univerzální chování chaotické dynamiky, které není z bifurkační struktury přímo patrné. Jedná se o intermitenci (intermittency) ostře řávaný chaos.³⁰³ Pro parametr o hodnotě $r = w_3 = 1 + \sqrt{8}$ nastává naprosto stabilní chování periody 3 (viz MA IV). Ale drobné změny regulačního parametru znamenají okamžitý pád do chaosu. Tento chaos je ale patrný

²⁹⁸ Srov. tamtéž, s. 100.

²⁹⁹ Například proces bifurkace v Lorenzově systému, viz tamtéž, s. 62-66.

³⁰⁰ Obdobně vyjádřit druhou Feigenbaumovu konstantu (MA VII).

³⁰¹ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 624).

³⁰² Srov. tamtéž, s. 635-636.

³⁰³ Známým příkladem intermitence je Boussoffierova-Fabrotinského reakce, viz Smith (1998, s. 111).

ní systému. Kratkodobé chování nesprávně sugeruje
ice tak představuje chování, při něm jsou fáze
šstability, někdy také nazývané jako laminární fáze (laminar phases), střídané
s nepravidelným a chaotickým chováním.³⁰⁴ (viz MA IV)

Kromě intermitence existuje také další typ chování, které souvisí s drobnou změnou
parametru. Toto chování je označováno jako krize (crisis). Pokud drobně (v řádu tisícín)
změníme regulační parametr $r > 4$, může hodnota x_{n+1} opustit vymezený interval $x_i \in [0,1]$. Po
dlouhou dobu se nám tak může zdát, že je chování chaotické (ve shodě s hodnotou blízkou $r =$
4), a koliv nakonec x_{n+1} opustí zmíněný interval. Orby tohoto typu se nazývají chaotické
přechodové jevy (chaotic transients). Chaos, který přestal existovat pro tuto hodnotu
parametru, stále vrhá na orbitu stín. Pouze v dlouhodobé perspektivě tento fantom vymizí.
Ovšem počet iterací, které jsou k tomu potřeba, závisí na volbě počátečních podmínek a stejně
tak i na tom, jak blízká je hodnota regulačního parametru hodnotě 4.³⁰⁵ (MA IV)

Univerzalita chaosu, doplněná o intermitenci a krizi, představuje završení mého
stručného pohledu teorie chaosu. Podkapitoly 2.1 a 2.2 vystihují základy teorie chaosu
s poukazem na některá filosoficky zajímavá místa, která budou v dalších podkapitolách
rozebrána.

2.3 Filosofická reflexe teorie chaosu

Stephen Kellert vytvořil dílo, které představuje první ucelenou filosofickou reflexi
teorie chaosu. K hlavním pozitivům jeho textu *In the Wake of Chaos* patří především: pevná
opora o odborné základy, vytvoření vlastní epistemologie chaosu, snaha o zapojení teorie
chaosu do širšího kontextu vědy (hlavně fyziky) a úvahy o sociologii vědy. Naším úkolem je
zhodnotit tyto okruhy následků Kellertových úvah: otázku transcendentální nemožnosti
(transcendental impossibility), povahu determinismu v teorii chaosu a souasně v důsledku
především samotnou, Kellertem budovanou epistemologii chaosu.

Těžiště tohoto hodnocení je nejdříve pro nás hlavní cíl, rozvíjený v dalších
podkapitolách. Právě v rámci tohoto hodnocení se vymezuje Peter Smith, a tak můžeme
v podkapitole 2.3.3 sledovat nejdříve spory, které se týkají epistemologie chaosu.
Smithova kniha *Explaining Chaos* je sice výrazně stručnější ve svých filosofických

³⁰⁴ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 640-644).

³⁰⁵ Srov. tamtéž, s. 647-648.

2.3.1. Transcendentální nemožnost (Transcendental Impossibility)

Kellert se zamýšlí nad tím, jaké druhy omezení p íná-í do v dy teorie chaosu. Konkrétn , jaký druh omezení v deckého poznání p edstavuje citlivá závislost na po áte ních podmínkách.³⁰⁶ Ukazuje, že toto omezení se týká predikce, které jsme schopni dosáhnout, a proto se zabývá problémem prediktivní beznad jnosti (predictive hopelessness).

V souladu s Popperovým principem odpovědnosti (principle of accountability) Kellert prohlá-uje, že jestliže máme dán stupe p esnosti, s ními chceme provád t predikce, musíme být schopni specifikovat stupe p esnosti, v jakém musí být ur eny po áte ní podmínky.³⁰⁷ Z toho, co víme o citlivé závislosti na po áte ních podmínkách (MA III), m fme lehce vyvodit, že vzhledem k exponenciálnímu nár stu chyby se pro kone ný (a obecn i velmi malý) asový interval stává požadovaná p esnost nedosažitelnou, nebo s takovouto p esností nejsme schopni pomocí jakýchkoliv p ístroj po áte ní podmínky ur it.

Problém prediktivní beznad jnosti tak podle Kellerta spo ívá v tom, že vzhledem k tomu, že neur itost v na-ích po áte ních podmínkách s asem exponenciáln roste v souladu s Ljapunovovým exponentem, by pro n které chaotické systémy uffite ná p edpov vyfadovala specifikaci po áte ních podmínek s p esností, která není dosažitelná.³⁰⁸ Prediktivní omezení definuje na základ toho Kellert následovn : *š(í) chaotické systémy vyfaduují pro úsp -né p edpov di nedosažitelnou p esnost.*³⁰⁹

Kellert samoz ejm nemá na mysli predikci obecn , ale pouze kvantitativní predikci, která je takto znemožn na (2.3.3.2.1). Takovéto vymezení mu ov-em otevírá prostor k úvahám nad povahou této nemožnosti.

Domnívá se, že je možné vymezit t i podoby nemožnosti: (1) logickou nemožnost, (2) teoretickou nemožnost a (3) praktickou nemožnost. Logická nemožnost podle Kellerta v tomto p ípad nep ípadá v úvahu, nebo by p edpokládala p ítomnost kontradikce v teorii chaosu. Obdobn se zdá, že ani teoretická nemožnost by nem la být tou pravou, nebo ta by p edpokládala poru-ení n jakého p írodního zákona (nebo chceme-li principu), p í emfi teorie chaosu nezavádí zm ny v p írodních zákonech. Z tohoto d vodu podle Kellerta v t-ina autor pokládá nemožnost obsaženou v teorii chaosu za nemožnost praktickou. P í emfi tato

³⁰⁶ Srov. Kellert (1993, s. 29).

³⁰⁷ Srov. Popper (1982, s. 12), viz tamtéž, s. 32.

³⁰⁸ Srov. Kellert (1993, s. 35).

³⁰⁹ *š(í) chaotic systems require impossible accuracy for useful prediction tasks.* Tamtéž, s. 35.

okolech, jejichž úspěšné splnění by vyžadovalo získání
informací, které jsou v současnosti nedostupné.³¹⁰

Nicméně první potíže s tímto vymezením nastane, když si uvědomíme, že pak nelze označit tuto nemohlost za principiální. To ovšem vyznívá tak, jakoby bylo možné někdy v budoucnu tuto nemohlost odstranit. Je ovšem možné označit například nemohlost odpovědět po asi za horizont jednoho měsíce za nemohlost pouze praktickou, pokud víme, že přesně jisté vymezení požadovaných podmínek není dosažitelné? A i kdyby bylo dosažitelné, že vzhledem k exponenciálnímu nárůstu chyby stejně vředy nutně po určité době naše predikce zkolabuje? Tyto úvahy samozřejmě souvisí s otázkou nových podob idealizace ve vědě (2.3.4).

Pro Kellerta je proto označení nemohlosti obsažené v teorii chaosu jako praktické nedostatečné. Snáší se dokázat, že omezení, které má na mysli, je stejně tak záležitostí teoretickou jako i praktickou nemohlosti, což ústí do potřeby nově formulovat typy nemohlosti, které jsou výše uvedené.³¹¹ Nicméně Kellert si je vědom toho, že a koliv se nám může zdát být stupeň přesnosti z dnešního hlediska nedosažitelný, přesto musíme brát jako pádný argument, že si můžeme představit vysoce pokročilou lidskou nebo jinou inteligenci, která by byla schopná měřit a počítat s přesností, která dalece přesahuje naše vlastní možnosti.³¹²

Ve snaze odpovědět na tento argument Kellert přichází (podle mého rozboru) se třemi vlastními argumenty, které směřují k zavedení transcendentální nemohlosti. (1) Podle Kellerta je diskutabilní, zda si můžeme představit takovou superinteligenci bez toho, aby byly porušeny některé fyzikální zákony.³¹³ Bohužel ale tento argument dále nerozpracovává. (2) Můžeme si představit, že dosažení dané přesnosti by vyžadovalo více energie, než kolik je schopen poskytnout vesmír. Ani tento argument Kellert dále nerozpracovává. (3) Můžeme odvodit předpokládat, že naše schopnosti jakožto konečných bytostí jsou také konečné. *ŠKonečná bytost může dokonit pouze konečné úkoly. A koliv může být pravdou, že každý prediktivní úkol by mohl dokonit nějaká představitelná supermocná, ale přesto konečná*

³¹⁰ Srov. tamtéž, s. 37.

³¹¹ Srov. tamtéž, s. 37. Kellert si pomáhá například následujícím příkladem: *ŠIf I ask a question far enough in the future (e.g. Šwhere on the Atlantic coast will the first hurricane of the year 2093 strike?Š), a successful prediction could require astronomical accuracy or perhaps more bits of information specifying initial condition than there are electrons in our entire galaxy. Now, is our inability to achieve this accuracy a practical limitation?Š* Tamtéž, s. 38.

³¹² Srov. tamtéž, s. 39.

³¹³ Zde se jistě okamžitě evokuje obdobná snaha v termodynamice, formulovaná v myšlenkovém experimentu Maxwellova démona.

Tento t etí argument je pro Kellerta rozhodující. Domnívá se, že v n m je obsažena podstata odlišnosti transcendentální a praktické nemohnosti. Nebo to, co iní n které predikce nemohnými, je určitá na-e podstatná vlastnost, to, že jsme konečné bytosti, které obývají určitý fyzikální svět, nikoliv pouze to, že jsme vybaveni v současné situaci omezenými zdroji. Ili vývoj n kterých systém je nepředpověditelný, a to principiálně, protože na-e neschopnost určit určité výpočty není omezením, které bychom mohli překonat.³¹⁵

Teorie chaosu tak ukazuje, jaký vliv má na-e inteligence, totiž že na-e konečnost má reálný dopad na naši vědeckou činnost. A tak nám také není šopora o statistické metody (recourse to statistical methods), přičemž vzato, vnučena matematickou logikou, ale je nám vnučena souhrou matematiky a toho faktu, že nemůžeme být tak přesní, jak bychom chtěli.³¹⁶

Na základě toho zavádí Kellert t etí kategorii nemohnosti o transcendentální³¹⁷ nemohnost. *šTranscendentální nemohnost se uplatňuje v těchto úkolech, kde by byl úspěch v rozporu s určitými nenáhodnými skutečnostmi, které charakterizují lidské zkoumání; je transcendentálně nemohné dokonit n které dlouhodobé predikce pro chaotické systémy. Transcendentální nemohnost má platnost pro všechna uspořádání lidských schopností, která si podržují takové nenáhodné znaky lidského zkoumání jako: být bytostí realizovanou konečným fyzikálním organismem, být bytostí vyjadřující se v jazyce a být bytostí motivovanou zájmy a hodnotami.*³¹⁸

Transcendentální nemohnost je velmi lákavým vyjádřením hranic poznání (ve smyslu určitého druhu predikce), které lze uhlít v teorii chaosu. Kellert sám ovšem poznamenává, že se nemusí jednat pouze o teorii chaosu.³¹⁹ Nemohnost zůstává takto principiální, s ohledem na na-e dispozice, ale přesto neimplikuje porušení přírodního zákona ani zavedení indeterminismu. Pokud použijeme mylenkovy experiment laplaceovského démona, pak stále

³¹⁴ *šA finite being can accomplish only finite tasks. While it may be true that for any prediction task, some imaginable superpowerful-yet-finite beings could accomplish it, it is also true that for any finitely powerful being there is some specifiable prediction task that it cannot perform.* Kellert (1993, s. 40).

³¹⁵ Srov. Kellert (1993, s. 41).

³¹⁶ Viz tamtéž, s. 42.

³¹⁷ Kellert přímě odkazuje na použití pojmu transcendentální ve smyslu, jaký mu dal Kant. Srov. tamtéž, s. 42.

³¹⁸ *šTranscendental impossibility would apply to those tasks where success would be inconsistent with nonaccidental facts about human inquiry; it is transcendentally impossible to accomplish some long-term prediction tasks for chaotic systems. Transcendental impossibility holds for all configurations of human abilities that retain such nonaccidental features of human inquiry as the following: being conducted by finite physical organisms, being expressed in language, and being motivated by interests and values.* Tamtéž, s. 42.

³¹⁹ Tamtéž, s. 42.

ence by byla schopná neomezených predikcí. Zároveň
ence by musela být vybavena aktuálně nekonečnou

pamětí.³²⁰

Tyto laplaceovské otázky, které na-e zkoumání dostávají do kontextu úvah nad omezenou racionalitou, zároveň ale naznaují, že ve skutečnosti možná nemusíme uvažovat o dalekosáhlých změnách v pojetí vdeckého poznání, pouze o zjemnění a ohraničení určitých ambic, které si nárokovala tradiční racionalita. V tomto smyslu lze také vnímat argumentaci Petera Smithe (2.3.3).

Toto hodnocení mívá k nkolika kritickým poznámkám ke Kellertovému pojetí transcendentální nemohnosti. (1) Jak už jsem výše naznačil, podobná transcendentální nemohnost je spjata zejména s jinými oblastmi vedy (nabízí se termodynamika), není primárně spojena s teorií chaosu. (2) Pokud toto zjištění domyslíme, pak se může ukázat, že je toto pojetí příliš metaforické. Odvolání se na problém konečnosti naší racionality je příliš mnohdy v mnoha kontextech zkoumání a v podstatě se jedná o tradiční filosofický problém. (3) Konečnost je také otázkou, zda nás takové úvahy neuvádí do určitého druhu metafyziky. Načtem zakládáme soud o ohraničenosti naší racionality i o konečnosti naší paměti, která může být navíc ještě konfrontována nekonečnou komplexitou reality?³²¹ Je přece možné, že podléháme nové podobě idealizace, která pojímá nekonečnou složitost jako normu a standard (2.3.4).

2.3.2 Chaos a determinismus

Kellertovy ambice přesahují samotnou podobu teorie chaosu. Snáší se ukázat, jak teorie chaosu v kombinaci s kvantovou mechanikou proměňuje pojem determinismu ve vědu. Vyjadřuje přesvědčení, že teorie chaosu neznamena pouze omezení predikovatelnosti v určitých systémech, ale že při kombinaci s kvantovou mechanickými úvahami povede dokonce ke zpochybnění samotné doktríny o determinismu.³²²

Protože se jedná o podle mého soudu velmi problematickou snahu, uvedu už na začátku své námitky. (1) Doktrína determinismu je podle mě spjata s metafyzikou. Má sice smysl hovořit o deterministických zákonech a srovnávat je se zákony statistickými a stejně tak

³²⁰ Obdobně viz Prigogine, Stengersová (2001, s. 84-86, 249), Turing (1936).

³²¹ Srov. Freeman (1999).

³²² Srov. Kellert (1993, s. 50).

ím, kde by se objevené pravidelnosti mohly libovoln
íny determinismu nem fleme.³²³

Pro ujasn ní je vhodné uvést pouflití pojmu determinismus v teorii chaosu. Smith ukazuje, jak deterministické pravidlo vede k chaosu, diferen ní rovnice pro ur itou hodnotu parametru produkuje sekvenci hodnot, která je nerozli-itelná od náhodné (randomness) sekvence.³²⁴ Peitgen ukazuje, jak statistické pravidlo vede k ádu, postup, který je ízen náhodnou sekvencí ísel, produkuje výsledek, který je naprosto pravidelný a stálý, s jasn vymezeným tvarem.³²⁵

(2) Domnívám se, fle spojování teorie chaosu a kvantové mechaniky, které provádí Kellert, je ad hoc a postrádá opodstatn ní, nebo se neprojevuje ve v decké praxi. Jedná se ist o spekulaci. Navíc Kellert neuvádí skute né problémy spojení teorie chaosu a kvantové mechaniky, o nichfl hovo ím v úvodu.

Jak Kellert postupuje? P edn vymezuje základní znaky determinismu: (1) Diferenciální dynamika ó diferenciální rovnice jsou dostate né pro popis systému. (2) Jednoznaný vývoj ó vývoj systému je jednozna n ur en, jakmile specifikujeme stav systému v ur itém okamfliku. (3) Hodnotová determinovanost ó v-echny vlastnosti systému mají dobře definovanou reálnou hodnotu. (4) Úplná p edpov ditelnost ó chování systému je principiáln p edpov ditelné.³²⁶ Následn ukazuje, fle (4) (jak jsme vid li) je neslu itelná s teorií chaosu, (3) je neslu itelná s kvantovou mechanikou a spojení kvantové mechaniky a teorie chaosu vyluje také (2). íli jedině, co z stává, je (1) jako základ pro lokální determinismus (local determinism).

Podle Kellerta nás teorie chaosu seznamuje s p íklady systém , které jsou popsány diferenciálními rovnicemi, vykazují jednozna ný vývoj, mají jasn determinované hodnoty a p esto nejsou p edpov ditelné.³²⁷ Teorie chaosu, jak jsme jifl vý-e vid li, neumofl uje ur ité druhy p edpov dí (naru-ení (4)). Kvantová mechanika podle Kellerta vyluje p esné ur ení hodnot velí in (naru-ení (3)).³²⁸

Vlastní Kellert v p ínos má spo ívat v kombinaci vlivu teorie chaosu a kvantové mechaniky. Kellert v argument je následující: *š(P₁) Kvantová mechanika tvrdí, fle systému tvo enému jedinou ásticí nem fle být p i knut bodový stav ve stavovém prostoru: celek*

³²³ Vyrovnat se s Russelovou tezí o determinismu se pokou-í Schlesinger (1987, s. 339- 346).

³²⁴ Srov. Smith (1998a, s. 147-164).

³²⁵ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 34-36). O vymezení deterministických a statistických zákon , p ípadn zákon , které nespádají ani do jedné z t chto kategorií, se snafl Sudbary (1976, s. 307- 315).

³²⁶ Srov. Kellert (1993, s. 50).

³²⁷ Srov. tamtéfl, s. 62.

³²⁸ Kellert pro to uvádí Redhead v argument, který se opírá o m ení Bellových nerovností a Kochen v-Specker v paradox. Srov. tamtéfl, s. 68.

omu identifikovat její s plošnou konečnou měrou se

(P₂) Teorie chaosu říká, že dva v jiných ohledech

identické chaotické systémy s nepatrně odlišnými poáteními podmínkami budou nakonec podléhat značné divergenci bez ohledu na to, jak malý je poáteční rozdíl. (Z) Dva fyzikálně identické chaotické systémy s identickými okrajovými podmínkami a zákony, tvořené jedinou částicí, která je v čase t_0 v obou systémech v totosférném fyzikálním stavu, mohou být v odlišných stavech v čase $t > t_0$. ěli, determinismus ve smyslu jednoznačnosti vývoje pozbývá platnosti. ě

329

Kellert se zamýšlí nad tím, zda zbývající charakteristika (1) není jak smysluplně zaručuje determinismus. Jestliže mezi fyziky převládá snaha o používání nestochastických diferenciálních rovnic za účelem porozumění fyzikálnímu pojetí změny, pak výsledkem může být pouze nacházení lokálních spojení mezi událostmi. Není možné zkoumat globální jednoznačný vývoj systému. Tato podoba determinismu, kterou Kellert nazývá lokálním determinismem (local determinism), je vědom, co potěbuje k povzbuzení pokračujícího pokroku matematické fyziky.³³⁰

Jak jsem již naznačil, s Kellertovými názory se v tomto ohledu nemůžeme ztotožnit. I kdybych chápal úvahy o determinismu jako legitimní součást filosofie vědy, způsob spojování teorie chaosu a kvantové mechaniky považuji za nefunkční.

(1) Kvantová mechanika je vnímána jako fundamentální teorie mikrosvěta, zatímco teorii chaosu lze chápat jako speciální oblast klasické mechaniky. Obě teorie používají odlišné pojmosloví, které v mnoha ohledech nelze vzájemně použít. Například pojem trajektorie je v rámci kvantové mechaniky velmi problematický.³³¹ Dodnes neexistuje mezi odborníky shoda v tom, jak by tyto dvě oblasti měly vzájemně souviset (viz Úvod). Domnívám se, že je vhodné vnímat tyto teorie jako dvě odlišné mnohlinové modely, které jsou použitelné na odlišných oblastech výzkumu.

(2) Kellert v argumentu je ryze spekulativní, není propojen s žádným konkrétním příkladem, který by jej podpořil. Kellert ani nenabízí prostředky k testování tohoto

³²⁹ *š(P₁) Quantum mechanics says a one-particle system cannot be said to have a pointlike state in state space: the totality of physical information about it suffices only to identify it as a patch of finite area with a lower bound on its size. (P₂) Chaos theory says that two otherwise identical chaotic systems with slightly different initial conditions will eventually diverge greatly, no matter how small the initial difference. (Z) Two physically identical chaotic systems with identical boundary conditions and laws and with their one particle in the same physical state at t_0 can be in different states $t > t_0$. That is, determinism as uniqueness of evolution fails to hold. ě* Tamtéž, s. 71.

³³⁰ Srov. tamtéž, s. 75.

³³¹ Známá je Prigoginova snaha o propojení teorie dynamických systémů a kvantové mechaniky, viz Prigogine, Stengersová (2001, s. 240-267).

asti nelze propojit, to nemohu rozhodnout, pouze se
k bez zásadní úvahy nad odlišnou povahou obou
teorií.

(3) Domnívám se, že závěr (Z) je problematický, což si sám Kellert uvědomuje, a proto se pokouší o jeho interpretaci.³³² Na jednu stranu se nám snaží tvrdit, že dva identické systémy mohou podléhat odlišnému vývoji, ale na straně druhé vidíme, že identičnost je pouze zdánlivá, nebo odlišný vývoj je dán divergencí drobných odlišností (teorie chaosu), které ovšem principiálně nejsme schopni odlišit (kvantová mechanika). Domnívám se, že buď (a) jsou oba systémy odlišné a tudíž se budou odlišně vyvíjet, nebo (b) pokud jsou systémy identické, pak budou mít stejný vývoj. Každopádně v obou případech jednoznačnost vývoje zůstává zachována.

Nejsem si jist, zda je jednoznačnost vývoje prvek doktríny determinismu, který může být vynechán, aniž by se stal metafyzický pojem determinismu prázdným. Na druhou stranu, jestliže se oprostíme od metafyzického předpokladu a budeme používat pojem determinismu metodologicky ve spojitosti s určitým druhem matematického popisu, pak nám máme najít případy, kdy jednoznačnost vývoje v deterministických systémech skutečně přestává platit. Oblast nejednoznačné analýzy, která má uplatnění při popisu dynamických systémů v biologii a v některých sociálních vědách, je toho příkladem.³³³ Máme tak ztratit v oblasti teorie dynamických systémů a poruší jednoznačnost vývoje, aniž bychom potřebovali exkurz do kvantové mechaniky.

2.3.3 Epistemologie chaosu

Kellertovou snahou, která proniká celé jeho dílo, není pouze popis změnny filosofie v dané perspektivě chaosu. Kellert se snaží ukázat, nakolik máme inspirování teorií chaosu racionalizovat výzvy, které představuje postmoderní filosofický mainstream. Jestliže tento přístup poukazuje na to, že by měla být více holistická, decentralizovaná, dialogická, pak Kellert tyto pojmy přetváří do podoby přijatelné i mimo tento rozvolněný diskurz. Kdyžli hovoří o metodách: modelování, holismu, experimentalismu a diachronii, pak je potřeba mít toto zajímavé napětí v Kellertově záměru stále na paměti.

Kellert své převažující pojetí změnny porozumění ve v dané perspektivě chaosu vyjadřuje souhrnně takto: *š (í) teorie chaosu poskytuje porozumění objevování se nepřetržitě*

³³² Viz Kellert (1993, s. 72-75).

³³³ Andres, Fürst, Pastor (2009).

odel , které odhalují řád.³³⁴ Okamžitá otázka kritika
imárn pojmů porozumění (understanding) a ne pojmu
vysvětlení (explanation). Porozumění vymezuje Kellert velmi obecně: *š(i) neznamená nic
více než to, že nám pomáhá promýšlet a odpovídat na některé aspekty své zajímavými nebo
užitečnými způsoby.*³³⁵ Kellert chce vyjít od takto volně vymezeného pojetí a postupně
specifikovat jeho konkrétní náplň.

Nicméně Kellert si je vědom toho, že pro vhled do problému v desképorozumění je
vhodné vycházet od pojmu v deskévysvětlení. V tomto ohledu se Kellert odvolává na
Wesley Salmona a Philipa Kitchera, kteří jsou přesvědčeni, že filosofické pojetí vysvětlení
poskytuje vhled do podstaty filosofického pojetí v desképorozumění.³³⁶ Kellertovi zřejm
ě připadá pojem porozumění méně než pojem vysvětlení. Zatímco první z nich chápe teorii
chaosu jako zkoumání, které umožňuje porozumět, jak povstává chaotické chování, jak
porozumět vzorům, které máme pozorovat atd., tak druhý vysvětluje, proč nastává daný jev,
fakt nebo událost.³³⁷ Domnívám se, že se jedná pouze o hrubé slovy, která by bylo možné
použít i obráceným způsobem. V Kellertově zkoumání se stejně ukazuje, že vysvětlení je pro
v deskézkoumání klíčové a že jeho nahrazování pojmem porozumění je pouze zaváděním
určitého obecného označení způsobu dosahování vysvětlení v teorii chaosu.

V souhrnnosti je již Kellert posunut do oblasti, v níž teorii chaosu chápe spíše jako
zdroj zajímavých výpovědí pro celou řadu věd a mnohem více inklinuje k metaforickému užití
této teorie.³³⁸ Dívodem podle mého názoru je již i kritika, která ambiciózní revizi
dynamického porozumění (dynamic understanding) ve vědě zpochybnila, především kritika
Petera Smitha.³³⁹ Nyní explicitně Kellert hovoří (i s odvoláním na Smitha) o tom, že teorie
chaosu představuje metodologické změny, ale nikoliv revoluci ve vědeckém porozumění.³⁴⁰

³³⁴ *š(i) chaos theory provides an understanding of the appearance of unpredictable behavior by constructing models which reveal order.* Kellert (1993, s. 79).

³³⁵ *š(i) to mean nothing much more than that it helps us to think about and respond to some aspects of the world in interesting or useful ways.* Tamtéž, s. 80.

³³⁶ Srov. tamtéž, s. 80.

³³⁷ Srov. tamtéž, s. 81.

³³⁸ Domnívám se, že Kellertovo zkoumání v knize *Borrowed Knowledge* také ukazuje hranice metaforického užití chaosu ve vztahu k postmoderní filosofii. Klíčový vztah k dekonstruktivismu je sice zahrnutým Kellertovy knihy, ale nikoliv ve smyslu výkladu terminologie dekonstruktivismu pomocí terminologie teorie chaosu. Srov. Kellert (2008, s. 213-228).

³³⁹ Smith (1998a).

³⁴⁰ Srov. Kellert (2008, s. 11-12).

atn j-í popis nových metod dosahování porozum ní
stností tohoto porozum ní, které je ur ováno t mito

metodami.

2.3.3.1 Metody sloužící k dosažení porozum ní

Kellert hovo í v jádru o jedné zásadní metod , která má t i metodologické aspekty. Touto metodou je konstruování, propracovávání a aplikování jednoduchých dynamických model .³⁴¹ T emi metodologickými aspekty jsou ó holismus (H), experimentalismus (E) a diachronie (D). Kellert k nim vysv tluje: *š(í) chování není studováno jeho redukcí na jednotlivé ásti (H); výsledky nejsou prezentovány v podob deduktivních d kaz (E); a se systémy není nakládáno tak, jakoby okamžit é popisy byly kompletní (D).*³⁴²

A koliv se Kellert odvolává obecn ji na SET (Frederick Suppe, Bas van Fraassen), jeho hlavní oporou je raná podoba MOTu Ronalda Giera.³⁴³ Mnohé z Kellertova pojetí v deckého porozum ní m fme pochopit práv s ohledem na inspiraci raným Gierem. Pokud uvafluje v du bez princip a axiom ,³⁴⁴ pak m fle snáze inklinovat k popisnému porozum ní namísto vysv tlení. Spolu s Gierem tedy chápe Kellert teorii chaosu jako slofenou ze dvou ástí, a to: (1) skupiny model a (2) mnofství r zných hypotéz, které modely spojují se systémy v reálném sv t .³⁴⁵ Teoretické hypotézy sloufí k nalezení vztahu podobnosti mezi modelem a a popisovaným systémem, jak jsme zvyklí i z Gierova sou asného MOTu. Úskalí tohoto pojetí se ukazuje ve chvíli, kdy Kellert vymezuje modely teorie chaosu pouze vý tem, s ohledem na tradi ní odbornou literaturu.³⁴⁶ Vyuffití MOTu k zachycení metod (a vlastností) teorie chaosu, které provádím v záv ru této kapitoly, je Kellertem p edp ipraveno, ale v n kterých ohledech (hlavn ve vztahu k princip m) pot ebuje podle mého názoru zm nit jednak v souladu s dne-ním Gierovým MOTem, jednak také s ohledem na dlouhou diskuzi o pojetí model v teorii chaosu.

³⁴¹ Srov. Kellert (1993, s. 85).

³⁴² *š(í) the behavior is not studied by reducing it to its parts; the results are not presented in the form of deductive proofs; and the systems are not treated as if instantaneous descriptions are complete.* Tamtéž, s. 85.

³⁴³ Giera (1988).

³⁴⁴ Srov. Kellert (1993, s. 86).

³⁴⁵ Srov. Giera (1988, s. 85), viz Kellert (1993, s. 87).

³⁴⁶ Srov. Kellert (1993, s. 87).

umuje, že jeho metodologické pojetí holismu jako protiváhy metodologického pojetí redukcionismu nemá nic společného s metafyzikou,³⁴⁷ přesto se do kalu kritiky. Kellert tradičně, zejména pod sugestivním vlivem Prigogina, vyjasňuje své pojetí holismu souvislostí s tzv. integrovatelností (integrability) modelu.³⁴⁸ říká, že sice bychom mohli napsat rovnici, která řídí pohyb systému dvojitého kyvadla, ale vzhledem k tomu, že je tento systém nelineární a neintegrovatelný, není možné jej redukovat do dvou oddělených oscilátorů. Odtud dospívá Kellert ke svému závěru, že a koliv je mikroredukcionismus samozřejmě metodologickým pravidlem, které předpokládá, že je vždy vhodné snažit se porozumět chování systému prostřednictvím určených rovnic, které řídí jeho interagující části, přesto plodnost teorie chaosu svědčí proti tomuto předpokladu.³⁴⁹

Peter Smith se domnívá, že Kellert nedostatečně jasně vymezuje, co je tím odmítaným mikroredukcionismem. Pokud by šlo o snahu například vysvětlit podobu oběžné dráhy Hyperionu pomocí interakcí elementárních částic, z nichž je složen Hyperion a Saturn, pak by se jednalo o velmi naivní pojetí. K odhalení jeho naivity ovšem nepotřebujeme teorii chaosu. Navíc i v mnoha oblastech fyziky bylo již dávno na redukcionismus rezignováno. Podle Smitha je ovšem mikroredukcionismus mnohem sofistikovanějším tvrzením a jako takový může být dokonce teorií chaosu podporován.³⁵⁰

Smithovo pojetí mikroredukcionismu se nesnaží relativizovat fakt, že mnohdy máme k dispozici jednoduchou rovnici (například logistickou), která vyjadřuje jednoduchý zákon, ale nejsme schopni předvídat konkrétní chování systému. Tvrdí totiž, že mikroredukcionismus má význam jako určené pojetí vztahu mezi makro a mikro úrovněmi zkoumaného systému. Jednoduchá rovnice s komplexním chováním (simple-equations-with-complex-behaviour) se vždy uplatňuje na určené úrovni popisu. A tak mikroredukcionistická pozice, která tvrdí, že komplexita makro-úrovně může být pochopena jako důsledek jednoduchých zákonů, které

³⁴⁷ *Chaos theory gives no examples of holistic properties which could serve as counterexamples to [philosophical doctrine of reductionism].* Tamtéž, s. 90.

³⁴⁸ Prigogine, Stengersová (2001 s. 82-84).

³⁴⁹ Srov. Kellert (1993, s. 88-90).

³⁵⁰ Srov. Smith (1998a, s. 119). Smith uvádí hypotetický příklad z evoluční biologie: *Now, one way to get the needed effective randomness in more-or-less macro-deterministic framework would be to build some sensitive dependence into the reproductive process, so that minutely different circumstances can trigger different genetic mutations, which all the consequent advantages to the gene line. The downstream result of the underlying chaos (if that is what it is) may be emergence of real ontological novelty or ultimately, new species. But again, there is plainly nothing in this neo-Darwinian picture of chaotic mutations and natural selection which counts against any plausible reductionist project for explaining this emergence.* Tamtéž, s. 119-120.

m fle být v kontextu teorie chaosu vnímána jako více,

Kellert se bohufel p ílí– svázal, kdyfl s pádem integrovatelnosti spojil i pád redukcionismu. Vfdy integrovatelnost je i v jiných oblastech fyziky spí–e ideálem, kterého lze st flí dosáhnout. Kup íkladu Kellertem d íve citovaná kvantová mechanika je schopna vytvá et integrabilní modely pouze pro velmi jednoduché systémy a p ítom ji budeme st flí spojovat s pádem redukcionismu. Kellertovo snaflení tak m fle v lep–ím p ípad vyznívat jako (1) opakování relativn známého faktu, fle mikroredukcionismus spojený s pojmem integrovatelnosti nelze íroce ve v d uplatnit; v hor–ím p ípad jako (2) neuváflené zobecn ní, které mikroredukcionismus diskvalifikuje, anífl by si vyjasnilo celý obsah tohoto pojmu.

Stejn jako Smith chci ale podotknout, fle tento m j odsudek nijak nerelativizuje fakt, fle vztah mezi rovnicí a chováním, které je za ní skryto, není p ímo arý a vyfladuje speciální metody zkoumání. Mluvit ale o holismu, který nastupuje místo redukcionismu, by bylo p ílí–snadné a zjednodu–ující.

2.3.3.1.2 Experimentalismus

Konec redukcionismu a nemoflnost dedukovat záv ry z výchozích tvrzení vedou podle Kellerta k nutnosti zvolit metodu experimentalismu. Teorie chaosu totiž asto obchází deduktivní struktury a neredukovateln se p íklání k výsledk m po íta ových simulací. P í emfl tato neredukovatelnost je principiální, protofle je nemoflné p ísn dedukovat povahu chaotického chování systému z jednoduchých rovnic, které toto chování ídí. Zde jde pak Kellert je–t dále a tvrdí, fle dokonce i u tak slavného p íkladu chaosu, jako je Lorenz v systém (MA V), nebylo nikdy p ísn dokázáno, fle vykazuje citlivou závislost na po áte ních podmínkách. A tak se tvá í v tvá t mto potíflím musejí výzkumníci obracet k tomu, co je nazýváno šnumerickými experimentyö (šnumerical experimentsö) ó pouflívat po íta k simulování chování abstraktního dynamického sytému prost ednictvím numerického integrování pohybových rovnic.³⁵²

Mandelbrot dokonce v této souvislosti hovo íl o prom n matematiky, o návratu ur íté podoby induktivní matematiky typické pro po átky této disciplíny v antickém ecku.³⁵³ Smith op t oponuje, tvrdí, fle takováto podoba experimentalismu není ni ím novým. Dokonce

³⁵¹ Srov. tamtéfl, s. 120.

³⁵² Srov. Kellert (1993, s. 91-92).

³⁵³ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1991).

o ístupu je v teorii chaosu typicky je-t v t-í. asto
egrace zjednodu-ených verzí skute n pořadovaných
rovníc, bez podpory apriorního d kazu, fle tyto aproxima ní metody budou úsp -né. Stejn
tak to, kterou aproximaci poufít v tom kterém p ípad , je také justifikováno šexperimentáln õ
podle toho, která z nich poskytne p íjatelné výsledky, kdyfl dochází k numerické integraci.³⁵⁴

Kellert nicmén podotýká, fle pokud by se jednalo pouze o praktické obtífle, které by
nás nutily k experimentálnímu p ístupu, pak by teorie chaosu nep edstavovala zm nu
v deduktivistickém p ístupu ve v d . Skute ná zm na je dána transcendentální nemoflností,
která nám jako kone ným bytostem neumofl uje po ítat s nekone nou p esností.³⁵⁵ Smith
s tím naprosto nesouhlasí, íká, fle krom výpo etn nákladného ur ování dlouhodobého
chování orbit chaotického systému existují také jiné, více i mén rigorózní zp soby, jak
ur it chaotický charakter chování systému. V tomto sm ru p ípomíná Smith scéna
zdvojování periody, který je indikátorem chaotického chování.³⁵⁶

V sou asnosti také jifl neplatí Kellert v argument, fle v Lorenzov systému nebyla
striktn dokázána citlivá závislost na po áte ních podmínkách.³⁵⁷ Výtku si zasloufí také
Kellertovo poufítí stínového lemma.³⁵⁸ Kellert sice správn vystihuje podstatu stínového
lemma (MA VIII), ale univerzální platnost, kterou mu prop j uje,³⁵⁹ vyznívá v kontextu
Kellertova snažení pon kud paradoxn .

2.3.3.1.3 Diachronie

Kellert se domnívá, fle obecná metodologie fyziky se vyzna uje synchronií, která
stanovuje, fle o zkoumaném systému víme v-echo podstatné, jestlifle tento systém správn
popí-eme v jednom asovém okamfiku.³⁶⁰ Jako d kaz, fle je t eba nahranit tento p ístup
pojetím, které bude reflektovat minulost vývoje systému, si bere Kellert dva zna n odli-né
p íklady: hysterezi a bifurka ní diagram.

K hysterezi souhrnn uvádí, fle chování systému s efektem hystereze nem fleme
porozum t bez znalosti jeho historie. P í emfl šhistorieõ je chápána ve velmi omezeném
významu jako šzáznam minulého chováníõ (šrecord of past behaviorõ).³⁶¹ Je ur it vtipné
srovnat toto šrevolu níõ Kellertovo zji-t ní ohledn hystereze s tvrzením, které m fleme najít

³⁵⁴ Srov. Smith (1998a, s. 121).

³⁵⁵ Srov. Kellert (1993, s. 92).

³⁵⁶ Srov. Smith (1998a, s. 121).

³⁵⁷ Soud podle ústního sd lení Jana Andrese.

³⁵⁸ Viz Kellert (1993, s. 93).

³⁵⁹ Nezmi uje omezující podmínku hyperbolicity, která je spln na pouze v omezeném po tu p ípad (3.1).

³⁶⁰ Srov. Kellert (1993, s. 93).

³⁶¹ Srov. tamtéfl, s. 95.

závislosti s diskuzí pojmu vysv tlení v nefyzikálních
vívá argumentem, že tvo ení generalizací (nacházení
princip vysv tlení) o lidském chování je nemožné, protože reakce jednotlivce v daném
okamžiku nezávisí pouze na této situaci, ale také na minulosti jednotlivce. Hempel
poznává, že neexistují žádné apriorní d vody, pro by nebylo možné dosáhnout
takových zobecnění, která by brala závislost chování jedince na minulosti v potaz. A tak je
Hempel přesvědčen, že tento argument není dokazem, což je zřejmé i z: *š(i) existence
ur itých fyzikálních jev , takových jako magnetická hystereze a únava pružnosti, p i nichž
velikost specifického fyzikálního efektu závisí na minulé historii systému a pro n flbyly p esto
stanoveny ur ité obecné pravidelnosti.*³⁶² Hempelova znalost hystereze je také
protipříkladem ke Kellertově expozici sociálních aspektů v dy.³⁶³

Kellert ale přichází s ještě silnějším tvrzením, když tvrdí, že ve skutečnosti tím
každý systém, který prochází bifurkacemi, které jsou d sledkem změny regulačního parametru,
je příkladem platnosti jeho teze o diachronii. S odvoláním na Prigogina je přesvědčen, že
znalost rovnic systému a hodnoty regulačního parametru nedostačuje k popisu stavu systému,
protože v danou chvíli existují minimálně dvě alternativní platná řešení. Dokonce ani
nemáme rozumět tomu, proč se systém nachází v jednom z možných řešení bez toho, že
bychom rozuměli tomu, jak do tohoto řešení dospěl (diachronní aspekty). *š Prohlásit, že se
š systém nachází v bod C, protože parametr p vzrostl nebude stažit, musí být odkázáno
k tomu, kterou bifurkační dráhu systém následoval v bod B.*³⁶⁴ (SIC!)

Domnívám se, že takto silné pojetí významu bifurkace je minimálně obecně
neobhájitelné. V předchozích podkapitolách jsem ukázal, jak je struktura bifurkací
v logistickém zobrazení svázána s hodnotou řídicího parametru. Pro danou hodnotu parametru
dochází například k periodickému střídání dvou, čtyř, osmi atd. hodnot. Jsme schopni určit,
pro jakou hodnotu parametru nastane další bifurkace, pro jakou hodnotu parametru vyvstane
chaotický režim, kdy se objeví šokná dráha v chaosu. A koliv Kellert explicitně nehovoří o
nevrátlosti,³⁶⁵ přesto má jeho pojetí diachronie výraznou prigoginovskou příchutí. O
problematice Prigoginovy interpretace teorie chaosu jsem už psal výše. Příznačně

³⁶² Srov. Kuchár (1968, s. 199-200).

³⁶³ Viz Kellert (1993, s. 126).

³⁶⁴ Srov. tamtéž, s. 95. *š Saying š the system is at C because parameter p was increased š will not suffice; reference must be made to which bifurcation path the system followed at B.* Tamtéž, s. 95.

³⁶⁵ Srov. Horák, Krlín (2004, s. 9-15).

2.3.3.2 Povaha porozum ní/vysv tlení

Kellert nasti uje t i pojetí tradi ního vysv tlení ve v d : (1) epistémické, které stanovuje, že v da dosahuje porozum ní tím, že iní události mén p ekvapivými, tím že je iní o ekávatelnými (expectable), (2) ontické, které vidí pokrok ve v deckém porozum ní jako d sledek odhalení skrytých kauzálních proces (disclosure of the hidden causal processes), zodpov dných za dané chování, a (3) modální, které vidí r st v deckého porozum ní v tom, že jsme schopni stále více událostí charakterizovat jako takové, které se d jí z nutnosti (happening out of necessity).³⁶⁷

Kellert podrobuje tato t i tradi ní pojetí revizi, která (1) v rámci epistemické koncepce klade proti kvantitativní p edpov ditelnosti p edpov ditelnost kvalitativní (quantitative versus qualitative predictability), (2) v rámci ontické koncepce klade proti odhalování kauzálních mechanism odhalování mechanism geometrických (causal versus geometrical mechanisms), a (3) v rámci modální koncepce klade proti pojmu zákon pojem ád (law versus order).

2.3.3.2.1 Kvantitativní a kvalitativní p edpov ditelnost

Tradi n silný vliv na pojetí predikce ve v d m l Hempel v deduktivn -nomologický model vysv tlení. V tomto pojetí v deckého vysv tlení je podle Kellerta zásadní explana n - predik ní symetrie (explanation-prediction symmetry thesis), která stanovuje, že každé v decké vysv tlení má podobu predikce a každá predikce je také vysv tlením.³⁶⁸ Kellert si v-ímá, že tato symetrie je naru-ena v jednom i druhém sm ru.

Toulmin v p íklad s velkou prediktivní silou babylónské astronomie podle Kellerta ukazuje, že schopnost p edvídat nep edpokládá nutn , že musíme problému rozum t.³⁶⁹ A

³⁶⁶ *šMají-li Prigogine a Stengersová pravdu a p íležitost má sv j význam v blízkosti nebo p ímo v bifurka ním bod , za kterým afl do dal-ího rozv tvení (bifurkace) p evládají deterministické d je, nezasazují p íležitost samu do deterministického rámce? Jestlipak ji p ísuzováním zvlá-tního významu zároveň nesníflují? M l jsem to pot -ení prohovo it tuto otázku s Prigoginem p í ob d . Usmál se a ekl: šAno. Mohlo by to tak být. Nem flme v-ak stanovit, kdy vznikne dal-í bifurkace.š P íležitost, podobn jako bájný fénix, vyvstává vfldy znovu.š Prigogine, Stengersová (2001, s. 21).*

³⁶⁷ Srov. Kellert (1993, s. 96-97).

³⁶⁸ Srov. tamtéfl, s. 97.

³⁶⁹ Toulmin (1961, s. 30), viz Kellert (1993, s. 98). Je ov-em možné kritizovat takovéto odsouzení babylónské v dy jako pouze popisné. M flme si dovolit tvrdit, že zp sob porozum ní pouflívaný Babyló any nebyl ur itým druhem vysv tlení? Takto bychom mohli kritizovat jakékoliv v decké vysv tlení, nebo u n j nikdy nem flme s jistotou ící, zda je definitivní. Chápeme-li v du jako posloupnost falsifikovatelných hypotéz.

rozumíme chaotickým systém m, nejsme schopni
rie chaosu nám totiž (1) poskytuje novou obecnou
informaci o vztahu mezi vlastnostmi systému ve velkém m ítku a jeho dlouhodobým
chováním, dokonce umohl uje nové p edpov di. (2) Poskytuje také pochopitelný a jasný popis
toho, pro je p edpov ditelnost nemoflná, a dokonce i popis toho, jak k tomu dochází. Co je
v-ak pro Kellerta velmi d leflité, a koliv teorie chaosu nep iná-í tradi ní vysv tlení
(explanation), p iná-í porozum ní (understanding). Ukazuje tak, fle a koliv p edpovídat není
totéfl co p iná-et porozum ní, tak tato schopnost nového druhu p edpov dí a popisu
prediktivních omezení je znakem porozum ní.³⁷⁰

Vztah mezi novými prediktivními schopnostmi a mezemi p edpov ditelnosti vyjas uje
Kellert prost ednictvím odli-ení kvantitativních predikcí, které jsou v chaotických systémech
nemoflné (SIC!) a kvalitativních predikcí, které jsou centrem teorie dynamických systém :
*š Kvantitativní zkoumání mohou poskytnout velmi p esnou informaci o dynamickém systému
prost ednictvím e-ení pohybových rovnic, ale pro nelineární systémy je tato informace
omezena na práv jedno e-ení a jeho malé okolí, p i emfl jakákoliv p esnost rychle mizí
s rostoucím asem. Kvalitativní porozum ní je komplementární; p edvidá vlastnosti systému,
které z stanou platné po velmi dlouhou dobu a obvykle navfdy. Poskytuje tak š obecné
informace a skv lé klasifikace, které se týkají otázek periodicity a stability orbit, symetrií a
asymptotických vlastností chování, a š struktury mnofliny e-ení.õ.õ*³⁷¹

Kellert ale vzáp tí nev domky relativizuje zásadnost prom ny epistemické koncepce v
souvislosti s teorií chaosu. Cituje totiž Poincarého, který zásady kvalitativní analýzy vt lil do
p írodní v dy jifl p ed více nefl sto lety.³⁷²

Sv j rozbor revize epistemické koncepce uzavírá Kellert poukazem na SET, kdyfl pí-e,
fle znalost atraktoru p edstavuje kvalitativní porozum ní a dodává, fle teorie chaosu zahrnuje
teoretické hypotézy, které stanovují vztahy kvalitativní (topologické) podobnosti (qualitative

³⁷⁰ Srov. Kellert (1993, s. 99-100).

³⁷¹ *š Quantitative investigations can provide very accurate information about a dynamical system by solving the equations of motion, but for nonlinear systems this information is typically limited to just one solution and some small vicinity around it, and any accuracy secured rapidly disappears with time. Qualitative understanding is complementary; it predicts properties of a system that will remain valid for very long times and usually for all future time. It gives š the general informations and the great classifications,õ by dealing with questions such as the periodicity and stability of orbits, the symmetries and asymptotic properties of behavior, and š the structure of the set of solutionsõ.õ Tamtéfl, s. 101. Je-ť radikáln j-í pojetí p edstavují Holtovi: š Using the driven simple pendulum as a paradigm, we identify three senses that regularity might have in connection with nonlinear dynamical systems: periodicity, uniqueness, and perturbative stability. Such systems are always regular only in the second of these senses, and that sense is not robust enough to support predictions.õ Holt, Holt (1993, s. 711).*

³⁷² Viz Kellert (1993, s.101).

ími modely a aktuálními zkoumanými systémy.³⁷³ To
uje reálnou situaci v teorii chaosu, protože i zde hraje

kvantitativní porozumění/vysvětlení a také kvantitativní predikce dle ležící roli (viz dále); a navíc (2) směřuje roviny výkladu, protože najednou se kvalitativní predikce a také kvalitativní porozumění (to samo by zasloufílo odlišení) stávají prostředkem k vyjádření vztahu podobnosti mezi modelem a reálným systémem v rámci SETu. Následující Smithovy výtky dle mého názoru pramení v (1).

Peter Smith se domnívá, že odlišení kvantitativní a kvalitativní predikce není nic význačného. Nelze tvrdit, že se starý styl modelování soustředil pouze na kvantitativní problémy typu vyšetřování průběhu jednotlivých trajektorií. Tvrdí, že kvalitativní porozumění, jak jej Kellert volně používá, bylo v dynamice vždy ústřední, i když se s teorií chaosu dostalo více do popředí.³⁷⁴ Navíc se dá v souvislosti s teorií chaosu téměř mluvit o úplném opuštění kvantitativního porozumění a predikce. Je samozřejmě pravdou, že modely teorie chaosu nemohou být použity k předpovědím detailů časového vývoje relevantních fyzikálních veličin pro dlouhá časová období. Nicméně poskytují celou řadu jiných druhů předpovědí, které jsou jak kvalitativní, tak i kvantitativní, a to o tom, jak se bude systém chovat pro zvolený regulační parametr a dokonce i o tom, jak se chování systému změní se změnou regulačního parametru.³⁷⁵

Smith se domnívá, že neformálně odlišit kvantitativní a kvalitativní aspekty porozumění a predikce je dost problematické a hlavně nepřefílené, a to už i v případě chaotické mechaniky.³⁷⁶ Existuje však možnost striktního formálního odlišení, pokud na jednu stranu umístíme topologicky invariantní vlastnosti a na druhou stranu všechny ostatní.³⁷⁷ Toto odlišení ovšem Kellertovi nepomůže, naopak, pokud toto formální odlišení přijmeme, ukáže se jako jasně nesprávné pokládat chaotickou dynamiku za v podstatě kvalitativní. *š(i), n které zajímavé dynamické vlastnosti jsou opravdu čistě topologické: například základní rozlišení mezi periodickým a aperiodickým pohybem o(i). Ale numerické vlastnosti, které jsou centrálními v aplikované teorii chaosu o tj. velikosti Ljapunovových exponentů, fraktální dimenze podivných atraktorů, indexy řádů bifurkace o nejsou topologickými invarianty, a tak jsou v našem ostrém odlišení nekvalitativní.*³⁷⁸

³⁷³ Srov. tamtéž, s. 102.

³⁷⁴ Srov. Smith (1998a, s. 117).

³⁷⁵ Srov. tamtéž, s. 66.

³⁷⁶ Zde poukazuje na kanonický text Goldstein (1959), viz Smith (1998a, s. 118).

³⁷⁷ Srov. Smith (1998a, s. 118).

³⁷⁸ *š(i), some interesting dynamical properties are indeed purely topological: for example, the basis distinction between periodic and aperiodic motion o(i). But all the numerical properties of quite central concern to*

teorii chaosu jako kvalitativní a klasickou dynamiku z pohledem na vztah těchto disciplín. Snaha striktně rozlišovat mezi škvantitativními geometricko-topologickými vysvětleními a škvantitativními analytickými úpravami zbytečně přetřívá vztah mezi chaotickými a více známými dynamickými modely: oba přístupy byly užívány v rozvíjené oblasti nejméně jedno století.³⁷⁹

Na závěr chci připomenout, že v návaznosti na vymezení role kvalitativního porozumění v teorii chaosu se Kellert snaží také o využití pravd podobnosti pro popis toho druhu předpověditelnosti, který se v teorii chaosu uplatňuje.³⁸⁰ Kellert také zvažuje Railton v deduktivně-nomologicky-pravd podobnostní model vysvětlení (deductive-nomological-probabilistic model of explanation) vhodný pro teorii chaosu.³⁸¹ Spolu s Kellertem se domnívám, že vhodné modifikace klasického D-N modelu vysvětlení se nabízejí. V mém pojetí například zapojením řídicích parametrů jako speciální části podmíněk v explanans a v návaznosti na to modifikací jednoduchého explananda (podrobnější rozbor pokračuje hranice této práce).

2.3.3.2 Kauzální a geometrické mechanismy

Kellert se domnívá, že teorie chaosu nám poskytuje porozumění prostřednictvím poukazu na mechanismy, které jsou zodpovědné za nepředpověditelné chování, ale tyto mechanismy nejsou kauzálními procesy.³⁸² Na rozdíl od klasických případů, jako je molekulová fyzika a termodynamika, je teorie chaosu výjimečná tím, že se v ní nemožnost odhalit individuální kauzální mechanismy objevuje už pro velmi jednoduché systémy.

Akoliv má Kellert zřejmě na mysli problém kauzálního vysvětlení pro teorii chaosu a tudíž nemusíme kritizovat užívání pojmu kauzalita pro jeho metafyzickou konotaci,³⁸³ přesto se musím ohradit proti tomuto dalšímu neformálnímu odlišení. (1) Kellert nás zahrnuje etnými speciálními příklady,³⁸⁴ ale jasné vymezení geometrického mechanismu chybí,³⁸⁵ (2)

applied chaos theory ó e.g. the size of Liapunov exponents, the fractal dimensions of strange attractors, the indexes of bifurcation rates ó are not topological invariants, and so in our sharpened sense count as nonqualitative. Tamtéž, s. 118.

³⁷⁹ Srov. tamtéž, s. 118.

³⁸⁰ *š(i)* once we find the probability distribution for a chaotic system, šone can calculate the mean square amplitude, mean zero crossing times, and probabilities of displacements, voltages or stresses exceeding some critical value. Kellert (1993, s. 103).

³⁸¹ Railton (1981, s. 233-256), viz Kellert (1993, s. 103). Obrán D-N modelu vysvětlení se v něm také Pearce, Rantala. (1985, s. 126-140). Alternativní podobu v deckého vysvětlení nabízí Forge (1980, s. 203-226).

³⁸² Srov. Kellert (1993, s. 104).

³⁸³ I když zde jsem možná vůči Kellertovi přílišný, neboť některá jeho vyjádření spíše evokují metafyzické chápání kauzality, například: *š(i)*, it is impossible in principle to trace out the workings of actual causal mechanism in a chaotic system. Tamtéž, s. 105.

³⁸⁴ Povede-li rozbor KAM teóremu, viz tamtéž, s. 107-110.

... a koliv nejsme schopni sledovat jednotlivá kauzální
... vymezit p í iny, které k danému chaotickému chování
vedou, a (3) op t sm –uje roviny výkladu, kdyfl tvrdí, fle teoretické hypotézy teorie chaosu
stanovují vztahy topologické podobnosti, nikoliv shody fyzikálních p í in, mezi modely a
aktuálními systémy.³⁸⁶

P ínosné na tomto Kellertov rozli–ení je ov–em zviditeln ní interdisciplinárního
potenciálu teorie chaosu. Protofle pokládá postup seskupování systém s odli–nými
kauzálními substráty za ú elem studia jejich kvalitativního chování za centrální metodu teorie
chaosu.³⁸⁷

2.3.3.2.3 Zákon a řád

Kellert se domnívá, fle tradi ní pojetí porozum ní ve v d je založeno na odhalování
zákonné nutnosti (nomic necessity). Na základ toho pak tvrdí, fle pokud by to m lo být
obecn pravdivé, pak by teorie chaosu neposkytovala porozum ní p írodním d j m. Domnívá
se, fle zákonná nutnost vyřaduje, abychom mohli z univerzálních zákon a tvrzení o
po áte ních podmínkách generovat s deduktivní p ísností jedine n determinovanou minulost
a budoucnost chování systém , a to do detailu.³⁸⁸ P í emfl výzkumníci v oblasti teorie chaosu
nevnímají svou práci jako odhalování zákon p írody.

Domnívám se, fle v tomto Kellertov vymezení je op t ukryto n kolik nejasností a
problém : (1) Takto vymezená funkce zákon je op t ideálem, který vzal za své jifl mnohem
d íve nefl v souvislosti s teorií chaosu. (2) Kellert se dopou–tí nejasných vyjád ení, které jsou
v rozporu s d ív j–ými tvrzeními.³⁸⁹ (3) V rámci teorie chaosu nejsou nacházeny nové zákony
p írody z toho prostého dvodu, fle jsou vyjád eny v principech, které jsou obsařeny v
modelech (na tomto míst je–t nebudeme rozhodovat mezi *top-down* a *bottom-up* modely).³⁹⁰

Kellert navrhuje nahradit tradi ní hledání p írodních zákon (*laws*) hledáním řádu
(*order*): *ř(í) tvrdím, fle je lep–í vid t teorii chaosu jako poskytovatele vhled do řádu, nefl se
ji snařit usouvztařnit s modelem v dy jakořto hledání zákon . Teoretické hypotézy teorie
chaosu stanovují, fle ur íté abstraktní modely a ur íté aktuální systémy jsou p íklady*

³⁸⁵ Pouze stru n shrnuje: *řHere is an example of a geometric mechanism: chaos happens because of or through the dense packing of unstable periodic orbits.* ě Tamtéřl, s. 110.

³⁸⁶ Srov. tamtéřl, s. 107.

³⁸⁷ Srov. tamtéřl, s. 105.

³⁸⁸ Srov. tamtéřl, s. 111.

³⁸⁹ Tvrdí nap íklad: *řBut chaos theory is neither strictly deductive, nor quantitatively predictive, nor globally deterministic (SIC!).* ě Tamtéřl, s. 111.

³⁹⁰ I zde se objevuje výrazný vliv Prigogina, viz tamtéřl, s. 111.

... na mou t etí námitku je pot eba p ipomenout, že
... ovává zákon a řád. V jeho pojetí oba tyto pojmy
vyjad ují odhalování pravidelností, p i emfl pojem řádu je řídící a mén striktní nejl pojem
zákona. Nicmén ě, jak jsem ufl nazna il, teorie chaosu je vázána na mnoffinu model ě, které
v sob ě obsahují principy, které vyjad ují jádro tradi ních zákon ě (nap . Newtonových
v p ípad ě kyvadla). Proto postrádá smysl pozastavovat se nad tím, že výzkumníci teorie
chaosu nehledají nové zákony. A stejn ě tak postrádá smysl glorifikovat nacházení řádu
v chování dynamických systém ě. Řád/pravidelnost byla nalézána v dynamických systémech
vlfdy, jen její vztah k výchozím princip m je pro jednoduché nechaotické systémy
p ímo a ej-í.

2.3.3.2.4 Dynamické porozum ění

Zm ny, které Kellert nastínil ó kvalitativní predikce, nacházení geometrických
mechanism ě, objevování řádu ó jsou podle n j vyjad ěním zrodu nového druhu porozum ění,
které ozna uje jako dynamické porozum ění (dynamic understanding). Je ochoten p ipustit, že
by mohlo skute ěn znamenat prom nu v dy jako sou ást prom ny západní kultury. Zárove
v-ak jasn ě vyjad uje své p esv ěení, že snaha vid t teorii chaosu jako revolu n novou v du,
která je radikáln ě diskontinuáln ě se západní tradicí objektivizace a kontroly p írody, je
falsifikována jednak samotnou povahou teorie chaosu a jednak také historií v dy.³⁹²

Kellert si celkový význam dynamického porozum ění je-t ě netroufá definitivn ě
ohrani it. Spí-e nazna uje mořné scéná ě dal-řho vývoje, který rozhodne o tom, jestli je toto
nové dynamické porozum ění schopno do v dy zahrnout náhodnost (randomness) a
kontingenci (contingency), jestli se ve skute nosti nejedná pouze o nový typ kvalitativní
analýzy ad. Mořná, že je teorie chaosu zatím pouze za átkem nové v dy.³⁹³ Je pot eba
filosofického vyjasn ění pojmu porozum ění (understanding) a r znorodých druh ě porozum ění
ve specifických p ípadech.

Peter Smith se snaří krotit nejen Kellertovy, ale také Mortonovy snahy o revizi v dy.
Adam Morton v souvislosti s teorií chaosu hovo ří o Q-strategii vysv tlení (Q-strategy of
explanation). Tato strategie spo řívá v pouřívání jednoduchých a snadno pochopitelných

³⁹¹ ř(ř ě) I contend, that it is better to see chaos theory as providing insights into order than it is to try to fit it
into a model of science as a search for laws. The theoretical hypotheses of chaos theory assert that certain
abstract models and certain actual systems are instances of similar varieties of order.ř Tamřěfl, s. 113-114.

³⁹² Srov. tamřěfl, s. 115.

³⁹³ řPerhaps it is not yet really a Science but only the beginning of one, struggling to make interesting
observations or empirical generalizations like Brahe or Kepler, but still awaiting the formalization that would
mark its legitimacy.ř Tamřěfl, s. 116.

závislosti jejich atraktorů na jejich kontrolních vzorech, což se velmi často potvrzuje, i když přitom často není jasné, proč je toto analogické přenesení možné. Dnes je ale už i ve výzkumné praxi naprosto běžné, že při práci s jednoduchými systémy objevujeme obvykle prostědky vhodné pro uchopení mnohem komplexnějších systémů.³⁹⁴

Smith poukazuje na to, že kombinace abstraktní analýzy a experimentálního zkoumání je naprosto běžnou strategií nacházení realistických modelů. Velmi často jde o výhodný a přípustný obchod mezi zachováním věrnosti fyzikální komplexity a přístupností jednoduchého matematického zkoumání. Tato matematika a fyzika jsou spojeny a z obou stran se propracovávají do středu.³⁹⁵

Smith odmítá tvrzení, že je teorie chaosu nezajímavě stejná jako ostatní oblasti fyziky, naopak tvrdí, že fyzika v ní zahrnuje tutéž improvizovanou a šexperimentální hru s matematickými ideami a fyzikálním porozuměním, která je výrazně viditelná právě v teorii chaosu. Smith souhlasí s Kellertem i Mortonem v tom, že standardní filosofie v této době tuto důležitou skutečnost nereflektovala.³⁹⁶

Pokud se soustředíme pouze na kanonické texty matematické fyziky, tak lehce přehlédneme předchozí proces, který vedl k vytvoření poufňvaných modelů. Proto také Smith odmítá dramatické koncepce Q-strategie a dynamického porozumění. *šNebo jednou v cíli, že výzkum chaosu je viditelným příkladem společných postupů v matematické fyzice, které mají filosofové tendenci přehlížet, ale jinou v cíli, že teorie chaosu má svůj vlastní, odlišný druh dynamického porozumění. Druhé tvrzení se mi zdá být jednoduše nesprávné.*³⁹⁷

2.3.4 Nová podoba idealizace

Ve Smithově střízlivé analýze teorie chaosu můžeme najít, přes všechnu zdrfelnivost, dva aspekty, které podle jiných teorií chaosu významnou měrou se (1) o novou podobu idealizace v teorii chaosu a (2) rozsáhlé užívaní bottom-up modelování. První aspekt osvětlím v této podkapitole, druhému je věnována celá následující rozsáhlá podkapitola.

³⁹⁴ Srov. Morton (1991, s. 101-102), viz Smith (1998a, s. 123).

³⁹⁵ Srov. Smith (1998a, s. 123).

³⁹⁶ Srov. tamtéž, s. 124-125.

³⁹⁷ *šStill, it is one thing to say that work on chaos is a vivid exemplar of common strategies in mathematical physics which philosophers tend to overlook; it is something else to say that chaos theory has its own very distinctive style of dynamic understanding. The later claim, to repeat, seems simply wrong.* Tamtéž, s. 125.

...ný vnímá novou fraktální geometrii jako posun od realismu t j-ímu vyjádění p írodních tvar ,³⁹⁸ Smith pojímá fraktální geometrii jako novou podobu idealizace. Na základ toho si klade d leffitou otázku, zda m flou nekone n sloflité fraktální struktury, v protikladu k pouhým prefraktál m, hrát n jakou roli p í popisu p írody, která takovouto sloflitost postrádá.³⁹⁹ Domnívat se, fle p írodní tvary mají nekone nou sloflitost, by bylo stejn nep im ené, jako je pojímat tradi n eukleidovsky, jedna idealizace tudífl, zdá se, nahrazuje jinou.

Lorenz v atraktor se v tomto ohledu jeví jako velmi nerealistický model, nebo jakofito fraktální útvar vykazuje nekone nou sloflitost. Ale zásadní charakter nelineárních dynamických systém souvisí práv s fraktální povahou jejich model . Dynamika modelu je dána sloflitostí atraktoru, který nutí trajektorii k neustálému obíhání, které se nikdy neopakuje a nikdy neprotíná, které se neustále roztahuje v nekone n zapleteném klubku. Jestliffe platí, fle tyto trajektorie a jejich atraktor m flou obývat abstraktní fázový prostor, pak by zároveň lo platit, fle jsou sou adnice bod v tomto prostoru ur eny k tomu, aby reprezentovaly fyzikální veli iny (nap . rychlost proud ní tekutiny).⁴⁰⁰ Jak Smith poznamenává: *šNení v bec jisté, fle dává fyzikální smysl p edpokládat, fle hrub strukturované veli iny, jako jsou tyto, m flou být definovány s nekone nou p esností: tak jak m fle existovat nekone n sloflitý vzor v jejich asovém vývoji?õ*⁴⁰¹

Smith se domnívá, fle se zde nejedná jen o tradi ní epistemologický post eh, fle existují hranice p esnosti s jakými m flome ur ovat hodnoty fyzikálních veli in. Domnívá se, fle nemá smysl uvařovat o ni em takovém, jako jsou p esné hodnoty veli in (nap . ufl zmi ované rychlosti proud ní).⁴⁰² Na základ tohoto principiálního omezení Smith vytvá í následující soud:

š(F) *Chaotické chování v modelech, jako je Lorenz v, závisí na tom, fle trajektorie sm ují stále blíffe k podivnému atraktoru s fraktální geometrií.*

(G) *Vyvíjející se fyzikální procesy, které mají být reprezentovány modely, jako je Lorenz v, nem flou vykazovat skute n nekone nou sloflitost.õ*

³⁹⁸ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1991).

³⁹⁹ Srov. Smith (1998a, s. 29).

⁴⁰⁰ Srov. tamtéfl, s. 18.

⁴⁰¹ *šBut it isn't at all clear that it makes physical sense to suppose that šcoarse-grainedõ quantities like this can be defined with infinite precision: so how can there be an infinitely intricate pattern in their time evolution?õ* Tamtéfl, s. 18. Problému nemofnosti p esného ur ení veli in se v noval Adams (1965, s. 205-228).

⁴⁰² Srov. Smith (1998a, s. 39).

záv r, fle: š(í) v typickém p ípad práv to, co iní dynamické modely chaotickými (neohrani ená složitost v chování možných trajektorií), nem fle skute n korespondovat s n ím v asových vývoích modelovaných fyzikálních proces ó nebo nemohou vykazovat dostate nou složitost vzor na hrub strukturované makroskopické úrovni.⁴⁰³

Smith se p esto snaží ukázat, fle idealizace, která zahrnuje nekone nou složitost, je uflite ná, nebo je vyjád ením jednoduchosti modelu. Jedná se o dal-í p íklad toho, jak m flou být uflite né idealizující teorie, které neodpovídají striktn vzato pravd , pokud je možné, jako kompenzaci jejich empirické nev rohodnosti získat n jakou p ednost, která poskytuje vhodné zjednodu-ení. Samotná jednoduchost rovnic (nap . Lorenzových rovnic) p itom nesta í. Je pot eba vytvo ít vazbu mezi jednoduchostí rovnic a skute nou jednoduchostí v popisované dynamice.⁴⁰⁴

Jednoduchost se nakonec ukazuje ve skute nosti, fle podivný atraktor je invariantem stretch-fold transformace, která je aplikována na trajektorie obsažené ve fázovém prostoru. Tuto operaci vyjad uje matematická funkce, která je vt lena do rovnic (nap . Lorenzových), které popisují systém. Chaos je výsledkem dynamiky systému funkcí, která natahuje a ohýbá (stretch and fold) svazek možných trajektorií v rámci ur ité oblasti fázového prostoru. íli, jestlifle se soust edíme na nekone ný detail Lorenzova atraktoru, skute n o n m uvaflujeme jako o úflasn komplexním objektu a podivujeme se nad tím, jak m fle takové matematické monstrum legitimn slouflit k empirickému pouflití. šAle zm níme-li perspektivu a budeme chápat atraktor jako to, co z stává nem nné v p ípad dynamiky, která natahuje a ohýbá trajektorie ve fázovém prostoru, pak m flume vid t, jak se m fle hledaná jednoduchost dostat na scénu. Mohli bychom mít dynamický model, který specifikuje relativn jednoduchou operaci natahování a ohýbání (í) a p itom dokonce velmi jednoduchá nataflení a ohnutí m flou mít nekone n složitě fraktální invarianty.⁴⁰⁵

⁴⁰³ š(F) *The chaotic behaviour in models like Lorenz's depends on trajectories getting pulled ever closer to a strange attractor with a fractal geometry. (í) (G) The evolving physical processes that chaotic dynamical models like Lorenz's are characteristically intended to represent cannot themselves exhibit true infinite intricacy. (í) at least in the typical case, the very thing that makes a dynamical model a chaotic one (the unlimited intricacy in the behaviour of possible trajectories) can not genuinely correspond to something in the time evolutions of the modelled physical processes ó since they can not exhibit sufficiently intricate patterns at the coarse-grained macroscopic level.* Tamtéfl, s. 41.

⁴⁰⁴ Tamtéfl, s. 45.

⁴⁰⁵ š *But switch perspectives again, and think of the attractor as what is left fixed in place by a dynamics which stretches and folds phase space trajectories, and we now can see how the needed simplicity might get into the picture. For we could have a dynamical model which specifies relatively simple stretching-and-folding*

zásadní závěr. (I) Poflití fraktál, které vý-e Smith h prefraktál. Souhrnn e eno, prefraktály, které se hodí nap . pro popis tvaru pob eflí nebo pro popis biologických tvar , by pro popis této chaotické dynamiky nebyly vhodnou idealizací. Vhodná idealizace vyfaduje nekone n slofitou strukturu podivného atraktoru, která je nutným d sledkem strech-fold transformace.⁴⁰⁶

Obhájení vhodnosti této nové podoby idealizace je pro Smithe zároveň obhájením jeho pojetí aproximativní pravdivosti (approximate truth) teorie chaosu.⁴⁰⁷ Teorie dynamických systém je podle Smithe p íkladem neústupn nerevidovatelné teorie (stubbornly unrevisable theory), která nem fle být uvedena do souladu se skute ností prost ednictvím drobných korekcí. Aplikace teorie chaosu nem fle poskytovat pravdivý popis sv ta. Pokud bychom cht li situaci zlep-ít p idáním detail , situaci jen více zkomplikujeme.⁴⁰⁸ P esto m flou mít podle Smithe aplikace teorie chaosu p inejmen-ím potenciál stát se aproximativn pravdivými.⁴⁰⁹

Podrobn j-í rozbor aproximativní pravdivosti by vyfadoval podrobný exkurz do oblasti teorie pravdy, a to by bylo nad rámec na-í práce. Proto bych se cht l omezit pouze na dv drobné poznámky. (1) Nezavádí Smith s pojmem aproximativní pravdivosti um lé odli-ování realisti t j-ích a mén realistických teorií? (2) Má Kellert v pojem transcendentální nemoflnosti opodstatn ní ve sv tle Smithova rozboru nové podoby idealizace obsažené v teorii chaosu?

V prvním p ípad p ípome me, fle Smith bere jako klasický p íklad stubbornly unrevisable theory mechaniku kontinua aplikovanou na mechaniku tekutin. Poukazuje na to, fle struktura kapalin rozhodn není spojitá, nýbrfl, jak se m fleme p esv d it v oblasti molekulární fyziky, jasn diskrétní. Nastoluje tak p edstavu, fle n která teorie je a priori realisti t j-í nefl jiná. Anifl bych cht l napadat intuitivní p íjatelnost tohoto záv ru, kde vezmeme pevné kritérium pro tento soud? Copak je tvrzení o diskrétní struktu e kapalin pravdivé, zatímco o kontinuální nepravdivé? Není to spí-e tak, fle jeden i druhý model nám dává jinou sadu poznatk , které se shodují i rozcházejí s pozorováním (approximate) a

operations, yet (í) even very elementary stretches and folds can have infinitely intricate fractal invariants. Tamtéfl, s. 46. Podrobn tuto strech-fold operaci popisuje viz tamtéfl, s. 47-50.

⁴⁰⁶ Samoz ejm stále obecn neplatí, fle fraktály a chaos se vzájemn vyfadují (2.1.2).

⁴⁰⁷ Viz Smith (1998a, s. 71-90) a Smith (1998b, s. 253 -277).

⁴⁰⁸ Smith dokonce tvrdí: *š(í) the trouble with standard chaotic models is that they already have, as it were, too much fine structure to fit the world accurately which also apparently means that they are not to be derived by simplification from some still more complex truths.* Smith (1998b, s. 255).

⁴⁰⁹ Srov. Smith (1998b, s. 255).

divosti teorie je oblastí st etu Smithova a Gierova
ují modely a data (modely dat) (1.3.4.2.2).

Druhá poznámka se v souvislosti s novou podobou idealizace týká opodstatn nosti Kellertova pojmu transcendentální nemofnosti (2.3.1) predikce. Domnívám se, že (a) opodstatn ý není v tom ohledu, který by ji kladl do kone nosti lidské racionality, do nemofnosti znát naprosto p esn hodnotu dané veli iny, jejíž p esné ur ení by vyřadovalo nekone nou pam . Nebo v ur itém m ítku p estává mít dal-í zp es ování smysl, pokud chceme, aby teorie chaosu byla zároveň v souladu s ostatními disciplínami fyziky.⁴¹⁰ Tento ohled p edstavuje teoretickou stránku transcendentální nemofnosti. Na druhou stranu (b) se jeho opodstatn nost m že ukázat v tom, že ukážeme principiální omezení na-ích praktických mofností. Ur ování stále p esn j-ích hodnot po áte ních podmínek by bylo stále více náro né asov í energeticky. Navíc, jak poukazoval Smith, jestliže postrádá fyzikální smysl chtít definovat fyzikální veli inu s naprostou p esností, pak zároveň vřdy platí, že o shodnosti hodnoty, kterou stanovíme jako po áte ní podmínku, a hodnoty, která odpovídá skute nému pr b hu událostí, si nem žeeme být nikdy jisti. Tento ohled p edstavuje praktickou stránku transcendentální nemofnosti.

Je-t jednou podotýkám, že nechci upírat zajímavému post eh u Kellerta o transcendentální nemofnosti jeho význam, jedná se bezesporu o d ležitě zji-t ní, které vyjad uje propojení mezi teoretickými a praktickými aspekty prediktivních hranic, by v t-í d raz by m l být ponechán na praktické stránce. Domnívám se ale, že: (II) Je d ležit j-í vid t transcendentální perspektivu ve v t-í obecnosti. Pokud ji totiž vztáhneme na teorie jako celek (teorie vnímané perspektivou MOTu), pak budeme uchrán ni snahy absolutizovat výsledky teorií a hierarchii jejich realisti nosti.

2.4 Modely teorie chaosu

Jedním z nejd ležit j-ích úkol tohoto textu je zhodnocení prom ny pojetí modelu ve filosofii v dy v souvislosti s rozvojem teorie chaosu. Nyní již máme dostatek informací o pojetí modelu ve filosofii v dy (1. kapitola) a zároveň se orientujeme v teorii chaosu a jejích nejd ležit j-ích epistemologických d sledcích (2. kapitola dopsud).

Naskýtá se nám tak trojí mofnost rozvíjení zkoumané problematiky: (1) M žeeme navázat na Kellerta tam, kde pouze nártává souvislost se sémantickým pojetím teorie a

⁴¹⁰ Nem lo by kup íkladu smysl uvářovat o p esn j-ím ur ení délky než jaké stanovuje hrani ní Planckova délka ($1,5 \cdot 10^{-35}$ m). Principiáln nic teorii chaosu nebrání, aby zpochybnila toto omezení, ale v tom p ípad musí být schopna p ínést prov ítelný model pro tyto oblasti mikrosv ta.

...která tvoří podle Kellerta teorii chaosu. (2) Zároveň
...ne n ucelen do tradiční oblasti filosofie v dy. (3)
Koncept bottom-up modelování zatím do filosofie v dy výrazně neproniknul, a tak se naskýtá
možnost uinit její součástí MOTu (i Gierova).

2.4.1 Top-down a bottom-up modely

Zásadní otázkou v teorii chaosu je podle Smitha to, zda modelování, které je ústřední
částí této teorie, nepředstavuje novou a mnohem radikálnější podobu experimentalismu,
kterou nezmiňuje dokonce ani Kellert. Smith přímo uvádí, v čem by tento radikální
experimentalismus spočíval: *„Nevybíráme modely pouze z různých kandidátů (í) na bázi
experimentální vhodnosti, spíše se jedná o konstruování matematických modelů zdola nahoru
(bottom up) ze sekvence experimentálních dat. Teprve pak používáme skutečnosti, které jsou o
modelech známy a skutečnosti odvozených z univerzality teorie chaosu a o
kterých předpokládáme, že jsou odvozeny z univerzality teorie chaosu a o
kterých předpokládáme, že jsou odvozeny z univerzality teorie chaosu.“*⁴¹¹

Stojíme tak před dilematem otázkou, zda si v dané oblasti s top-down modely, které jsou
konstruovány prostřednictvím teorie (princip) a na základě experimentálně získaných dat je
ten který z předpřipravených modelů vybrán jako prostředek vysvětlení, nebo zda je potřeba
minimálně v některých situacích používat bottom-up modely, které jsou konstruovány přímo
z dat bez ohledu na teorii (principy), která stojí v základech zkoumaného problému.

Tomuto problému zatím nebyla věnována ucelená studie, ale určité varianty bottom-up
přístupu jsou jasně formulovány u Jeffreyho Koperského.⁴¹² Dilemat vyjádření k tomuto
problému nalézáme také v textech Adama Mortona⁴¹³ a Erica Winsberga.⁴¹⁴

2.4.1.1 B-U I. Rekonstrukce fázového prostoru (Phase Space Reconstruction)

2.4.1.1.1 Koperského pojetí top-down modelování

Koperski se přiklání k názoru, že modelování se stalo základní v deskriptivní metodou. Na
základ deskriptivního zkoumání je vytvořen model určitého aspektu reality. Operace s tímto
modelem, ať už fyzické nebo výpočetní, poskytují jako výstup posloupnost číselných údajů.
Tato posloupnost je srovnává s jinou posloupností číselných údajů, které jsou získány při

⁴¹¹ *„We are not just choosing among candidate models (í) on the basis of experimental fit; rather, we are
constructing a mathematical model bottom up, out of an experimental data-sequence, and then using facts about
the model and facts derived from universality theory to predict/explain other data, apparently without needing
the background (í) theory at all.“* Smith (1998a, s. 141-142).

⁴¹² Koperski (1998, s. 624-648).

⁴¹³ Morton (1993, s. 659-674).

⁴¹⁴ Winsberg (2001, s. S442-S454) a Winsberg (2003, s. 105-125).

álního systému. Podle toho, jakého stupně dosáhla
ofinami íselných údaj , hovo íme o mí e správnosti
modelu. Model m íe být také modifikován, aby se dosáhlo v t-í korespondence, p í emfl je
o ekáváno, íe tato modifikace povede k dosažení totofnosti obou posloupností.⁴¹⁵ Toto pojetí
modelování, top-down, které konstruuje modely z teorie, je v-ak podle Koperského
nep íjatelné v p ípad teorie chaosu. Koperski p í-e: *šTvrídím, íe namísto obvyklého štop-
downõ pojetí konstrukce modelu ó za ít s teorií a propracovat se s její pomocí dol , vst íc
jev m ó se výzkum chaosu p eváíh opírá o modely, které jsou vybudovány šzdola nahoruõ
(šbottom-upõ), p ímo z dat.õ*⁴¹⁶

Základním p íkladem top-down model í jsou podle Koperského zjednodu-ující modely
(simplifying models). Jako kanonický p íklad m íeme uvést mechanický oscilátor, o kterém
jsme hovo íli vý-e v souvislosti s Gierem. Jestlííe tradi ní byla mezi filozofy dávana p ednost
fyzikálním model m p ed matematickými, pak v souvislosti s teorií dynamických systém í se
podle Koperského prosadila liberáln í-koncepce, která umofl íje pouíívat jako modely také
matematické rovnice.⁴¹⁷

Top-down modelování je svázáno s dvojicí pojm í : zdokonalitelnost (improvability) a
konvergence. Koperski konstruuje jádro tohoto pojetí (charakteristické pro Ronalda
Laymona) ve t ech bodech: (1) Teorie a fundamentální zákony jsou jen velmi z ídka p ímo
aplikovatelné na reálný sv ít, a proto je pot eba vytvo ít zjednodu-ující fyzikální a
matematické modely. (2) Kvantitativní p edpov ídi, které jsou vytvo eny s pomocí t chto
model í, se pak dají empiricky testovat. A kone n í : (3) šTestováníõ podle tohoto pojetí
neznamená pouze to, íe jsou modely confirmovány, když poskytují správné predikce. Klí ová
je podle Koperského monotónní konvergence p edpov ídí.⁴¹⁸ Obdobn í je tomu také v
bootstrappingu Clarka Glymoura.⁴¹⁹

Jestlííe systém vykazuje citlivou závislost na po áte níh podmínkách, pak se jeho
budoucí stav dramaticky m ní v závislosti na libovoln í malé zm ín í v po áte níh
podmínkách. A práv zde ííí problém s confirmací chápanou jako konvergence
(confirmation-as-convergence).⁴²⁰

⁴¹⁵ Srov. Koperski (1998, s. 625).

⁴¹⁶ *šI argue that instead of the usual "top-down" view of model construction ó starting with theory and working
down towards the phenomena ó chaos research relies heavily on models built from the "bottom-up," directly
from the data.õ* Tamtéí, s. 625.

⁴¹⁷ Srov. tamtéí, s. 627.

⁴¹⁸ Srov. tamtéí, s. 630.

⁴¹⁹ Viz Harrell, Glymour (2002, s 256-265).

⁴²⁰ Srov. Koperski (1998, s. 636).

ní citlivé závislosti na po áte ních podmínkách podle
: druhu nep edpov ditelnosti a nezhodnocuje roli
regula ního parametru, který je kvantitativním ukazatelem chování dynamického systému.
D ležitá nuance mezi kvantitativní a kvalitativní predikcí nebere v potaz, spí-e se zdá, že
kvalitativní predikce je pro Koperského málo d ležitá, nebo p ímo tvrdí, že kvalitativní
predikce jsou ásto tak hrubé, že umohl ují jen malé nebo dokonce v bec fládné p edpov di. A
dokonce i v p ípadech, kdy jsou tyto kvalitativní predikce možné, poskytují pouze velmi málo
prost edk pro konfirmace jednotlivých model .⁴²¹

2.4.1.1.2 Koperského pojetí bottom-up modelování: Rekonstrukce fázového prostoru

Koperski vymezuje své pojetí bottom-up modelování na p ípadu rekonstrukce fázového prostoru. Jako základ p edpokládá existenci šp irozeného fázového prostoru, který je charakterizován jako abstraktní prostor se samostatnou trajektorií, která reprezentuje aktuální vývoj skute ného systému. Cílem rekonstrukce fázového prostoru je p itom nalezení vazby k p irozenému fázovému prostoru. Toho je dosaženo získáním spolehlivé zobrazovací relace (reliable mapping relation) z tohoto prostoru do experimentáln rekonstruovaného fázového prostoru. Jestliže takové zobrazení existuje, pak m že experimentátor vyvodit dynamické vlastnosti p irozeného fázového prostoru z trajektorie v rekonstruovaném prostoru. Souhrnn Koperski poznamenává: *š(i), rekonstruk ní prostor je model p irozeného fázového prostoru, který p edstavuje zp sob, jak uvařovat o systému samotném. Nejsou p itom uvařovány fládné ídící zákony (governing laws) nebo první principy. Rekonstrukce fázového prostoru jsou vytvá eny p ímo z jevu spolu se zmín ými p edpoklady.*⁴²²

Jakkoliv vyznívá toto pojetí p evratn , nem li bychom zapomenout, že musí být skute n spln ny ur ité d ležitá p edpoklady, na které dokonce i Koperski vý-e poukazuje. *šZa íná se s hypotézou, že je studovaný systém deterministický, disipativní a má, alespo principiáln , jednozna n specifikovatelný stav.*⁴²³ P íjmutí t chto p edpoklad nemusí být

⁴²¹ Srov. tamtéř, s. 639.

⁴²² *š(i), the reconstruction space is a model of the natural phase space which, in essence, is just a way of thinking about the system itself. No governing laws or first principles are presupposed. Phase space reconstructions are built up directly from the phenomena together with the assumptions noted above.* Tamtéř, s. 639-640.

⁴²³ *š One starts with the hypothesis that the system under study is deterministic, dissipative, and has a uniquely specifiable state, at least in principle.* Tamtéř, s. 639.

je pozadí (2.4.1.5), které může implikovat přijetí určité
základní top-down východisko.

Rozpaky právě v tomto ohledu vzbuzuje Koperského příklad s konvektivním proudem v kapalině. Navierovy-Stokesovy rovnice, které řídí systém, nám podle Koperského, vzhledem k obtížím s analytickým řešením, nepomohou. Vhodný korespondující fázový prostor by navíc vyřadil nekonečný počet dimenzí.⁴²⁴ Až do tohoto bodu bychom nemuseli Koperskému nic vytýkat. Následně ale uvádí, že (1) dokonce není k dispozici ani kvalitativní porozumění dynamice systému. Vzápětí ale kontruje tvrzením, že (2) vzhledem k tomu, že je systém disipativní, nemohl by existovat nízkodimenzionální atraktor, který se projeví při dlouhodobém chování. A dále opět opakuje, že rekonstrukční prostor je modelem přirozeného fázového prostoru, modelem, který je vybudován přímo z dat bez předpisu principů a zákonů. A přitom dokončuje, že (3) tento proces (rekonstrukce fázového prostoru) byl vyvinut za účelem potvrzení přítomnosti podivného atraktoru.⁴²⁵

Domnívám se, že dokonce v případě, že prozatím necháme stranou Koperského odlišení kvantitativní a kvalitativní predikce, zdá se být v jeho argumentaci rozpor, a koliv má být model vytvořen přímo z dat nezávisle na principech a zákonech, chce v tomto modelu konfirmovat přítomnost podivného atraktoru. Tento atraktor je přitom kanonickým příkladem dynamiky, která je založena na Lorenzově modelu (a tudíž i logistickém zobrazení). Je pak smysluplné hovořit o naprosté nezávislosti na top-down modelování?⁴²⁶

Bylo by potřeba odborného posouzení samotného matematického zpracování Koperského rekonstrukce fázového prostoru.⁴²⁷ Nechci proto vynášet konečný soud, ale pouze poukázat na vzniklé rozpory.

Je třeba dodat, že Koperski nevynechává své bottom-up pojetí pouze v rámci top-down pojetí, ale také v rámci výkladu, který by tyto modely chápal jako pouze fenomenologické (phenomenological model). Takové modely považuje Koperski za pouhé heuristické prostředky k aproximaci křivek (heuristic curve-fitting device). Experimentátory při jejich vytváření nezajímá, zda veličiny v modelu označují reálné vlastnosti, neboť si toho, zda se

⁴²⁴ Srov. tamtéž, s. 640.

⁴²⁵ Srov. tamtéž, s. 640-641.

⁴²⁶ Pro dokreslení těchto rozporek připojuji je toto Koperského shrnutí: *šIn sum, the experimentalist begins with the methodological assumption that the physical process to be studied is deterministic and that the dynamics could, in principle, be captured by a phase portrait. The experimentalist samples one or more independent physical quantities over some finite time. These measurements are used, as la Packard et al., to build a reconstruction space. Takens's theorems guarantee that if the reconstruction space is large enough, then almost every map from the natural phase space is a topological embedding, and so the embedding space is a faithful representation of the natural phase space. Additional conditions can be added to change "topological" to the stronger differentiable embedding.* Tamtéž, s. 644.

⁴²⁷ Viz tamtéž, s. 641-644.

Navíc je situace podle Koperského opačná v tom ohledu, že je testována oproti naměřeným datům, protože je s daty nevyprostitelně svázána. A tak se dopouští Koperski i následujících dvou velmi silných tvrzení. (4) Vzhledem k velmi úzkému propojení rekonstrukčního fázového prostoru s časovými posloupnostmi pozorování může být touto rekonstrukcí počítačová překážka (computational gap) nejen přemostěna, ale dokonce i úplně eliminována. (5) Vzhledem k tomuto propojení nemohou být modely nesprávné.⁴²⁸

2.4.1.1.3 Kritika Koperského pojetí

Koperski tvrdí, že existuje rozdíl mezi rekonstrukcí fázového prostoru a tradičními numerickými metodami. Tvrdí, že rekonstrukční prostory jsou modely, které spadají do široké kategorie stavových prostorů. Jejich konstrukce se podobá od známých fázových portrétů (phase portraits), které jsou produkovány při numerické integraci matematických modelů typu Lorenzových rovnic.⁴²⁹ Nemá smysl zpochybňovat nastolený rozdíl, je samozřejmě pravda, že Lorenzovy rovnice představují speciální matematický model, který není uplatnitelný všude. Na druhou stranu, silnou vlastností teorie chaosu je, že určitá množina modelů (např. zmíněné logistické zobrazení) je aplikovatelná na širokou paletu problémů, u nichž je společnou charakteristikou právě dynamika popisovaná podivným atraktorem. Je pak otázkou, zda nalezení podivného atraktoru prostřednictvím rekonstrukce fázového prostoru může označit za čistě bottom-up modelování.

Navíc se podle mě dopouští Koperski ještě dalšími silnými tvrzeními. (1) Tvrdí, že při bottom-up modelování: (a) nejsou vyřadovány principy nebo fundamentální zákony, (b) nejsou zaváděny idealizace nebo zjednodušení a (c) na rozdíl od kvantitativních predikcí top-down modelování poskytuje bottom-up v určitém kvalitativní predikce. (2) K rekonstrukci fázového prostoru není podle Koperského potřeba žádných modelů, fyzikálních ani matematických, začíná se přímo s fenoménem. (3) Bottom-up modelování je podle Koperského novinkou. Odvolává se na typické směřování bottom-up modelování a fenomenologických modelů a na protějšování top-down modelů v kanonických textech.⁴³⁰

Souhrnně se domnívám, že Koperski přeceňuje roli citlivé závislosti na počátečních podmínkách a nedoceňuje roli regulačních parametrů (např. Ljapunov v exponentu), které umožňují celou řadu predikcí. Jeho pojetí kvalitativní predikce je třeba konfrontovat

⁴²⁸ Srov. tamtéž, s. 645.

⁴²⁹ Srov. tamtéž, s. 646.

⁴³⁰ Srov. tamtéž, s. 646-647. Přitom lze, podle Jana Andrese, bottom-up modelování ve smyslu rekonstrukce fázového prostoru chápat jako běžnou součást kvalitativní analýzy již od dob Poincarého.

predikce je možná v chaosu právě skrze parametry. Ujde, domnívám se, že kdyby poukázal na kvantitativní

znaky chaosu, tak by se více ukázalo, nakolik se v bottom-up modelování jedná o hledání určitých charakteristik v datech. Top-down modely jsou stále nutné, ale je třeba stanovit způsob jejich použití (2.4.1.5).

2.4.1.2 B-U II. Mediující modely (Mediating models)

Adam Morton se zaměřuje na dva, v tradičních diskusích zanedbávané problémy, které se týkají: (1) matematických modelů, které mediují (mediate) mezi ortodoxními v deskými teoriemi a praktickými odpověďmi, (2) filosofické otázky, jak spolu souvisejí omezení explanační mohutnosti na jedné straně a způsobilosti k odpovědím na straně druhé.⁴³¹

Odhlédneme-li od několika nepřesností, kterých se Morton při vymezení teorie chaosu z mého pohledu dopouští,⁴³² je pro nás užitečně vhodné prozkoumat vlastnosti jeho mediujících modelů, nebo nápadně připomínají bottom-up modely diskutované u Koperského. Mediující modely charakterizuje Morton následovně: *šMediují mezi ídící teorií, kterou považují za pravdivý, ale nezvládnutelný popis v pozadí ležících procesů, a jevem, který tyto procesy produkují, ale který nemůže být z teorie jednoduše vyvozen.š*⁴³³

Mediující modely se vyznačují: (1) úložitostí (purposerelativity), (2) nekompatibilitou (incompatibility), (3) epistémickou ohraničeností (epistemic boundedness). K první charakteristice Morton uvádí, že je model zaměřený na konkrétní třídu cílových odpovědí, obvykle vybraných s ohledem na nějaký praktický zájem. Při něm nelze očekávat, že bude poskytovat přesné nebo dokonce srozumitelné výsledky mimo tuto třídu.

⁴³¹ Srov. Morton (1993, s. 660).

⁴³² Závazně tvrdí, že nutnost využití mediujících modelů je dána dvěma problémy: (1) nemožností přímé it dynamické rovnice, (2) přítomností chaosu v dynamickém systému. Přitom si neuvědomuje, že tyto dva problémy jsou zásadně provázány. Dle ní problém e-éných modelů na ty, které jsou založeny na nemožnosti přímé it rovnice, a ty, které jsou chaotické nedávají dobrý smysl ó druhé jsou podmnožinou prvních. *šThe two problems are different in kind, in that the first problem (unsolvability/uncomputability) is a problem we have in getting answers out of a theory, while the second problem (chaos) is a problem about the physical systems itself.š* Morton (1993, s. 661). Dokonce tvrdí, že: *šMoreover the modelling assumptions are not usually straightforward approximations to consequences of the governing theory. One reason for this is that the exact facts corresponding to the modelling assumptions may be among the phenomena that don't flow easily from the underlying equations. On the other hand they are far from arbitrary, and they are rarely made with an eye only to ease of computation. Instead, they are made on the basis of physical intuition (SIC!), inductive reasoning, and intelligent guesswork about the workings of the system being modelled.š* Tamtéž, s. 662-663.

⁴³³ *šThey mediate between a governing theory, which I take to be a true but unmanageable description of some underlying processes and the phenomena which they produce but which the theory does not easily yield.š* Tamtéž, s. 663.

možnost, že odlišné modely budou poskytovat odlišné
lokonce logicky neslučitelné.⁴³⁴

Epistémickou ohraničeností má Morton na mysli skutečnost, že se mediující modely nikdy nestanou teoriemi, ale přesto mají explanační sílu. Úspěšný model není pojímán jako pravdivý popis fyzikálního systému. Špráva je dána řídící teorií. Nejdelší Mortonovo shrnutí je následující: *Š Co je nové a význačné v naší současnosti, je existence komplexních mediujících modelů, které samy o sobě mají explanační mohutnost a které vyjadřují techniky modelování, které mohou být zlepšeny a postoupeny následným modelům. A to i přesto, že modely nikdy samy o sobě nemohou sloužit jako zakládající teorie.*⁴³⁵

Domnívám se, že právě při hodnocení takového pojetí modelů se ukazuje oprávněnost mého tvrzení v úvodu, že problém vztahu mezi vřadami může být podstatný také v problematice modelování ve vědě. Domnívám se totiž, že si Morton neuvědomuje, že modely, které se používají pro popis dynamických systémů s různými základnami (ve fyzice, v chemii, v ekonomii), jsou přesto zakotveny v určitém teoretickém rámci – v teorii chaosu i obecně v teorii dynamických systémů, a tudíž je nemá smysl situovat do role zcela nezávislých mediátorů.

Také Mortonovy úvahy nad explanační a predikční jsou poznamenány nevyjasněností základní povahy teorie chaosu. Morton používá pojmu atraktoru a univerzality, aniž by jasně stanovil jejich matematickou definici a striktní použití v teorii chaosu.⁴³⁶ Mnoho jeho prohlášení pak získává pouze vágní podobu.⁴³⁷

Největším znehodnocením Mortonova pojetí je ovšem rozpor, kterého se dopouští. Tvrdí totiž, že vysvětlení dosažená prostřednictvím použití modelu jsou méně uspokojivá než ta, která jsou získána prostřednictvím řídící teorie. (Samozřejmě vzápětí znovu připomíná, že nemůžeme dosáhnout toho, aby nám samotná řídící teorie poskytla více vysvětlení.) Nicméně dodává, že není jisté, jestli to platí ve všech případech, nebo v případě popisu chaotických

⁴³⁴ Srov. tamtéž, s. 663-664.

⁴³⁵ *Š What is new and distinctive in the science of our time is the existence of complex mediating models which themselves have explanatory power and which embody techniques of modelling which can be refined and passed down to successor models, even though the models never themselves can function as background theories.* Tamtéž, s. 664.

⁴³⁶ Morton se ve svých úvahách opírá v podstatě hlavně o Prigogina. Viz Morton (1993, s. 674).

⁴³⁷ *Š Physical intuition can be expected to play a role here, as can a rule of thumbish inductively based tradition of what works and what doesn't, but the core of any systematic modelling along these lines has to be some very general mathematical treatment of 'universality', the way that very different systems seem to have parallel patterns of attractors.* Tamtéž, s. 666. Stejně vágně Morton prohlašuje vysvětlení, které je založeno na mediujících modelech za kontrastní (contrastive explanation). *Š T explains why p rather than q, but does not explain why p rather than r, it will also be natural to say that T explains why p (rather than q) but not why not-r, although r entails not-p.* Tamtéž, s. 667. Vysvětlení založená na mediujících modelech tak má omezenou sílu. *Š (i) explanations derived from a mediating model have quite restricted contrastive force.* Tamtéž, s. 668.

ely, které mají v určitých ohledech stejnou explanační sílu teorie a modelu, ale jejich tvrdění zpochybňuje samotný smysl používání modelu. Je zvláště srovnávat explanační sílu teorie a modelu, pokud předpokládám, že model potěbuje k explanaci. Domnívám se, že tento rozporný závěr je důsledkem pojmové nejasnosti Mortonova zkoumání.

Tento můj závěr koresponduje i se závěrečným Mortonovým hodnocením pojmu mediující model. Píznává totiž, že existuje mnoho druhů modelů v rámci skupiny, kterou nazval šmediující modely. Poukazuje na to, že zahrnuje modely, které nejsou svázány s řídící teorií, stejně tak jako modely, které jsou spojeny s teoriemi, ale nepokládají se za méně pravdivé než teorie. Uzavírá, že je potřeba taxonomie a nových pojmenování.⁴³⁹

2.4.1.3 B-U III. Pořítákové simulace

Eric Winsberg charakterizuje výchozí situaci modelování tak, že pokud se snažíme porozumět nějakému reálnému systému, pak předpokládáme dvojí: (1) znalost stavebních kamenů systému a (2) znalost zákonů, které řídí chování těchto základních stavebních kamenů. Jestliže je systém popsán soustavou diferenciálních rovnic, pak i když je matematicky nemožné najít analytické řešení těchto rovnic, pak je model nazýván šneintegrabilním.⁴⁴⁰ V tomto ohledu před sebou máme klasický scénář výchozího popisu chaotického dynamického systému.

Winsberg ovšem poukazuje na to, že simulaci si nesmíme představit jako pouhé provedení diferenciálních rovnic na rovnice diferenciální a numerické iterování. Klíčovému simulování, které bude přesně reprezentovat pohyby komplexního nelineárního systému, je potřeba pouhlít mnoha šobchodních triků.⁴⁴¹

2.4.1.3.1 Ad hoc modelování

Problém popisu nelineárních dynamických systémů staví v dce před nutnost pouhlívat modely, které označuje Winsberg jako ad hoc modely (ad hoc models). Přitom rozlišuje eliminativní a kreativní ad hoc modely. Při eliminativním ad hoc modelování dochází k tomu, že je při simulaci zanedbán některý důležitý faktor nebo vliv (zahrnutý v počítačím modelu), protože by jeho pouhlít bylo výpočet velmi obtížným a nebylo by tudíž praktické. Kreativní ad hoc modelování vyuhlívá toho, že ad hoc modely často obsahují nějaký druh

⁴³⁸ Srov. tamtéž, s. 670.

⁴³⁹ Srov. tamtéž, s. 673.

⁴⁴⁰ Srov. Winsberg (2001, s. S444).

⁴⁴¹ Srov. tamtéž, s. S444.

vztahu, který je vhodný k aproximativnímu zachycení je tento jednoduchý vztah vhodně spojen s více matematickými vztahy dotyčné simulace, umožní vzniklé modely produkovat výsledky, které jsou mnohem realističtější, než by byly, pokud bychom tento fyzikální úinek nevzali v potaz.⁴⁴²

Winsberg se domnívá, že nová epistemologie, která vyústívá simulací prostřednictvím ad hoc modelů, se od tradiční epistemologie odlišuje ve třech základních charakteristikách, nebo je: (1) sestupná (downward), (2) autonomní v důsledku nedostatku dat (autonomous) a (3) pestrá (motley).⁴⁴³

Winsberg se také domnívá, že (a) postup filosofie v důsledku založený na vyvozování důsledků z teorie a jejich srovnání s daty je něco nového (SIC!). Také tvrdí, že (b) filosofie v důsledku tradiční hovořila o srovnání modelu s daty, což také selhává, nebo simulací techniky se používají právě z toho důvodu, že potřebná data nejsou k dispozici. A konečně (c), že i přes významnost teoretického postupu je naše teoretické poznání jen jednou částí, která je při simulaci používána.⁴⁴⁴

Můžeme si tak všimnout zásadní odlišnosti postupu Winsberga na rozdíl od Koperského a Mortona. Tam kde Koperski a Morton ohlašují význam bottom-up modelování, poukazuje Winsberg na, z jejich pohledu překonané, top-down modelování.

2.4.1.3.2 Vztah teorie a modelu při simulaci

Winsberg se pokouší ujasnit vztah mezi teorií a modelem. A koliv jeho výchozí kritika SYTu prozrazuje, že si není příliš v domněním mimobřnosti perspektiv SYTu a SETu, je z jeho postupu patrná snaha nevnímat model perspektivou SYTu v jeho logické vazbě na teorii.⁴⁴⁵

Vzhledem k tomu, že i pro SET je důležitě pojímání modelu jako abstraktní entity, není Winsberg spokojen ani s tímto postupem. Klade si otázku, zda máme chápat zákony, rovnice a mechanické modely, které simulace používá jako výchozí bod, jako specifikace trajektorií ve fázovém prostoru. A naopak se ptá, zda máme chápat simulace jako pouhý proces matematického výpočtu trajektorií ve fázovém prostoru, trajektorií, které už byly specifikovány v zákonu. Tvrdí, že nikoliv. Nebo, když vezmeme v úvahu komplexitu procesu získávání záruk (deriving warrant) pro simulaci výsledků, a rozsah, v němž tento

⁴⁴² Srov. tamtéž, s. S445.

⁴⁴³ Srov. tamtéž, s. S447.

⁴⁴⁴ Tamtéž, s. S447- S448.

⁴⁴⁵ Srov. tamtéž, s. S449.

v, co bychom mohli smyslupln uinit sou ástí teorie, retovat proces vytvá ení záruk jako n co, co se týká vztahu výsledk k n jakému formálnímu modelu. Winsberg se domnívá, že pouze tehdy, když pojmáme simulace jako prost edky k dosažení p ímé reprezentace reálného systému a nikoliv abstraktního modelu, dává epistemologie simulace (epistemology of simulation) smysl.⁴⁴⁶

Z Winsbergova dal-ího hodnocení vyplývá, že abstraktní model tvo í teoretickou ást v deckého popisu, zatímco simulace je nutnou praktickou ástí. Simulace je praxí, v níž d v ra v modely, které konstruujeme závisí na n kolika faktorech, z nichž fládný není garantován na-ím teoretickým v d ním. Závisí na: (1) faktech, které víme o na-ích po íta ích a grafických technikách, (2) d v e, kterou máme v na-e r zné ad hoc modely, které poufíváme a které jsme odvodili z laboratorní zku-enosti a pozorování, (3) na-í schopnosti kalibrovat modely na empirické výsledky a (4) d v e v p edpokládané schopnosti t ch, kte í provád jí simulace a kte í rozhodují o stupni podobnosti mezi odli-nými t ídami zobrazení.⁴⁴⁷

Souhrnn Winsberg zd raz uje pot ebu soust edit v rámci filosofie v dy pozornost na (1) konkrétní modely, nebo ty, na rozdíl od abstraktních teorií, p edstavují prost edek reprezentace reálných systém . Stejn poukazuje na (2) pot ebu zkoumat význam teorie pro konstrukci modelu, p i emfl má být modelu uznána jeho autonomie.⁴⁴⁸

2.4.1.3.3 Simulace Ě mezi teorií a experimentem

Dal-í zp esn ní své koncepce p iná-í Winsberg ve svých nejnov j-ích textech.⁴⁴⁹ P iná-í kritiku mediujících model , p edev-ím kritiku p edstavy, že by m ly být modely autonomní. Výstifn j-í je pojmát modely jako semiautonomní. A to z toho d vodu, že modely zt les ují velkou ást teorie, s níž jsou spojeny.⁴⁵⁰ Ke vztahu modelu a simulace Winsberg podotýká: *š Poufívám termín š simulace, abych odkazoval k ucelenému procesu výstavby, innosti a vyplývání z komputa ních model . Simulace jsou založeny na modelech, zt les ují p edpoklady model a postupn produkují modely jev .*⁴⁵¹

Vztah po íta ové simulace a experimentování je tradi n nazírán t emi mofnými zp soby: (1) po íta ové simulace p edstavují pouze hrubou výpo etní sílu, (2) simulace jsou

⁴⁴⁶ Srov. tamtéfl, s. S449-S450.

⁴⁴⁷ Srov. tamtéfl, s. S450.

⁴⁴⁸ Srov. tamtéfl, s. S453.

⁴⁴⁹ Winsberg (2003, s. 105-125).

⁴⁵⁰ Srov. tamtéfl, s. 106.

⁴⁵¹ *šI use the term "simulation" to refer to comprehensive process of building, running, and inferring from computational models. Simulations are based on models, they incorporate model assumptions, and they in turn produce models of phenomena.* Š Tamtéfl, s. 107.

reálné systémy,⁴⁵² (3) simulace představují t etí mód

Druhá možnost podle Winsberga zahrnuje vytváření algoritmu, které přesně napodobují zkoumaný fyzikální systém, implementaci algoritmu do počítače a provádění počítačových experimentů, které by mly přinést odpovědi na naše otázky ohledně zkoumaného systému.⁴⁵³

V souvislosti s těmi možnostmi nastane Winberg několik zajímavých filosofických otázek, týkajících se počítačových simulací. Jak je možné, že počítačové simulace, které jsou ve své podstatě teoretickým pojetím, získávají charakteristiky experimentování? Winsberg také zkoumá, co jsou tyto charakteristiky, pokud je rekonstruujeme na abstraktní úrovni. Zajímavou otázkou také je, jaké následky bude mít tento hybrid mezi teorií a experimentem pro porozumění povaze modelování, teoretizování a experimentování. Poslední výzvou je také otázka, jak simulace produkuje vědění a jakého druhu toto vědění vlastně je.⁴⁵⁴

2.4.1.4 Kritika některých pojetí model

Harrell a Glymour⁴⁵⁵ se pokoušejí o zhodnocení některých revizí pojetí modelu v kontextu nelineární dynamiky (Koperski,⁴⁵⁶ Rueger a Sharp⁴⁵⁷ ad.). Poukazují na módní přístup, podporený rozvojem nelineární dynamiky, který přisuzuje hlavní konfirmační úlohu modelům. Předpokládá se, že modely jsou konfirmovány nebo vyvráceny přímo prostřednictvím pozorování, zatímco teorie odvozují svou konfirmaci pouze z konfirmace modelů, se kterými jsou spjaty. Tradiční (top-down) pojetí modelování je kritizováno podle Harrella a Glymoura především v textech Ruegera a Sharpa a Koperského. První jmenovaní se domnívají, že charakteristiky dynamiky (např. atraktory, Ljapunovovy exponenty) a dokonce i to, zda systém je nebo není chaotický, jsou vyvozovány přímo z dat bez intervence pomocných hypotéz nebo modelů. Koperski se zase domnívá, že citlivá závislost na počátečních podmínkách je v rozporu s procedurálním pojetím konfirmace teorií.⁴⁵⁸

Kritika Ruegera a Sharpa poukazuje na jejich nereflektovaný předpoklad, že hodnotu Ljapunovova exponentu lze vyvodit přímo z experimentálních dat. Správně tvrdí, že namísto toho, aby v každém bodě za bodem srovnávali data s numerickými simulacemi, raději srovnávají

⁴⁵² *š(t) what distinguishes genuine simulations from mere number crunching is that simulations have genuinely "mimetic" (t) characteristics.* Tamtéž, s. 110.

⁴⁵³ Srov. tamtéž, s. 115.

⁴⁵⁴ Srov. tamtéž, s. 118.

⁴⁵⁵ Harrell, Glymour (2002, s. 256-265).

⁴⁵⁶ Koperski (1998).

⁴⁵⁷ Rueger, Sharp (1996, s. 93-112).

⁴⁵⁸ Srov. Harrell, Glymour (2002, s. 257).

apunov v exponent) s t mi, které jsou vypočteny na
pojetí Ruegera a Sharp) pítom ale závisí na tom, zda
máme skutečně spolehlivě vyvozovat hodnotu invariant (Ljapunovova exponentu) přímo
z dat. A hlavní problém pítom podle Harrella a Glymoura spoívá v tom, že se touto otázkou
Rueger se Sharpem nezabývají.

Souhrnně tak podle Harrella a Glymoura platí, že: (1) Rueger a Sharp předpokládají,
že rysy dynamiky mohou být vyvozovány ze samotných časových posloupností pozorování.
(2) Koperski předpokládá, že vzhledem k nepresnosti pozorování nemohou být charakteristiky
dynamiky vyvozovány ze samotných časových posloupností pozorování.⁴⁵⁹

Harrell a Glymour si tak kladou za cíl přesněji vymezení pojmu spolehlivého
vyplývání (reliable inference). Snahí se přejít od vágních vyjádření k matematickému
zakotvení. Píináí definici spolehlivé inference⁴⁶⁰ a poté se zamoují na spolehlivou inferenci
v jednodimenzionální chaotické dynamice.

Rueger a Sharp vkládají do nelineární dynamiky velké naděje, nebo se domnívají, že
v jejím rámci může být dosaženo odstranění napětí mezi vysvětlením (pomocí jednoduché
teorie) a reprezentací reálného fenoménu. Je to polemicky v í Cartwrightové ó zákon
může být pravdivý.⁴⁶¹ Domnívají se, že se inference v nelineární dynamice obejde bez
přispění modelů. Píi proceduře rekonstrukce je jediným předpokladem, který musíme uinit o
systému, to, že je možné jej popsat diferenciální dynamikou.⁴⁶² Tento předpoklad pítom
nemůže být nazván modelem. Aplikace jednodimenzionálního zobrazení na Boussoffu-
fiabotinského reakci je tak možná, ve smyslu srovnání teorie a jevu, a to bez dovolávání se
modelům, které mediují mezi teorií a jevem.⁴⁶³

Jsou dokonce ochotni tvrdit, že když srovnáváme atraktory vypočtené z teorie
s korespondujícími charakteristikami, které jsou rekonstruovány z časových posloupností,
nevkládáme mezi teorií a data model. Atraktory, jejich dimenze, Ljapunovovy exponenty a
jiné charakteristiky všechny považují za invarianty systému, které jsou modelově nezávislémi

⁴⁵⁹ Srov. tamtéž, s. 258.

⁴⁶⁰ *Let W be a set of data streams, H a hypothesis, and F an inference function for W . We define the following senses of reliability: (uvádím ty, které v dáleím používají) (1) F verifies H in the limit in W iff for all data streams d in W , if d is in H , there are at most a finite number of initial segments of d for which the value of F is 0 or is undefined, and if d is not in H there is an infinity of initial segments of d for which the value of F is 0 or undefined. (2) F gradually refutes H in W iff for all data streams d in W , F converges to 0 as the initial segment length increases without bound if and only if d is not in H .* Tamtéž, s. 260-261.

⁴⁶¹ Srov. Rueger, Sharp (1996, s. 94).

⁴⁶² Rueger a Sharp uvádí diferenciální rovnici $\frac{dx(t)}{dt} = F(x(t))$. Srov. tamtéž, s. 107.

⁴⁶³ Srov. tamtéž, s. 107.

svou argumentaci silným tvrzením, že: *š Fyzikové jako jednodimenzionální zobrazení pro B lousovovou-*

fiabostinského reakci, jako fenomenologické, protože tyto teorie nezahrnují modely o detailním (konkrétní kauzálním) mechanismu reakce (í).⁴⁶⁴

Vidíme, že tam, kde Koperski hovoří o bottom-up modelech, vidí Rueger a Sharp přímo fenomenologické teorie. Domnívám se, že pojetí Ruegera a Sharpa je příliš extrémní. Proč pojmát logistické zobrazení jako teorii? Proč se domnívat, že použitá diferenciální rovnice nemá povahu modelu?

Harrell a Glymour se snaží ukázat, že postup Ruegera a Sharpa je oprávněný, ale jejich pojetí vyplývání ústí do mnohoznačnosti. Tato mnohoznačnost je dána nejasností, jaký druh spolehlivosti (reliability) mají Rueger a Sharp na mysli. Při hodnocení Koperského poukazují na to, že Koperski sice správně tvrdí, že s nepresnými daty neměly aproximace konvergovat k pravdě, nicméně toto omezení se týká dynamických veličin, u Ljapunovova exponentu přítomnost není odpověď jasná.⁴⁶⁵

Toto hodnocení Koperského nás odkazuje k úvahám, nakolik jsme v teorii chaosu odkázáni pouze na kvalitativní odpovědi. Hodnota Ljapunovova exponentu by mohla být právě jedním z kvantitativních ukazatelů teorie chaosu.⁴⁶⁶

2.4.1.5 Bottom-Up a Top-Down - zhodnocení

V předchozích kapitolách jsme sledovali snahu autorů o zviditelnění nového aspektu modelů v teorii chaosu, který jsme souhrnně označili za bottom-up přístup. Jak už jsme zmínili (2.4.1), Peter Smith si kladl v této souvislosti otázku, zda se v případě modelování v teorii chaosu nedostáváme do kontaktu s mnohem radikálnějším podobou experimentalismu. Takového, který není spojen jen s pouhým vybíráním vhodného modelu z mnohých kandidátů na základě experimentální vhodnosti, ale spíše s konstruováním matematických modelů šdola nahoru (bottom up), přímo z posloupnosti dat, získaných při

⁴⁶⁴ *š Physicists do classify NLD theories like the one-dimensional map for the BZ reaction as phenomenological because these theories do not involve models of the detailed (in particular, causal) mechanism of the reaction (í).^{š Tamtéž, s. 107-108.}*

⁴⁶⁵ Srov. Harrell, Glymour (2002, s. 263).

⁴⁶⁶ Je ovšem zajímavou otázkou, nakolik může samotná hodnota Ljapunovova exponentu (respektive regulačního parametru) citlivě záviset na určitých počátečních podmínkách. Například při představení dvou logistických rovnic, které jsou vzájemně provázané. Regulační parametr každé z nich je totiž veličinou, jejíž vývoj postihuje druhá rovnice. Například: $y_{n+1} = 4x_n y_n (1 - y_n)$, $x_{n+1} = 4y_n x_n (1 - x_n)$ kde $y_i, x_i \in [0,1]$.

o modelech, které se opírají o jejich univerzalitu, . A to bez pot eby znalosti zakládající teorie.⁴⁶⁷

Vid li jsme, že Koperski uvádí jako konkrétní příklad bottom-up modelování rekonstrukci fázového prostoru a pokládá nový druh modelování, v opozici k tradi nímu top-down přístupu, pro chaotické dynamiky za jediný možný. Výše (2.4.1.1.3) jsem už uvedl pochybnosti vzhledem k tomu, že Koperski nedostatečně odlišuje jednotlivé druhy predikce, dosažitelné v teorii chaosu. Naopak Rueger a Sharp vidí na místo bottom-up modelování přímou fenomenologickou teorii, což je přístup, v němž se Koperski ohrazuje. Oba tyto přístupy byly Harrellem a Glymourem označeny za příliš vágní a ponechaly tak, především kritikou Koperského radikálního pojetí Ljapunovova exponentu, prostor pro obhajobu top-down modelování.

Přístup podobný Koperskému můžeme najít u Adama Mortona v jeho pojetí mediujících modelů, které slouží k propojení experimentálních dat a teorie, která není přímou aplikovatelná. Bohužel Mortonovo pojetí mediujícího modelu je opět příliš vágní a jednoznačné argumenty pro bottom-up přístup nepředkládá. Pro Erica Winsberga je hlavním cílem vymezení počítačové simulace jako specifického prostředku mezi teorií a experimentem. I když jeho pojem ad hoc modelu může připomínat bottom-up modelování, v protikladu k Mortonovi a Koperskému pokládá nelineární dynamiku za specifickou právě používáním modelů, které jsou aplikovány na experimentální data, což je charakteristický top-down přístup.

Můžeme tak vidět značnou nevyjasněnost pojetí modelu v teorii chaosu, což nám dává příležitost odstranit pojmovou konfuzi a navrhnout vyvážené řešení. Souhrnně lze říci, že Koperski, fascinován citlivou závislostí na počátečních podmínkách, nedoceňuje roli dynamických principů, které jsou při rekonstrukci fázového prostoru využívány, zatímco Winsberg si neuvědomuje, že model byl už dlouhou dobu vnímán jako prostředek artikulace teorie a je proto potřeba ujasnit jeho specifika v nové oblasti teorie chaosu. Morton bohužel svým nejasným pojetím mediujícího modelu nepřispívá k vysvětlení role modelu v teorii chaosu, a tak lze konstruovat i radikální Ruegerovu a Sharpovu představu, která modely používané v teorii chaosu klasifikuje jako teorie.

Osobně jsem přesvědčen o tom, že bottom-up modelování vždy vyřazuje určitý top-down prvek. Jestliže jsem schopen chemickou reakci popsat bez znalosti chemické teorie, pak to neznamena, že se obejdu bez jakýchkoliv principů. Jestliže rozpoznám chemickou reakci

⁴⁶⁷ Srov. Smith (1998, s. 141-142).

Uplatnit sadu model , které jsou v teorii dynamických systémů. Uplatnit o n jaké dynamické principy. Jak ufl bylo uvedeno vý-e (2.4.1.1.2), Koperski p iznává, fle se p i modelování za íná s hypotézou, fle je studovaný systém deterministický, disipativní a má jednozna n specifikovatelný stav (alespo principiáln).⁴⁶⁸ Copak je taková hypotéza prostá vlivu teorie dynamických systém ? I kdybychom cht li (jak to íní Rueger a Sharp) pojímat diferenciální dynamiku jako samoz ejmou (a tudífl modelov bezvýznamnou), m fleme si dovolit stejn tak nakládat i s pojmem disipace? Vfdy disipativní systém (2.2.1) je p esn definován a jako takový je úzce spjat s pojmem atraktoru, cofl tvo í jasné zázemí, na n mfl je budován model. Jak m flu hledat v datech chaotický atraktor a p ítom se domnívat, fle mé modelování je naprosto opro-t né od vlivu dynamických princip ?

Podobn Smith vyjad uje korekci p ílí-ného experimentalismu, i s ohledem na zakládající teorii, následovn : *šJen díky porozum ní obecným chemickým základ m jsme schopni B lousovovu-fiabotinského reakci rozpoznat jako p ístupnou zpracování jako vysoko-dimenzionální dynamický systém. A op t na základ na-eho chemického porozum ní takovým systém m, které jsou vzdálené daleko od rovnováhy, víme, fle se jedná o siln disipativní systém (í). To nám poskytuje d vod p edpokládat, fle nízko-dimenzionální atraktor, nalezený p i poufítí zpořd né konstrukce (time-delay construction), pravd podobn koresponduje s špravouõ dynamikou. Na-e základní chemické porozum ní B lousovov -fiabotinského reakci je tak p ece jen zahrnuto v na-em zd vodn ní, fle m fleme brát empiricky konstruované atraktory vážn .õ*⁴⁶⁹

A je to práv možnost interdisciplinárního uflití teorie chaosu, co nám ukazuje, fle bottom-up modelování jde vfdy ruku v ruce s top-down p ístupem. V-ude tam, kde se uplat uje teorie chaosu, jsme schopni anticipovat chaotické chování posouzením dynamického systému. Ve v t-ín p ípad je pak vývoj disipativního dynamického systému popsatelný prost ednictvím vývoje trajektorie ve fázovém prostoru. Konkrétní podoba atraktoru je samoz ejm ur ena práv rekonstrukcí fázového prostoru, cofl ale nic nem ní na tom, fle základní mechanismus chaotické dynamiky je klí ovým modelem, který je znám z teorie dynamických systém .

⁴⁶⁸ Srov. Koperski (1998, s. 639).

⁴⁶⁹ *šIt is only because of our general background chemical understanding that we recognize the BZ reaction as apt for treatment as a high-dimensional dynamical system. And again, it is in virtue of our chemical understanding of such systems kept far from equilibrium that we know that this is a strongly dissipative system (í). That gives us reason to suppose that a low-dimensional attractor found when we use the time-delay construction is likely to correspond to the štrueõ dynamics. So our background chemical undestanding of the BZ reaction is after all involved in our justification for taking the empirically constructed attractor seriously.õ* Smith (1998, s. 142).

Podobnosti v teorii chaosu u (SETu) u Kellerta

S prvním poufítím SETu pro popis teorie chaosu se setkáváme ufl u Kellerta. Kellert se p itom odvolává výhradn ě na star-í Giera v text *Explaining Science*. Aby podpo il své pojetí významu modelování pro teorii chaosu, cituje z Gierova textu následující: *š Kdyfl p istupuje– k teorii, v-ímej si p edn model a následn hypotéz, které poufřívají modely. Nehledej obecné principy, axiomy nebo n co podobného.š*⁴⁷⁰ Následn Kellert stru n popisuje Gierovo pojetí (1) modelu jako idealizovaného systému, definovaného sadou rovnic, (2) teoretické hypotézy, jako tvrzení, které prohla-uje vztah podobnosti mezi modelem a ur itým systémem nebo t ídou systém , a (3) teorie, jako slofeniny dvou ástí: (a) mnofliny model , a (b) mnofliny r znorodých hypotéz, které spojují modely se systémy v reálném sv t .⁴⁷¹

Poufítí Gierova pojetí je pro Kellerta d leflité vzhledem k obhajob ě experimentalismu a kritice deduktivních inferencí, nebo Giera p ímo tvrdí, fl v SETu nejsou sice vztahy vyplývání mezi modely vylou eny, ale nejsou vyřadovány. Spojení mezi modely, z nichfl jeden je vyvinut z druhého prost ednictvím uváflivé aproximace, nemá povahu ist matematické nebo logické dedukce.⁴⁷²

Kdyfl pomineme skute nost, fl Kellert (1) nereflektuje význam princip ě pro tvorbu model , cofl ve star-í verzi Giera také zanedbává, z stává zásadním problémem Kellertova poufítí Giera (2) p ílí-ná obecnost vyjád ení. Kellert v podstat ě pouze charakterizuje teorii chaosu jako mnoflinu model (které definuje vý tem)⁴⁷³ a mnoflinu hypotéz, které modely vztahují k reálnému systému. Neuvádí v-ak ufl, jaké druhy podobností by m ly hypotézy proklamovat, v ěm spo ívá podobnost modelu a ur itého systému nebo t ídy systém .

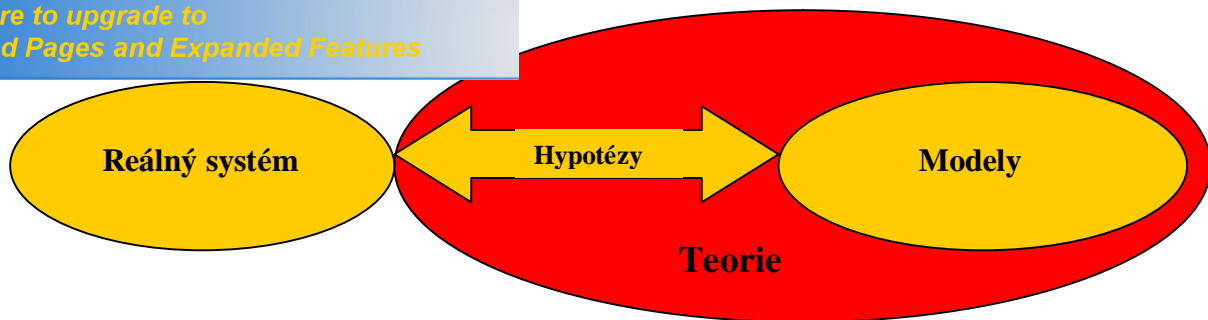
Pokud bychom schématicky znázornili Kellertovo vztafení SETu na teorii chaosu, získali bychom následující diagram:

⁴⁷⁰ *š When approaching a theory, look first for the models and then for hypotheses employing the models. Don't look for general principles, axioms, or the like.š* Giera (1988, s. 89), viz Kellert (1993, s. 86).

⁴⁷¹ Srov. Kellert (1993, s. 86-87).

⁴⁷² Srov. tamtéfl, s. 91.

⁴⁷³ Viz tamtéfl, s. 87.



Nevýhodou tohoto pojetí je ovšem (1) pouhé konstatování vztahu podobnosti mezi reálným systémem a modely, který má zajišťovat hypotéza, a (2) pouhý výčet modelů bez specifikování jejich povod (vytvoření).

Jak jsme si uflvímli výše (1.3.4.2.2), ústřední pojem Gierova raného MOTu o podobnosti o kritizuje také Smith, a to ze dvou důvodů. (1) Pro Smithe je stupeň podobnosti dokladem aproximativní pravdivosti modelu. (2) Podle Smithe nelze jednoduše vytvořit obecné pojetí aproximativní pravdivosti, respektive, slovy Giera, teoretické hypotézy. A pokud se o to Giere snaží, pak za to platí spoléháním se na velmi vratký pojem podobnosti.⁴⁷⁴

2.5.2 Modely teorie chaosu jako příklad soudobého Gierova MOTu a jeho rozdílení

Nyní bych se rád zaměřil na to, jak dnes charakterizuje Giere vztah reálného systému a hypotéz a jakým způsobem dnes používá pojmu podobnosti.

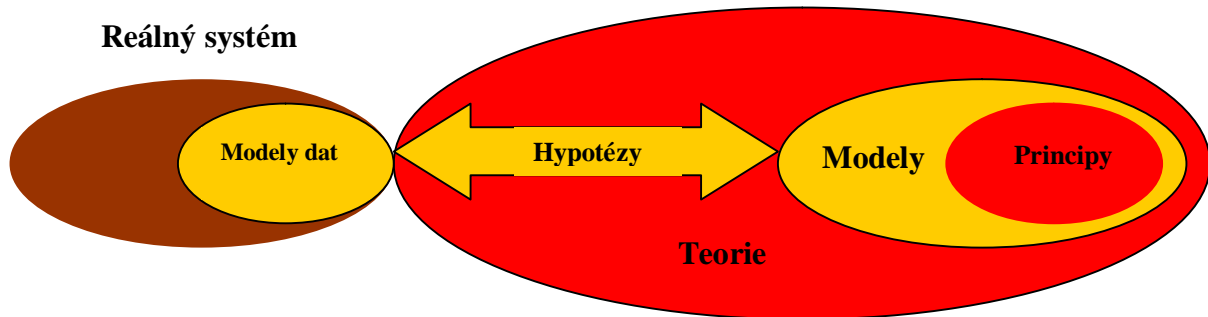
Jak jsme viděli výše (1.3.4.2), Giere ve svém nejnovějším MOTu především více zdůraznil význam principů a specifických podmínek jako základního vzoru pro tvorbu reprezentativních modelů. Pechod mezi principy a modely je navíc postupný (1.3.4.2.1). Jedna z Kellertových hlavních výpovědí z Giera, flé při budování teorie nejsou definované principy, ale především modely (a následně hypotézy), tak přestává platit. Navíc, a to je zásadní, zbavuje modely pouze výstředního vymezení, které je pro Kellerta typické.

Dalším upřesnění jsme se dokali u Giera ve specifikování druhého pólu vztahu podobnosti. Giere ufl nechce nalézat podobnost přímo mezi modely a reálným systémem, ale mezi reprezentativními modely a modely dat. Data získávaná při experimentu a měření nelze nikdy přímo vztáhnout k reprezentativnímu modelu, nejprve je potřeba provést statistické zpracování dat. Podle Giera nelze předpokládat, flé se model dat přímo shoduje s reálnými hodnotami měřených aspektů reálného světa.

⁴⁷⁴ Srov. Smith (1998b, s. 273).

ize p vodního Gierova MOTu, m fleme pro názornost azuje, jakým (roz-í eným) zp sobem, na rozdíl od

Kellerta, nyní Giera interpretuji.



Teorie je tvo ena dv ma d leflitými mnoflinami: (1) mnoflinou model a princip , p i emfl modely byly vytvo eny na základ princip , (2) mnoflinou hypotéz, které sloufí k nalézání vztahu podobnosti mezi modely a reálným systémem. Teorie se ale p ísn vzato netýká p ímo reálného systému, ale model dat, které vznikají zpracování experiment . Základní podobnost tak existuje mezi reprezenta ními modely a modely dat.

Pojem podobnosti Giera více specifikoval s ohledem na stanovení vhodnosti (fit) modelu pro reprezentaci reálného systému. Opakuje, fle dokonale vhodný model je nedosaflitelný. Smithovu výtku se snaflí tlumit poukazem na velkou rozmanitost zp sob , jak stanovit stupe vhodnosti daného modelu. Stále si trvá na tom, fle podobnost je pro stanovení vztahu reprezentování mezi modelem a sv tem vhodn j-í nefl pojem pravdy.⁴⁷⁵ D leflité je také Gierovo stanovení, fle reprezentování není dílem samotných model , ale je dílem v dce, který model pouflívá. V dec p ítom vybírá n které specifické rysy modelu, které prohlásí za podobné (similar) ur ítým rys m reálného systému.⁴⁷⁶

Domnívám se, fle je moflné a vhodné pouflít Gier v nyn j-í MOT pro popis teorie chaosu. Reprezenta ní modely teorie chaosu je moflné prost ednictvím teoretických hypotéz vztáhnout k reálnému systému, který je zastoupen modely dat. Reprezenta ní modely jsou vytvo eny na základ princip a modely dat jsou výsledkem po íta ového zpracování samotného m ení. Teoretická hypotéza dokládá p ítomnost ur ítých klí ových charakteristik

⁴⁷⁵ *šThere is most likely no single measure that is uniquely best for determining goodness of fit for every variable in a model, or even just for those variables corresponding to elements of a real system that can be measured experimentally.* Giera (2006, s. 66-67).

⁴⁷⁶ Srov. tamtéfl, s. 64.

Takto rámcově a obecně není problém pouhlít MOTu pro teorii chaosu obhlít (to uhlí konec konců provedl i Kellert), pokud má být ale mé zkoumání dle sledné, je pot eba vyrovnat se s nkolika problémy, které mohou představovat překážku pro aplikaci MOTu na teorii chaosu.

2.5.2.1 Problémy při úpravě Gierova MOTu pro pot eby teorie chaosu

Domnívám se, že je možné vymezit minimálně tři hlavní problémy, které vznikají, když chceme Gier v MOT aplikovat na teorii chaosu. (1) Přítomná jednoduchost vzorových modelů, které Giere pouhlívá. (2) Interdisciplinarita teorie chaosu oproti klasickým disciplínám (fyzika, biologie), z nichž si Giere přejí uje modely. (3) Nepřítomnost bottom-up modelů v Gierov MOTu.

První hlavní nevýhodou Gierova MOTu je přítomná jednoduchost modelů, které volí (1.3.4.2.4). Svě schéma vztahu reprezentativních modelů a modelů dat navíc dokládá téměř výhradně jednoduchými příklady z klasické mechaniky. V jeho přístupu zcela chybí reflexe nelineárních dynamických systémů a obtížů, které by mohly představovat pro MOT vybudovaný pouze na jednoduchých modelech. Vysvětlení je jistě nasnadě, soudím, že se Giere domnívá, že jeho MOT je univerzálně aplikovatelný i na nelineární dynamické systémy. K problému přesnosti měření se vyjadřuje v polemice nad výhodami vztahu podobnosti modelu a zkoumaného reálného systému oproti konstatování pravdivosti modelu. Jak uhlí jsem podotknul výše (1.3.4.2.2), uzavírá, že i kdybychom měli k dispozici dokonalý model, nikdy to nepoznáme, protože experiment, zatížený chybami, se nebude nikdy přesně shodovat s modelem.⁴⁷⁷

Zdá se, že klasické prohlášení o tradiční idealizaci (opomíjející nelinearitu), která vykazovala chaos na okraj zkoumání, nepředstavuje pro Gierovu koncepci překážku. Jsem přesvědčen o tom, že by Giere při popisu chaotických systémů sáhl po nějakém vhodném modelu, například magnetickém kyvadlu,⁴⁷⁸ které je velmi jednoduchým modelem chaotické dynamiky. Stejně tak by byl schopen doprovodit tento fyzický model vhodným matematickým popisem (1.3.4.2.4), který by zohlednil charakteristické nelinearity.

⁴⁷⁷ Srov. Giere (2006, s. 67).

⁴⁷⁸ Fyzické kyvadlo je ve svém chaotickém pohybu (samozřejmě v závislosti na vstupním impulzu) řízeno trojicí magnetů, které jsou upevněny na podlůžku tak, aby tvořily vrcholy rovnostranného trojúhelníku, nad jehož středem je kyvadlo upevněno.

je principiální p ekáflku. Modely v Gierov pojetí je a p esto z stane základní postup hledání teoretických hypotéz realizovatelným. Stále je mořné jasn vymežit reprezenta ní model a relevantní charakteristiky tohoto modelu hledat v modelu dat. Model dat navíc umořl uje za lenit do Gierova MOTu i úvahy nad o-et ením simula níh technik, vzhledem ke stínovému lemma a podmínce hyperbolicity (1.3.4.2.3 a 3.1).

Druhá p ekáflka se zdá spo ívat ve skute nosti, ře teorie chaosu (teorie dynamických systém) p edstavuje interdisciplínu, zatímco Giere volí p íklady z tradi níh disciplín fyziky a biologie. U t chto p íklad je Giere n jakým zp sobem vřdy schopen specifikovat skupinu princip , které jsou základem pro tvorbu reprezenta níh model . Mohlo by se zdát, ře teorie chaosu postrádá takovou základní sadu princip . Nicmén , jak jsme v n kterých ohledech zjistili uřl v p edchozím textu, i pro tuto interdisciplínu existují principy, které jsou základem model . V závislosti na tom, jak posoudíme vliv princip bázových disciplín (viz Smith 2.4.1.5), mohli bychom je-t promý-řet diferenciaci princip na (a) ty, které p ímo utvá řjí teorii chaosu a (b) ty, které pocházejí z bázové disciplíny.

V prvním p ípad , pokud jsem schopen rozpoznat ve zkoumaném fenoménu dynamický systém, znamená to, ře uplatním ur ítou sadu model , které se opírají o ur íté dynamické principy. Mezi tyto dynamické principy adím (1) deterministickou dynamikou, (2) disipativnost a (3) jednozna n specifikovatelný stav. Jsem p esv d en, ře práv disipace, která je spjata s mořností uvařovat o atraktoru dynamického systému, je nepochybn principiální záleřitostí.⁴⁷⁹ Jak m řlu hledat v modelu dat chaotický atraktor a p ítom se domnívat, ře mé modelování je naprosto opro-t né od vlivu dynamických princip ? Druhou skupinu princip není nutné speciáln charakterizovat, protože jsou tořfné s principy, jak je vymezuje Giere.

Interdisciplinarita teorie chaosu tak nep edstavuje p ekáflku pro aplikaci Gierova MOTu. I v této teorii m řeme specifikovat sadu princip , které jsou zodpov dné za podobu model . Na-e pojetí v dy by bylo velmi tradi ní, pokud by pro nás bylo nep íjatelné, aby systémy, které jsou vyjmuty z ř zných disciplín, nemohly být pod ízeny ur ítým společným princip m.

T etí problém odkazuje k nutnosti Gierovu koncepci doplnit, nebo bottom-up modely se v jeho pojetí nevyskytují. Modely, které charakterizuje, mají v-echny top-down rysy. Mohli bychom se sice pokusit tvrdit, bottom-up aspekt je p ítomný v Gierov pojetí modelu

⁴⁷⁹ Pokud bych tuto principiálnost cht l up ít deterministické diferenciální dynamice.

2.5.2.2 Aplikace MOTu na teorii chaosu se souasným zohledněním bottom-up model

Na základ odstranění zdánlivých problémů s jednoduchostí Gierových modelů a interdisciplinarní teorie chaosu můžeme nyní popsat, jak lze aplikovat MOT na teorii chaosu. Navíc můžeme doplnit do Gierovy koncepce zohlednění bottom-up modelování. V dec, mající na mysli určité principy, formuluje top-down modely, které porovnává s reálným systémem, zároveň na základ pozorování provádí korekce modelů zdola nahoru bottom-up. Tato činnost tak zahrnuje všechny tři prvky: principy, modely i empirii. Každý z těchto prvků má svou vlastní autonomii, ale žádný z těchto prvků není nemenný.

Pro teorii chaosu jako interdisciplínu je charakteristické, že je význam modelů nejvýraznější, protože principy jednotlivých disciplín jsou skryty v pozadí. Přítomnost charakteristických modelů evokuje dokonce představu, že nic takového jako principy teorie chaosu neexistuje. Nicméně, ať už přistoupíme k jakémukoliv systému, aby bylo bottom-up upravování modelů vůbec smysl, je potřeba tento systém rozpoznat jako deterministický (popsatelný diferenciální dynamikou), disipativní a ve většině případů také charakteristický jednoznačným vývojem ve stavovém prostoru. Tyto tři charakteristiky představují základní dynamické principy teorie chaosu. Na jejich základě vznikají základní top-down modely (logistické zobrazení, podivný atraktor ad.), které mohou být vztaženy k popisu modelů dat.

Je samozřejmé, že význam bottom-up modelování je v praxi nedocenitelný. Samotná znalost principů a dokonce i top-down modelů by sama o sobě byla nedostačující. Každý systém je vyjímavý a konkrétní podoba atraktoru musí být v procesu rekonstrukce fázového prostoru teprve nalezena. Ale tento experimentalismus bottom-up úprav top-down modelů není samospásný. Vždy musí být jasné, zda má nebo nemá smysl hledat atraktor, zda systém má nebo nemá jednoznačný vývoj, zda hodnota Ljapunovova exponentu svědčí o přítomnosti citlivé závislosti na počátečních podmínkách ad.

Nedomnívám se, že by tato šomezující konstatace snižovala teorii dynamických systémů na úroveň tradiční vedy. V těchto principech potěbuje, hypotézy nelze tvořit bez principů, vždy právě hypotézy mají v reálném systému rozpoznat přítomnost modelu, který je z principů odvozen. Tak také hypotézy teorie chaosu shledávají vztah podobnosti mezi určitými aspekty upravených top-down modelů a modelů dat. To přitom nepovyžuje principy

. Principy samy mohou být m n ny a opou-t ny.
ie chaosu (teorie dynamických systém).

Mohu shrnout, že aplikace Gierova sou asného MOTu na teorii chaosu je p ínosná pro ob strany. (1) Gierova koncepce je rozvinuta p edev-ím s ohledem na složitost poufíváných model (a jejich top-down a bottom-up slofkky). (2) Teorie chaosu získává bázi pro své konceptuální upevn ní, nebo dosp la do fáze, kdy je možné rozpoznat vztah mezi jejími modely a principy (viz bod (4) mého pojetí modelu), k jehoí vymezení je Gierovo sou asné pojetí velmi vhodné.

2.5.2.3 Teorie chaosu jako doklad rozví eného MOTu

Hlavní inovace mého pojetí MOTu spo ívala ve ty ech tezích, že (1) základní prvky teorie ó modely, jsou chápány jako nosi e princip , které (2) hrají roli také p í pojmové výstavb teorie, (3) artikulací princip odhalují poznatky (a vytvá ejí závazky), které ze samotných princip nebyly z ejmé a n kdy (4) umofl ují (poté co jsou sdrufeny do odpovídající mnofliny) souhrnné vymezení princip (1.4.1).

Hlavní výzvy pro budoucí zkoumání byly spojovány (1.4.2) s možností popsat (a) dynamiku teorie a (b) zm nu teorie. Tyto dv výzvy také společn ústily do poslední teze, že (5) poufíváním princip v r zných modelech dochází nevyhnuteln k mutacím p vodních princip , coí m že vyústit afl ve vznik nové teorie.

Dokládám jsem toto pojetí MOTu p íklady z kvantové mechaniky a speciální teorie relativity s poukazem, že také teorie chaosu p edstavuje doklad mého pojetí. Pokud mohu nyní provést shrnutí, pak body (1), (2) a (4) by m ly být z p edchozího textu dostate n z ejmé. Jednoduché modely (1), které poufívali pr kopníci teorie chaosu (a uífl vrátíme pouze k Lorenzovy nebo afl k Poincarému), umofl ovaly postupn budovat teorii chaosu (2), a to je-t p edtím, neífl byla stanovena definice chaosu (4).

Domnívám se, že prom na princip (5) se ukazuje nejvýrazn ji v rozvoji nejednoznané analýzy. Jeden ze základních dynamických princip teorie chaosu byl opu-t n, princip jednoznané specifikovatelnosti stavu systému. Nejednoznaná analýza, která se uplat uje v aplikacích na komplexní systémy biologie a ekonomie, rezignovala na jednu ze základních charakteristik dynamického systému, aby se její nové modely daly aplikovat na systémy za dosavadní hranicí popisu.

Následující, poslední kapitola p edstavuje dva dal-í p íklady prom ny teorie chaosu p í snaze popisovat je-t více komplexní problémy (v oblasti astrofyziky a neurov d).



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ou pro sou asnou teorii dynamických systém ur ující
ty).

my m bych v této poslední kapitole je poukázat na jedné straně na hranice použitelnosti teorie chaosu a na straně druhé na oblasti, v nichž lze očekávat další rozvoj nelineární dynamiky. Lze říci, že poté, co je mravenčí práce z prvních dvou kapitol hotová, mohou si dovolit určitou vizionářskou manýru. Narátnout zajímavé výzvy, které se rýsují v hraničních aplikacích nelineární dynamiky. Výzvy, které přináší filosofii nový zajímavý materiál k pojmové analýze.

Tato kapitola je vlastně kontrapunktem Kellertova přístupu, který se ukazuje v jeho knize *Borrowed Knowledge*. Nemohu se ubránit představě, že se vzdal ambiciózního cíle prezentovat epistemologickou revoluci⁴⁸⁰ a rozhodl se provádět šouzeň komparativní výzkum, jehož cílem je zkoumat crossdisciplinaritu na příkladu teorie chaosu.⁴⁸¹ Modely teorie chaosu jsou tak v Kellertově přístupu používány metaforicky. Proto také analýza metafory tvoří stěžejní část Kellertovy práce.⁴⁸²

Domnívám se, že tento postup není jediný, který může zvolit filosof v době, kdy chce zkoumat aplikaci teorie chaosu. Cesta zkoumání nemetaforického, interdisciplinárního použití teorie chaosu i lépe nelineární dynamiky je možná, a to nikoliv v podobě referování o zajímavých objevech v oblasti astrofyziky, neurodynamiky nebo ekonomie. Domnívám se, že existují minimálně tři aplikace nelineární dynamiky, které přináší zajímavé související filosofické výzvy: (1) Problém přechodnosti modelů, který vzniká při zkoumání dynamiky sluneční soustavy⁴⁸³ a má svou důležitost pro filosofii v době. (2) Problém v domě (mentální kauzality), který je zkoumán v rámci nelineární neurodynamiky⁴⁸⁴ a má svou klíčovou důležitost jako součást filosofie mysli (a epistemologie). (3) Problém jednoznačnosti vývoje dynamického systému, který vzniká v oblasti nejednoznačné analýzy⁴⁸⁵ v matematice a má svou důležitost pro filosofii v době a konkrétně filosofii matematiky. V následujícím textu první dvě z těchto aplikací přiblížím. Třetí problém ponechávám budoucímu studiu.⁴⁸⁶

⁴⁸⁰ Vzpomeňte na jeho povodňové úvahy o transcendentální nemohutnosti, dynamickém porozumění ad.

⁴⁸¹ Konkrétně její aplikaci v ekonomii, právu a literární vědě, viz Kellert (2008, s. 16-21).

⁴⁸² Viz tamtéž, s. 103-147. Místem, kde se stýká analýza metafory s nemetaforickým použitím nelineární neurodynamiky je kniha Modell (2003).

⁴⁸³ Viz Parker (2003, s. 359-382).

⁴⁸⁴ Freeman (1999). Edelman, Tononi (2000). Smith (1998a, s. 143-146).

⁴⁸⁵ Andres, Fürst, Pastor (2009). Boumans (2003, s. 308-329). Odenbaugh (2003, s. 1496-1507).

⁴⁸⁶ tvrtou zajímavou možností je také vytvoření metafory škritické opalescence Petra Galisona, kterou jsem již výše citoval (1.4.3). Galison zkoumá kontext objevu prostřednictvím úvah nad vzájemným působením tří systémů: technologie, vědy a filosofie. Právě z dynamiky tohoto vzájemného působení se v okamžiku škritické opalescence vynořila speciální teorie relativity. Aplikace teorie dynamických systémů na poli zkoumání vývoje v době představuje další zajímavou výzvu pro filosofii v době. Tento posteh také vyjadřuje mou alternativu ke Kellertovu použití metafor teorie chaosu.

zajímavé problémy nastíním, je ale třeba ohraničit
orie není v-evysv tlující, naopak, poukazem na hranice
její použitelnosti vykonáváme d leflitou sluffbu dal-ímu rozvoji v dy.⁴⁸⁷

Jestliže jedním ze základních znak chaotické dynamiky je nelinearita, která byla
v klasických idealizacích odstraována, ale která je přítomná v t-iny zkoumaných reálných
systém pravidlem, pak naopak dynamika charakteristická pro kvantovou mechaniku je
typicky lineární. Tato skutečnost je často vnímána jako velká výhoda teorie dynamických
systém oproti kvantové mechanice.⁴⁸⁸ Problém, se kterým se ovšem kařdý model teorie
chaosu musí vyrovnat, je platnost stínového lemma (shadowing lemma). Přímá platnost
tohoto lemma (MA VIII) je zajištěna pouze za splnění podmínky hyperbolicity.

3.1 Stínové lemma

Jestliže si je třeba předestřnáci lety mohl Stephen Kellert dovolit spekulovat nad
podobou definice deterministického chaosu a nad d kazem chaoti nosti Lorenzova atraktoru,
pak v souasnosti ufl (2.1.1, MA I) nelze o těchto základech teorie chaosu pochybovat.
Nicméně, když dospje teorie do stavu takového ukotvení, po období bouřlivého rozvoje,⁴⁸⁹ je
tato pojmová ujasnost zároveň vykoupena zjištěním, co v-e se dané teorii vymyká.⁴⁹⁰

Pro použitelnost model teorie chaosu je třeba dokázat, že používaný model
odpovídá zkoumanému reálnému systému. Jak si můžeme být jisti, že trajektorie vykreslená
přímou počítačovou simulací odpovídá reálnému systému? Jak můžeme tvrdit, že chaotické chování
není pouze d sledkem nedokonalého výpočetního procesu, který provádí počítač? Jak je
možné, že chaotický atraktor simulovaný na počítači odpovídá chování reálného systému?
By samozřejmě jen v tom smyslu, že vymezuje globální charakteristiky dynamiky, ale
neumožňuje lokální predikci.

Peter Smith podotýká, že se můžeme domnívat, že systém je citlivě závislý vzhledem
k počítačovým experimentům, a ptá se, proč ale pak, když je citlivě závislý, tento
počítačový experiment v íme. A ptá se, zda není tento rys d sledkem akumulace
náhodných chyb, které jsou zavedeny při nedokonalém výpočtu. Co vlastně zaručuje závěr, že

⁴⁸⁷ Srov. Popper (1997, s. 20).

⁴⁸⁸ Alespoň tak situaci vnímá Jan Andres, který m o této diskusi mezi nelineární dynamikou a kvantovou
mechanikou upozornil.

⁴⁸⁹ Gleick hovoří přímo o změně paradigmatu, tedy v dekadé revoluci ad., srov. Gleick (1996, s. 39-43).

⁴⁹⁰ A zároveň mnohem intenzivněji vnímáme to z teorie, co není v rozporu s předchozí tradicí, nastává období
oprotivného navazování kontinuity.

od jednoho ramene Lorenzova atraktoru k druhému

Smith se správně odvolává na platnost stínových teorém (ast ji stínového lemma), které stanoví, že: *š Jestliže se snažíme vypoítat, co se stane s trajektorií s poátením bodem $x(0)$, pak ná– výpočet, náchylný k chybám, může brzy divergovat, a to exponenciálně, od správné trajektorie. Nicméně, pro vhodně se chovající systémy bude vypočtená trajektorie aproximovat a vytvářet úzký stín (will closely shadow) o trajektorii z nějakého jiného blízkého poátečního bodu $x'(0)$. Z tohoto důvodu bude chování vypočtené trajektorie stále poskytovat informaci o chování trajektorie systému (i když ne té, o níž jsme se domnívali, že ji poítáme!)*⁴⁹² Podrobnější výklad stínového lemma je obsažen v matematickém apendixu (MA VIII).

Stínové lemma tak zajišťuje použitelnost počítačových simulací, každý software používaný při modelování nelineárních dynamických systémů musí být ošetřen tak, aby splňoval stínové lemma.⁴⁹³ Smith sám ale připouští, že stínové lemma platí pro systém s vhodným chováním za určitých podmínek. Podmínkou, při níž je splněno stínové lemma, je podmínka hyperbolicity (hyperbolicity condition).⁴⁹⁴ Zásadním problémem při aplikaci nelineárních dynamických modelů je právě skutečnost, že tato podmínka hyperbolicity, která je podle Smithe aplikovatelná pro většinu disipativních dynamických systémů,⁴⁹⁵ platí pouze pro omezenou třídu systémů a pro reálné systémy je spíše výjimkou. Oblast aplikace teorie chaosu je tak striktně omezená.⁴⁹⁶ Zde zatím máme modely končí.

Konkrétní jednoduchý příklad, který naší situaci navíc vrátí zpět do kontextu Gierových úvah, se nachází v Matematickém apendixu (MA IX). Jedná se o popis základních dynamik matematického kyvadla.

⁴⁹¹ Srov. Smith (1998a, s. 58-59).

⁴⁹² *š If we try to work out what happens to the trajectory of some point $x(0)$, then our error-prone computation may soon diverge, and diverge exponentially, from the true trajectory. However, for wellbehaved systems, the computed trajectory will approximate or will closely shadow the trajectory from some other nearby starting point $x'(0)$. Hence the behaviour of the computed trajectory will still give information about the behaviour of a trajectory of the system (just not the one we thought we were computing!)*. Tamtéž, s. 59.

⁴⁹³ Například program Dynamics.

⁴⁹⁴ Dvořáková, Lampart, Mlíchová, Obadalová (2009, s. 16-23).

⁴⁹⁵ Viz Smith (1998a, s. 59).

⁴⁹⁶ Alespoň takto význam hyperbolicity hodnotí Jan Andres.

ích popisu

nu, které jsem zvolil, lze sice obecně pokládat za dynamické systémy, ale každý z nich je výrazně specifický jak co do druhu dynamiky, tak co do podoby přírodních principů, které tuto dynamiku popisují. Souhrnně se samozřejmě dostáváme za hranice základního pojetí, které je popsáno na počátku 2. kapitoly.

Síla interdisciplinárního přístupu se ale ukazuje, když si uvědomíme, že i takto odlišné systémy, které byly v tradici vždy považovány do naprosto odlišných disciplín a mnohdy byly také z vědeckého popisu úplně vyloučeny, mohou být rámcově uchopeny ze stejného teoretického základu. (1) Planetární systém byl problémem pro první teoretické systémy vědecké filosofie stejně jako pro první úvahy rodící se fyziky (emancipované přirodní filosofie). Především byl ale vědeckým problémem, na němž se poprvé ukázala síla Poincarého kvalitativní analýzy a tedy místem zrodu teorie dynamických systémů.⁴⁹⁷ (2) Lidský mozek je samozřejmě zkoumán biologii a jejími subdisciplínami, zároveň však povaha aktivity jeho základních prvků (neuronů/synapsí) splňuje podmínky pro aplikaci dynamického popisu. Nelineární neurodynamika tak může nacházet atraktory ve fázovém prostoru, který popisuje veličiny elektromagnetického pole zkoumaných částí lidského mozku. (3) Společnost, i její ekonomické aspekty, je často zkoumána s poukazem na svobodu aktéra vytváření sociálních vazeb. Nejnovější podoby teorie dynamických systémů⁴⁹⁸ umožňují popisovat i takto komplexní dynamiku.

3.2.1 Planetární systém a přehlednost modelů

Poincarého přístup k řešení problému nebeské mechaniky je dostatečně známý.⁴⁹⁹ Od doby jeho objevů byla navržena řada zjednodušených modelů, které určovaly stabilitu slunečního systému. To, co bylo dříve nahlíženo jako přesný šhodinový stroj, je nyní vnímáno jako relativně křehký systém, jehož stabilita je podmíněna celou řadou faktorů (parametrů), byť je tato stabilita zároveň samoorganizovaná, a tudíž vykazuje vysoký stupeň sebeudržování.

Matthew Parker uvádí přehled nejdelejších modelů zkoumajících stabilitu sluneční soustavy, s důrazem na Sommererův-Ottův model.⁵⁰⁰ Tento model je totiž charakteristický

⁴⁹⁷ Weisskopf třetě popisuje další rozdíl mezi klasickou a kvantovou fyzikou na příkladu Rutherfordova planetárního modelu atomu a Bohrova modelu atomu vodíku. Weisskopf (1972, s. 24-40).

⁴⁹⁸ Především nejednoznačná analýza, viz Andres (2009).

⁴⁹⁹ Viz Galison (2003, s. 52-64).

⁵⁰⁰ *Š Sommerer and Ottův model (1996) consists of a point particle in a two-dimensional potential, with an additional force given as a sinusoidal function of time. The motion is governed by*

basins of attraction) jsou d ravné (riddled basins of attraction) v oblastí (basins) implikuje specifický druh nep edpov ditelnosti, který se dle Parkera li-í od b finé nep edpov ditelnosti p ítomné v šchaosu, o n mfl jsme hovo ili v p edchozí kapitole. Zatímco v klasickém chaosu jsou totifl pořadována velmi p esná ur ení po áte ních podmínek (very precise initial data) pro popis chování systému v kone ném ase, v p ípad systému s d ravnými oblastmi p itaflivosti je pořadováno precizní ur ení po áte ních podmínek (exact initial data) pro determinování kvalitativního chování systému v pr b hu asu, který bez omezení nar stá.

šA co víc, kařdý výpo et, který ur uje dlouhodobé chování systému s d ravnými oblastmi p itaflivosti, musí uřlívat kompletní precizní po áte ní data, které obecn nemohou být kone n vyřád eny. Z tohoto dvodu jsou takové výpo ty intuitivn nemofné, dokonce i tehdy, kdyřl jsou data n jak k dispozici. Na t chto základech staví Sommerer s Ottem (í) sv j argument, ře ur ité systémy, které vykazují d ravné oblasti p itaflivosti, vyřad ují šnevypo itatelné (šuncomputable) chování.⁵⁰¹

Z t chto skute ností vyplývá, ře tento druh chování by se z ejm vymykal i kvalitativní p edpov ditelnosti, o nřl jsme hovo ili vý-e. Pro Parkera je tento model prost edkem pro zkoumání významu nerozhodnutelnosti (undecidability) pro reálné fyzikální systémy.⁵⁰²

Parker si klade otázku, zda jsou modely toho druhu, který p edstavují Sommerer a Ott, relevantní pro pouřtí ve fyzice. Pochybnosti mohou pocházet z toho, ře tyto modely jsou

$$\frac{d^2(x, y)}{dt^2} = -\gamma \frac{d(x, y)}{dt} - \nabla V(x, y) + ia \sin \omega t \quad (1), \text{ where } \gamma \text{ is the friction coefficient, } i \text{ is the unit vector}$$

in the positive x direction, a is the amplitude of the periodic force $ia \sin \omega t$, $\frac{\omega}{2\pi}$ gives the frequency of the periodic force, and $\nabla V(x, y)$ is the gradient of the potential given by $V(x, y) = (1 - x^2)^2 + sy^2(x^2 - p) + ky^4$ (1a). The parameters s , p , and k may be varied to obtain a family of potentials. With fixed parameters, the solutions of (1) form a dynamical system on a five-dimensional phase space: two dimensions to represent the position of the particle, two for momentum or velocity, and since the periodic force depends on time, we include time itself as a state variable.š Parker (2003, s. 370).

⁵⁰¹ šWhat is more, any computation that determines the long-term behavior of a system with riddled basins must use the complete exact initial data, which generally cannot be finitely expressed. Hence such computations are intuitively impossible, even if the data are somehow available. On this basis, Sommerer and Ott (í) argue that a certain system that seems to have riddled basins exhibits "uncomputable" behavior.š Tamtéřl, s. 361.

⁵⁰² Podrobn ři Parker k S-O modelu uvádí: šThey give an analytic argument that their system (with chosen parameters) has at least two attractors, one in each well of the potential. Numerically approximated graphs seem to show the disjoint basins of both attractors occupying significant portions of each neighborhood in phase space, suggesting that the basins are riddled (í). The authors also remark that the full measure of the phase space is divided between these two basins, implying that the basins have positive measure. Inferring that a computation must make full use of exact data in order to determine membership in one of these basins, Sommerer and Ott conclude that the basins are uncomputable.š Tamtéřl, s. 370-371.

o edkvantovém pojetí sv ta. Konkrétn otázky po
usí mít fyzikální smysl, nebo je intuitivn pochybné,
fle by si jakýkoliv reálný systém navřdy udrřoval svou podobu, a tak byl navřdy spjatý
s jedním modelem.⁵⁰³

V rámci t chto pochybností poukazuje z mého pohledu Parker na jednu velmi
d leflitou a ne vřdy pln uv domovanou charakteristiku model ó jejich do asnou
pouffitelnost. Zde se totiž pln rozvíjí odli–nost nového p ístupu zalofněho na modelech a
tradi ního p ístupu pouffívajícího pojmu zákon. Ve chvíli, kdy modely pouffíváme jako
prost edky k artikulaci princip (1.4) a nikoliv jako vyjád ení pravdivých zákon ,
ponecháváme reálnému systému jeho otev enost a neur itost. P edpokládáme tudřf, fle fládný
reálný systém není nutn takový, aby mu do budoucna odpovřdal stále třfl model.

Pro Parkera samotného je ale d leflit j–í záv r, fle i siln idealizované klasické,
deterministické modely mohou reprezentovat chování, které je p ísn nep edpov ditelné.
Podotřká, fle se nezabřval skute nou Slune ní soustavou, která se jednou minimáln
vzhledem k disipaci energie nepochybn rozpadne, ale sp–e matematickým problémem, který
se vyno il z klasické mechaniky. Jeho záv ry demonstrovaly, jaké fundamentální teoretické
obtřfle vznikají dokonce i pro p edpov di jednoduchých model , a to dlouho p ed tím, nefl
jsou vzaty v potaz nahodilosti reálného sv ta. Jsou to obtřfle zcela odli–né od chaosu a
kvantové neur itosti.

*ř Vid li jsme, fle dokonce tehdy, kdyfl by ná– sv t byl deterministický, klasický,
p ístupný p esnému m ení a dob e zachycený idealizovanými modely, n které systémy by
mohly stále p edstavovat významné výpo etní p ekářky pro p edpov di.ř*⁵⁰⁴

3.2.2 Mozek a p vod v domř

Nelineární neurodynamika aplikuje poznatky teorie dynamických systém na popis
dynamiky neuronální sít organického mozku. A koliv se n jakou dobu vedly diskuze o
pouffitelnosti pojmu deterministického chaosu v p řpad dynamiky mozku, t flko lze dnes
pochybovat o aplikovatelnosti teorie dynamických systém v této oblasti. Vřdy jak by mohla
fungovat a expandovat teorie neuronální skupinové selekce (TNGS ó theory of neuronal
group selection) Geralda Edelmana, kdybychom ji zbavili této dynamické báze?⁵⁰⁵

⁵⁰³ Srov. tamtéř, s. 376.

⁵⁰⁴ *ř We have seen that even if the world were deterministic, classical, susceptible to exact measurement, and well captured by idealized models, some systems could still present significant computational barriers to prediction.ř* Tamtéř, s. 377.

⁵⁰⁵ Viz Edelman, Tononi (2000, s. 82-86).

ostav nelineární neurodynamiky je z ejm Walter
am uje p edev-ím na smyslové modalit (icht a zrak)
a na konstrukci um lých smyslových orgán . Freeman zachycuje dynamiku neuron a skupin
neuron a snaží se najít vazbu této základní úrovn mozkové aktivity k úrovním vy-ím, které
jsou spjaty práv se smyslovým vnímáním. K tomuto cíli sloufí Freemanovi významn práv
chaos. Nebo , zkouáme-li EEG, zjistíme, fe není periodické jako chod hodin, ale iregulární,
a proto vypadá, jako by postrádalo jakoukoliv uspo ádanost (noise). Freeman tvrdí, fe
mikroskopická aktivita mozku je skute n neuspo ádaná (noise), ale makroskopická aktivita
je chaotická. Hlavním rozdílem mezi neuspo ádaností (noise) a chaosem je p itom to, fe noise
nem fe být jednodu-e zastaven nebo spu-t n, zatímco chaos m fe být zapnut a vypnut jako
sv tlo, protofe vyjad uje omezení neuspo ádanosti (noise).⁵⁰⁶

Chaotický reffim neuronální aktivity umofl uje podle Freemana efektivní za le ování
nových stimul a modifikaci ulofené informace o dané smyslové modalit . Pomocí
zobrazovacích technik (nej ast ji EEG a MEG) je snímána aktivita mozku a je studována
zm na této aktivity p i u ení, rozpoznávání nebo t eba p i rozhodování.⁵⁰⁷ Modely teorie
dynamických systém je mofné poufít k popisu a zpracování získaných dat. Lze
pozorovat samoorganizace neuronální sít , komunikaci mezi úrovn mi kognitivního systému,
p echody mezi periodickou a chaotickou aktivitou.

Freeman k tomu vysv tluje, fe chaotická dynamika p edkládá základní popis
s ideálními vlastnostmi. ichtový systém nem fe z stat v bodovém atraktoru, protofe to se
m fe stát, jen kdyf jsou neurony tiché, p i emf neaktivní neurony atrofují a umírají. Základní
aktivita neuron ale nem fe být ani periodická, protofe d íve nebo pozd ji by se pálení
(firing) neuron stalo synchronním a tak rigidním a t fko zm nitelným.

Freeman pí-e: *šZákladní chaotický atraktor udržuje systém ve vysoko-úrov ovém
stavu p ipravenosti k pohybu v ur itém sm ru. íkáme, fe systém je blízko k hranici své
oblasti p itaflivosti (basin of attraction), a to tak, fe stavový p echod (state transition)
k sousední oblasti p itaflivosti m fe nastat v d sledku malé, ale d leftité poruchy
(perturbation). Ve skute nosti existuje posloupnost oblastí p itaflivosti, skrze které systém
p echází. Takováto trajektorie zobrazuje chaotické p echázení z místa na místo (chaotic
itinerancy).*⁵⁰⁸

⁵⁰⁶ Srov. Freeman (1999, s. 88).

⁵⁰⁷ Pro Freemanovu teorii byly klí ové experimenty s rozpoznáváním ichtových stimul u králík , viz tamtéf, s. 68-93.

⁵⁰⁸ *šThe basal chaotic attractor keeps the system in a high-level state of readiness to move in any direction. We say that the system is close to the boundary of its basin of attraction, so that a state transition to a neighbouring*

í nad významem vn j-ího stimulu v rámci TNGS, a to jí informaci ani ne tak samy v sob , jako spí-e tím, jak modulují vnit ní signály, které byly prom n ny v d íve zab hlém neuronálním systému. Stimul tak p sobí ani ne tak tím, fle by p idával rozsáhlé množství vn j-ích informací, které je pot eba zpracovat (processed), jako tím, fle amplifikuje vnit ní informace, které jsou výsledkem neuronálních interakcí vybraných a stabilizovaných v pam ti skrze d ív j-í st ety s prost edím.⁵⁰⁹ Freeman m fle tuto p edstavu ujasnit pojmy teorie dynamických systém . Uvádí, fle nep edpov ditelnost, inherentní v chaotických trajektoriích, p ivádí s kařdým novým stavovým p echodem do konstrukce flexibilitu a kreativitu. Chaos generuje ne-ád (disorder), pot ebný pro vytvá ení nových pokus v rámci u ení metodou pokus-omyl (trial-and-error learning), a pro vytvá ení nových oblastí p itaflivosti p i asimilování nových stimul . Vysokofrekven ní oscilace chaosu maximalizují pravd podobnost shody pálení (firing) neuron , která je vyřadována p i procesu hebbovského u ení. V d sledku toho jsou mozky zaplavené chaosem, který poskytuje optimální rovnováhu mezi flexibilitou a stabilitou a také mezi p izp sobivostí (adaptiveness) a závislostí (dependability).⁵¹⁰

Stejn jako Edelman i Freeman se pokou-í vytvo it hypotézu o vzniku v domí, jeho neuronálním základu a evolu ní roli, která v domí umofnila. Na rozdíl od Edelmana v-ak z stává Freeman u metaforických vyjád ení, popisuje v domí jako globální operátor nebo hemisférický atraktor a poukazuje na jeho integrativní roli.⁵¹¹ Edelman a Tononi jsou autory hypotézy dynamického jádra (dynamic core hypothesis), která p edstavuje testovatelnou teorii p vodu a funkce primárního v domí (primary consciousness).⁵¹² V-echny klí ové sou ásti hypotézy dynamického jádra jsou vyjád eny prost ednictvím pojmu teorie dynamických systém a jsou podány v matematicky formalizované podob , a uřl se jedná o definici funkcionálního klastru, vázaného na pojem integrace a reentrování⁵¹³ nebo definice neuronální komplexity, poukazující na míru diferenciacie funkcionálního klastru.⁵¹⁴

U vysv tlení primárního v domí se ale Edelman a Tononi nezastavují, navrhují také rámcový kvalitativní TNGS popis pro v domí vy-řho ádu (high-order consciousness).

basin can take place with a small but significant perturbation. There is actually a sequence of basins through which the system passes. Such trajectory reflects chaotic itinerancy. Tamtéř, s. 89-90.

⁵⁰⁹ Srov. Edelman, Tononi (2000, s. 137).

⁵¹⁰ Srov. Freeman (1999, s. 90).

⁵¹¹ Srov. tamtéř, s. 37-38, 121-147.

⁵¹² ř(1) A group of neurons can contribute directly to conscious experience only if it is part of a distributed functional cluster that, through reentrant interactions in the thalamocortical system, achieves high integration in hundreds of milliseconds. (2) To sustain conscious experience, it is essential that this functional cluster be highly differentiated, as indicated by high values of complexity. Edelman, Tononi (2000, s. 144).

⁵¹³ Viz tamtéř, s. 120-124.

⁵¹⁴ Viz tamtéř, s. 126-136.

ystém se tak otvírá možnost popsat i tradi ní hard subjektivních mentálních stav (kválií)⁵¹⁵ a problém sebeuv domování (self-conscioussnes).

Zdá se, že nad rámec vágních Freemanových prohlá-ení o hemisférickém atraktoru se povznesli n kte í jeho nástupci. Kup íkladu Tsuda a Fujii se snaží teorii dynamických systém poufít pro popis interakce jednotlivých úrovní neuronálních sítí a pro vysv tlení základní báze epizodické pam ti.⁵¹⁶ Tsuda sám aspiruje také na propojení takto pojaté nelineární neurodynamiky a n kterých tradi níích oblastí filosofie (fenomenologie a hermeneutiky).⁵¹⁷

Chaos je v-ak poufíván na druhé stran í samotnými filozofy myslí. Dokonce ufl Smith uvařoval o dopadu teorie chaosu na tradi ní Davidson v anomální monismus⁵¹⁸ a dokonce poukazoval na Freeman v dynamický monismus, který je s Davidsonem v nesouladu. P edpokládáme, že to, co vytvá í korelaci mezi ur itým bodem ve fyzikálním stavovém prostoru a ur itým psychologickým stavem, je skute nost, že se nachází blízko správného podivného atraktoru. Pak podle Smithe samoz ejm platí, že dva sousedící po áte ní body blízko podivného atraktoru m flou poskytovat trajektorie, které navzájem divergují, ale z stávají ob blízko podivného atraktoru. Tak p ed sebou máme mikrochaos, ale zároveň makropsychologickou stabilitu (micro-chaos but macro-psychological stability). A dokonce i p echod z jednoho makrodynamického stavu do jiného m flé být deterministický, jestliffe závisí na zm n kontrolních (regula níích) parametr .⁵¹⁹

Obdobným zp sobem uvařuje také Henrik Walter, který chce teorii chaosu vyuffít v rámci své neurofilosofie k popisu svobody v le lov ka.⁵²⁰ Lidská v le je sice determinována neuronálními stavy, ale pro vn j-řho pozorovatele je p esto chování doty né osoby detailn nep edvídatelné.⁵²¹

⁵¹⁵ *š We will see that qualia are high-order discriminations among a large number of states of the dynamic core and that, as such, they are both highly integrated and extraordinarily informative. We will also make some forays into how the organization of the dynamic core can determine the phenomenological properties of different qualia.* Tamtéř, s. 155.

⁵¹⁶ Fujii, Tsuda (2005).

⁵¹⁷ Tsuda (2002).

⁵¹⁸ Srov. Smith (1998a, s. 143-145).

⁵¹⁹ Srov. tamtéř, s. 146.

⁵²⁰ Walter (2001).

⁵²¹ Bishop (2001).

lexe myšlení

rád uvedl dva provokativními myšlenkami, nad kterými jsem dlouho uvažoval a které určitým způsobem zavazují dosavadní bádání neurovdy a filosofie mysli.

Prvními autory jsou op t Edelman a Tononi, kte í v záv ru své knihy *A Universe of Consciousness* p í-í: *š Poté, co se objevil homo sapiens a s ním v domí vy ího ádu, stalo se mofným vytvo it dostate n syntakticky bohatý systém symbol k vytvo ení kódu a dokonce k vytvo ení logiky. Kone n byly také vynalezeny metody v decké analýzy, které vyústily do formulace p írodních zákon . Pro nás jsou tyto zákony informacemi. Jak je tomu pro p írodu, která se nachází mimo nás? Je tím, co je vní m n no energie, nebo kódovaná informace? Pochází p íroda z bitu, nebo bit pochází z p írody? Co p ílo jako první: biologie, nebo logika?*⁵²²

Vybraným filosofem je Colin McGinn, který ufl p ed dvaceti lety formuloval pojem škognitivní uzav ry, která vyjad uje ne e-itelnost mind-body problému: *š Mysl typu M je kognitivn uzav ená vzhledem k n jaké vlastnosti P (nebo teorii T) tehdy a jen tehdy, nelze-li pojmotvorné procedury, které má M k dispozici, roz í it tak, aby M mohla pochopit P (nebo T).*⁵²³

Domnívám se, že tato dv hrani ní vyjád ení jsou velmi p ízna ná, nebo (1) vyjad ují stav, v n mfl se dané oblasti v sou asnosti nalézají. Neurovda úto í na poslední pevnost tradi ní epistemologie a logiky.⁵²⁴ Filosofie mysli neustále recykluje p ístupy a utápí se v technických detailech.⁵²⁵ (2) A koliv s d razností ukazují základní sou asné meze úvah o na-em myšlení, tonou p ítom v tradi ních schématech uvažování.

Jestliffe v prvním p ípad v dci p edkládají takovéto dilema, pak v pozadí samoz ejm tu-íme, že pro sebe jej ufl rozhodli. Cesta naturalizace logiky se jim jeví jako p írozená a evolu ní p edpoklad, který vzali za sv j, nereflektují.

V druhém p ípad filosof klade soud, který se zprvu jeví jako pokorné uznání ne e-itelnosti zkoumaného problému. Filosofická obec mu p íte k dobru d slednost pojmové analýzy a v decká obec mu vy te tradi ní filosofickou defenzívu. V pozadí se p ítom usmívá tradi ní filosofické p esv d ení, že rozum je ímsi definitivním (Úvod).

⁵²² *š After Homo sapiens and higher-order consciousness appeared, it became possible to create syntactically rich symbols systems, to create codes, and even to create logic. Eventually, methods of scientific analysis were invented, resulting in the formulation of natural laws. To us, those laws are information. To nature, outside of us, is it energy or coded information that is being exchanged? Does it come from bit or bit from it? What came first: biology or logic?* Edelman, Tononi (2000, s. 212).

⁵²³ McGinn (1989, s. 350), viz H íbek (2008, s. 294).

⁵²⁴ Viz Changeux (2009).

⁵²⁵ Viz Kim (2005).

ih my-lení, protože snahy, které byly v tomto smru
ledn vzato zavád jí neplodný bludný kruh spolu
s absolutizací evolu ního východiska.⁵²⁶ Použitelnost t chto p ístup pro vytvá ení model je
zatím nejasná, možná právu Giera se je-t do káme zajímavých e-ení.

Jestliže p edstava my-lení jiného my-lení je rozporná, my-lenka ohrani enosti my-lení
sama o sob rozporná není. Tato my-lenka také podle v-eho nezavádí n jaké t fiko p íjatelné
p edpoklady. Spí-e se zdá, že chce odmítnout ur itý p edsudek i dogma tradi ní
epistemologie ó dogma rozumu jako definitivního nástroje. Filosof, který d sledn toto
dogma zpochybní, pak soust e uje síly na promý-lení t chto hranic. Práv tady za íná nový
kantovský úkol budoucí filosofie. Nalézat -vy a záhyby na-eho my-lení. Filosof se zde bude
st etávat s n kolika problémy: (1) neupadnout do spár konkrétní v dy (nejspí-e neurov dy a
evolu ní biologie), (2) nenechat se táhnou setrva ností filosofického diskurzu a (3)
neupadnout do osidel metaforického vyjad ování, které asto ústí do zachycování
subjektivního profilku hranic my-lení.

Cesta asi m že skute n vést udrflováním maximální míry sebereflexe p i hrani ních
profilcích.⁵²⁷ To je koneckonc to, k emu nás -kolí celá tradice západní filosofie. Nový
pohled spo ívá v tom, že tato tradice nesloufí k opatrování šv ných pravd/problém ō, ale k
cizelování nástroje uvařování, k byst ení sebereflexe.⁵²⁸

eho m že takto pozorné seberefektování dosáhnout? K tomu velmi rád ocituji
záv re nou v tu Wittgensteinova Traktátu: *šO em se nedá mluvit, k tomu se musí ml et.õ*
Toto vyjád ení Wittgensteinova kantovství nemá ale odkazovat k šmystickémuõ, které se
šukazujeõ. šMystickéõ není tím pravým, šk emu se ml íõ. A nakolik lze v bec íci, že se
šukazujeõ? Je to n co mimo na-e možnosti, tak jako je mimo možnosti hravého psa
reflektovat filosofickou hloubku honby za vlastním chvostem. Ale zároveň jsme si toho
v domi a nemusíme si k tomu apriori uzavírat p ístup.⁵²⁹

⁵²⁶ Viz Prigogine (2001, s. 273-276).

⁵²⁷ P íklad takovéto sebereflexe: *šMožná je to v-e jenom -imrání centra smyslu (d lefítosti) ó tomu i centrum
slasti sloufí (jako sluha nejv rn j-í, ale pod ízený) ó kdyfíl mám pocit, že jsem autenticky í co m fíu íci dál í
odvolat se a -albu slov ó mých tv rc í vézt se na vln x poslouchat kritiku 3. osoby í a pochybovat nad
vlastní autenticitou í hledání exystence.õ*

⁵²⁸ A jedinou opravdovou emoci, kterou si p ípou-tím, je emoce, která vyv rá z reflexe tohoto snafení.

⁵²⁹ *šI must admit that I feel a little bit like someone trying to grapple with quantum-mechanical reality while
quantum mechanics was developing but before it had been fully and rigorously established ó someone around
1918, someone like Sommerfeld, who had a deep understanding of all the so-called šsemiclassicalõ models that
were then available (the wonderful Bohr atom and its many improved versions), but quite a while before
Heisenberg and Schrödinger came along, cutting to the very core of the question, and getting rid of all the
confusion. Around 1918, a lot of the truth was nearly within reach, but even people who were at the cutting edge
could easily fall back into a purely classical mode of thinking and get hopelessly confused.õ* Hofstadter (2007, s.
239).

Provedené zkoumáním se v jednotlivých kapitolách soustředilo na: (1) zmapování pojetí modelu ve filosofii v 60. letech do současnosti, (2) filosofickou reflexi teorie chaosu a pojetí modelu, který se v ní uplatňuje, a (3) ohraničení současných možností v deskriptivním modelování v teorii dynamických systémů. Proto je vhodné zhodnotit dosažené výsledky.

V úvodu koncipovaném úvodu byla vymezena trojice problémů, které představují hlavní záměry zkoumání teorie chaosu nejzajímavější výzvy pro filosofa v 60. letech. Jedná se o: (a) problém vztahu mezi vědami, (b) problém vztahu mezi jednotlivými subdisciplínami fyziky a (c) problém modelování ve vědě. Jakkoliv je hlavní náplní práce poslední z trojice problémů, také k prvním dvěma se podařilo uinit několik zajímavých zjištění.

V rámci prvního problému spoívá vlastní přínos autora v zhodnocení významu používaného pojmu šinterdisciplinarita a v polemice s Kellertovým používáním crossdisciplinarity. Otázka vztahu jednotlivých podoblastí fyziky, která se nejvíce objevuje v souvislosti s pojímáním fyzikálních zákonů u Nancy Cartwrightové, přivedla autora k formulaci hypotézy, že právě teorie chaosu může představovat doklad pluralismu fyzikálních teorií. Může být smysluplně hájeno tvrzení, že některé dosud neznámé důsledky dřívějších teorií lze použít k reprezentaci reálných fyzikálních systémů lépe nežli důsledky teorií nových a základnějších (nebo tyto nejsou schopné poskytnout adekvátní vysvětlení).

V první kapitole bylo představeno (v českém prostředí nepříliš reflektované) pojetí modelu v rámci syntaktického, sémantického a modelově založeného pojetí teorií. V souvislosti s tím byl nastíněn problém použití populárního pojmu izomorfismus pro vyjádření vztahu mezi modelem a reálným světem. Jednotlivá pojetí (SYT, SET, MOT) byla uvedena do širšího kontextu a byla provedena jejich kritika. Hlavní důraz byl kladen na představení filosofie 60. lety Ronald Giera, především pak jeho modelově založeného pojetí teorií. Autor především kriticky hodnotil Gierův perspektivní realismus (jako v deskriptivní metafyziku) a snahu o úplné marginalizování problému (aproximativní) pravdivosti v deskriptivních teoriích. Hlavní síla Gierova MOTu podle autora spoívá v (1) podrobné specifikaci vztahu mezi modelem (a ukrytými principy) a modelem dat (vytvořeným na základě zpracování experimentu s reálným systémem) a v (2) možnosti použít toto pojetí na popis teorie chaosu.

Vlastní přínos autora spoívá ve srovnání jednotlivých pojetí teorií a vytyčení hlavních přínosů a slabostí těchto koncepcí (nedochází k celkovému odmítnutí SYTu a vyzvedávání SETu, ale k poukázání na potěbnost obou přístupů). Toto srovnání bylo provedeno na

emiky (od 60. let k dne-ku), která byla vedena na
ovných filosoffii v dy. P ínosem je také kritické
hodnocení Gierových metafyzických pastí (perspektivní realismus) a st izlivé hodnocení jeho
vztahu k pojmu v deckého zákona. P edev-ím je poukazováno na p íli-nou vágnost Gierova
konceptu podobnosti pro vyjád ení vztahu mezi reprezenta ním modelem a modelem dat.

Hlavní p ínos ov-em spo ívá ve formulaci vlastní varianty modelov zalofleného
pojetí teorií. P edev-ím ve formulaci p íti základních tezí, které více nefl Gier v MOT
vysv tlují vztah mezi principy a modely. (1) Modely jsou chápány jako základní prvky teorie
a jsou pojímány jako nosi e princip . (2) Model m je p íznána rozhodující role také p í
pojmové výstavb teorie. Je také tvrzeno, fle (3) modely artikulací princip odhalují poznatky,
(a také vytvá ejí závazky), které nejsou p í konfrontaci se samotnými principy z ejmé. Autor
také podotýká, fle (4) principy mohou být v n kterých p ípadech definovány afl poté, co je
ur ena odpovídající mnoflina model . Kone n je také formulováno, fle (5) pouflíváním
princip v r zných modelech dochází k mutacím p ívodních princip . Nová teorie je pak
chápána jako dostate n komplexní cluster nových model a nastupuje ve chvíli, kdyfl si
v decké spole enství ujasní, fle tento nový cluster je zaloflen na ur íté mnoflin nových
princip . Autor tuto svou koncepci dokládá p íklady z d jin fyziky, z nichfl nejobsáhlej-ím je
práv teorie chaosu.

V druhé kapitole jsou popsány základní pojmy a souvislosti teorie chaosu, cofl ve
spojení s matematickým apendixem p edstavuje vhodné p edpoklady pro relevantní
filosoffickou reflexi. Nejvýznamn j-í filosofické reflexe v dílech Stephena Kellerta a Petera
Smithe jsou podrobeny vzájemné konfrontaci, která slouflí k vyhodnocení jejich záv r .
Nejd leflit j-í je p ítom hodnocení Kellertova pojetí transcendentální nemoflnosti a na ní
zaloflené vize dynamického porozum ní, které zahrnuje nahrazení kvantitativní
p edpov ditelnosti p edpov ditelností kvalitativní, nahrazení hledání kauzálních souvislostí
popisem geometrických mechanism , a nahrazení pojmu zákon pojmem ád.

P edstavena je ov-em také rozsáhlej-í mnoflina autor , kte í se snaflí o zhodnocení
pouflívání model v teorii chaosu (Koperski, Morton, Winsberg, Smith ad.), s d razem na
srovnání top-down a bottom-up model . Tím je uvedeno téma druhé kapitoly do
jednozna ného vztahu se sémantickým a modelov zalofleným pojetím teorií. Záv re ná ást
je v nována pouflití Gierova MOTu na popis vztahu modelu a reálného systému v teorii
chaosu. Toto pojetí je zároveň roz-í eno autorovou koncepí MOTu.

Vlastní autor v p ínos spo ívá v provedení kritického srovnání Kellertovy a Smithovy
koncepce se sou asným dopln ním o vlastní hodnocení zkoumaného problému (p edev-ím

o porozumění). Autor kritizuje Kellert v pojem
interakci s ním používá svou vlastní koncepci mezi
p edpovíditelnosti v teorii chaosu k popisu nové podoby idealizace v této teorii. I v této
koncepci, v návaznosti na Smithe, z stává prostor pro adekvátní vyuffití nekone né složitosti
fraktální geometrie, která se projevuje p i n kterých matematických transformacích (strech-
fold) klí ových pro vznik podivných atraktor . Autor také polemizuje s Kellertovým
pouffiváním pojmu determinismus a podrobuje kritice Kellert v argument, který propojuje
limitace determinismu v teorii chaosu a kvantové fyzice.

D leffitým p ínosem je hodnocení významu bottom-up model v teorii chaosu. Autor
zastává názor, že bottom-up p ístup musí být vřdy doprovázen top-down modelováním a že
nikdy není úpln ě možné odhlédnout od princip ů a spolehnout se pouze na generalizaci z dat.
Mezi rozhodující principiální východiska pat í rozpoznání pouffitelnosti diferenciální
dynamiky, klasifikace systému jako disipativního a stanovení jednozna nosti vývoje systému.

Autorovým p ínosem k modelov ů založenému pojetí teorií a k probíhající filosofické
reflexi teorie chaosu je také aplikace Gierova MOTu na teorii chaosu. A koliv jako první se
na Giera odvolává ufl p ed více než patnácti lety Kellert, teprve nyn j-í autorovo hodnocení
p edstavuje jednak adekvátní reflexi Gierova MOTu a jednak adekvátn j-í hodnocení
jednotlivých sloflek teorie chaosu. Není zanedbáván význam princip ů pro tvorbu model
teorie chaosu a jednoduché konstatování vztahu mezi modelem a sv tem je zkomplikováno
v len ním modelu dat.

Gierova koncepce ov-ěm trpí t emi neduhy, které autor odstra ůje, aby byla aplikace
na teorii chaosu p esn j-í. Ukázalo se v-ak, že Gierova koncepce z stane platná i tehdy, kdyfl
nahradíme jednoduché modely modely komplexn j-ími. Stejn tak nep edstavuje
nep ekonatelnou p ekáflku ani interdisciplinarita teorie chaosu, nebo i tato teorie je vázána
n kterými principy, které umofl ují tvorbu model ů. Jedinou p ekáflkou, kterou není možné
odstranit pouhou úpravou stávajícího Gierova pojetí, je bottom-up modelování, které Giere
v bec nebere v potaz. Proto byl Gier v MOT o tento prvek autorem roz-í en. Autor
zd raz ůje, že aplikace Gierova MOTu je p ínosná jak pro samotný Gier v MOT (roz-í ení o
bottom-up aspekt), tak také pro teorii chaosu, která tím dosahuje konceptuálního upevn ění.

Autor konstatuje také soulad základních tezí svého MOTu ((1), (2) a (4)) s teorií
chaosu a v poslední kapitole nazna ůje i možnost potvrzení poslední (5) teze.

Poslední kapitola nazna ůje hranice modelování v teorii dynamických systém
(poukazem na stínové lemma a podmínku hyperbolicity), ale zároveň ukazuje p íklady
dal-ího rozvoje teorie dynamických systém ů v oblasti astrofyziky a neurov d.



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

m je jednak objevení vazby mezi nelineární teorií neuronální skupinové selekce Geralda Edelmana a Giulia Tononiho, jednak poukaz na možnost řešení některých problémů filosofie mysli prostřednictvím pojmového rámce teorie dynamických systémů.

1. Devaneyova definice chaosu

Spojité zobrazení f definované na S je chaotické_d, jestliže má f invariantní množinu $K \subseteq S$ takovou, že:

- (1) f je (slabě) citlivě závislé na K , (sensitive dependence on initial conditions)
- (2) periodické body jsou na K husté, (dense periodic points)
- (3) f je topologicky tranzitivní na K . (topological transitivity)

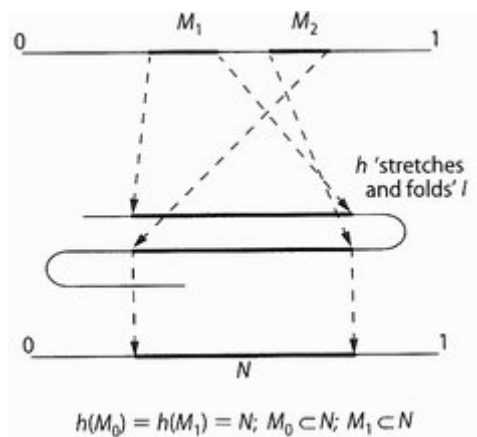
Lze dokázat, že podmínky (2) a (3) implikují podmínku (1).⁵³⁰ Konečně lze Devaneyovu definici chaosu vyjádřit následovně:

Spojité zobrazení f definované na S je chaotické_d právě tehdy, když existuje invariantní množina K taková, že každá dvojice (neprázdných) otevřených podmnožin K sdílí nějakou periodickou orbitu.⁵³¹

Kromě Devaneyho chaosu rozlišíme další druhy chaosu (chaos_h, chaos_{te}, chaos):

(a) Chaos_h:

Jednodimenzionální zobrazení f na intervalu I je chaotické_h právě tehdy, když f^k má horseshoe pro nějaké k .⁵³²



Obr. 1

Horseshoe jako produkt stretch-fold transformace.⁵³³

⁵³⁰ Srov. Smith (1998a, s. 173).

⁵³¹ Srov. tamtéž, s. 176, 179.

⁵³² Srov. tamtéž, s. 177-178.

chaotické_{te} právě tehdy, když má kladnou topologickou entropii.⁵³⁴ Kde pro topologickou entropii $h(f)$ platí:

$$h(f) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} h(f, \varepsilon)$$

$$h(f, \varepsilon) = \limsup_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \log C(f, \varepsilon, n)$$

(c) Chaos :

Jednodimenzionální zobrazení f na intervalu I je chaotické právě tehdy, když má kladný Ljapunovův exponent.⁵³⁵ Kde pro Ljapunovův exponent $\lambda(x)$ platí:

$$\lambda(x) = \limsup_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \log \left| \frac{d^n f(x)}{dx^n} \right|_x$$

Mezi jednotlivými chaosity existují vzájemné vztahy.⁵³⁶

II. Diferenční rovnice pro logistické zobrazení

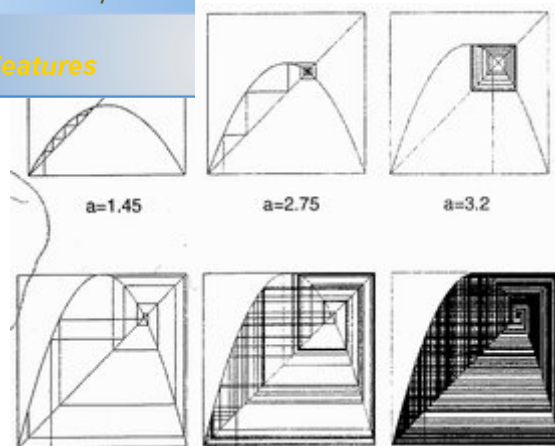
$$x_{n+1} = x_n a(1 - x_n) \quad \text{kde } x_i \in [0,1] \quad \text{a } 0 \leq a \leq 4$$

⁵³³ Viz tamtéž, s. 177.

⁵³⁴ Srov. tamtéž, s. 178.

⁵³⁵ Srov. tamtéž, s. 178-179.

⁵³⁶ Chaos_h implikuje chaos_d, viz tamtéž, s. 180-181. O ekvivalenci chaos_{te} a chaos_h pro jednodimenzionální případ, viz tamtéž, s. 179.



Obr. 2

Grafická iterace, jejím výsledkem je stabilní chování (horní řada) a nestabilní chování pro $a = 4$ (dolní řada).⁵³⁷

III. Citlivá závislost na počátečních podmínkách ve spojitém a diskrétním systému

Ve spojitém systému vyjadujeme citlivou závislost na počátečních podmínkách (SDIC) následovně:⁵³⁸

$$(SDIC) \quad (\exists \epsilon > 0)(\forall \delta > 0)(\exists y)(\exists t > 0)(|x - y| < \delta \implies |x(t) - y(t)| > \epsilon)$$

ili citlivost nastupuje tehdy, kdy existuje vzdálenost taková, že bez ohledu na to jak úzké okolí bodu $x (= x(0))$ vymezíme, vždy bude existovat nějaký bod $y (= y(0))$ v tomto okolí, který povede k trajektorii, je-li se vzdálí o více než δ od trajektorie, která má svůj původ v $x (= x(0))$.

Tato definice je ale příliš slabá, nebo nás neinformuje ani o tom, jak rychle bude trajektorie divergovat, ani o tom, kolik bodů v okolí x povede k divergentním trajektoriím. Pro chaotické systémy je typická exponenciální rychlost divergence trajektorií, kterou můžeme vyjádřit následovně:

$$(EXP) \quad |x(t) - y(t)| \leq |x(0) - y(0)| \cdot e^{\lambda t}, \text{ kde } \lambda > 0$$

⁵³⁷ Viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 59).

⁵³⁸ Srov. Smith (1998a, s. 15-16).

ivou závislost na po áte ních podmínkách (SDIC_m)

$$(SDIC_m) (\exists \epsilon > 0)(\forall x \in K) (\forall \delta > 0)(\exists y \in K)(\exists n)(|x - y| < \delta \wedge |f^n(x) - f^n(y)| > \epsilon)$$

Zesílení je zaručeno přidáním podmínky exponenciálního rychlého vzdalování sousedních orbit:

$$(L_m) \text{ jestliže se } x \text{ a } y, \text{ pak } |f^n(x) - f^n(y)| \leq |x - y| \cdot e^{-\lambda n}, \text{ kde } \lambda > 0$$

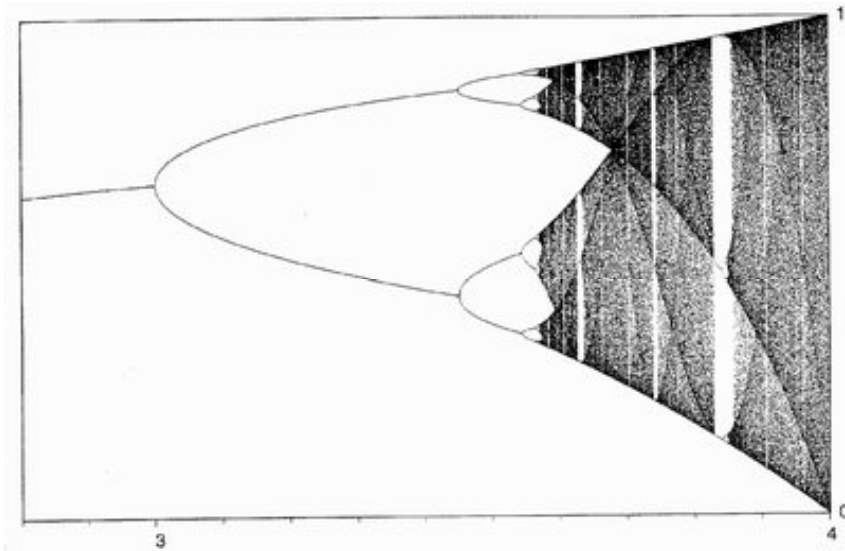
Podmínku pro kladnou hodnotu Ljapunova exponentu můžeme vyjádřit následovně:

$$(PLE) (\exists \epsilon > 0)(\exists M)(\forall n > M)(\exists x_n > \epsilon)$$

ili existuje vzdálenost ϵ v t-í nejlí nula a takové M , že pro všechna n v t-í nejlí M je Ljapunov v exponent λ v t-í nejlí vzdálenost ϵ .⁵⁴⁰

IV. Regulační parametr v diskrétním systému

Diferenční rovnice pro logistické zobrazení $x_{n+1} = x_n a(1 - x_n)$ kde $x_i \in [0,1]$ a $0 \leq a \leq 4$; poskytuje charakteristické bifurkace pro dané hodnoty regulačního parametru a .



Obr. 3

Bifurkační diagram pro logistické zobrazení.⁵⁴¹

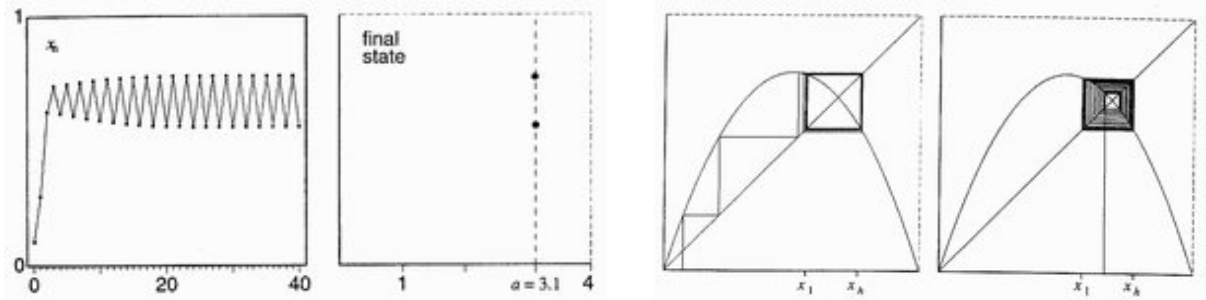
⁵³⁹ Srov. tamtéž, s. 167 a 168.

⁵⁴⁰ Ljapunov v exponent je zde stanoven pro konečnou hodnotu n , proto také značíme λ_n a ne pouze λ . Viz Harrell, Glymour (2002, s. 260).

3 dochází k první bifurkaci, pro hodnoty $a > 3$

dochází postupně s rostoucím a ke zdvojení periody (period-doubling).

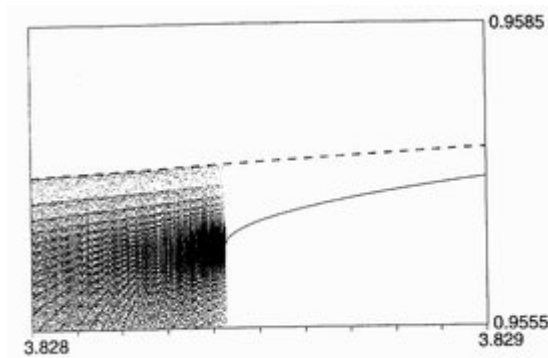
Uveďme příklad: Mějme $a = 3,1$



Obr. 4

Posloupnost výsledků iterace (vlevo) a grafická iterace (vpravo).⁵⁴²

Hranicí mezi stabilním a nestabilním chováním systému je Feigenbaumův bod, $a = s_\delta \approx 3,57$. Pro $a < s_\delta$ je chování pouze stabilní, pro $a > s_\delta$ se nestabilní a stabilní (chaotické) chování střídá. Pro určité hodnoty $a > s_\delta$ můžeme pozorovat bílá okna řádu v chaosu, kdy se nestabilní chování stává naprosto stabilním. Nejvýznamnější je okno periody 3 (period three window) pro a blízké mezi hodnotami 3,828 a 3,857.



Obr. 5

Začátek okna periody 3.⁵⁴³

Dva zajímavé druhy chování, které jsou vyvolány drobnou změnou regulačního parametru se nazývají intermitence a krize:

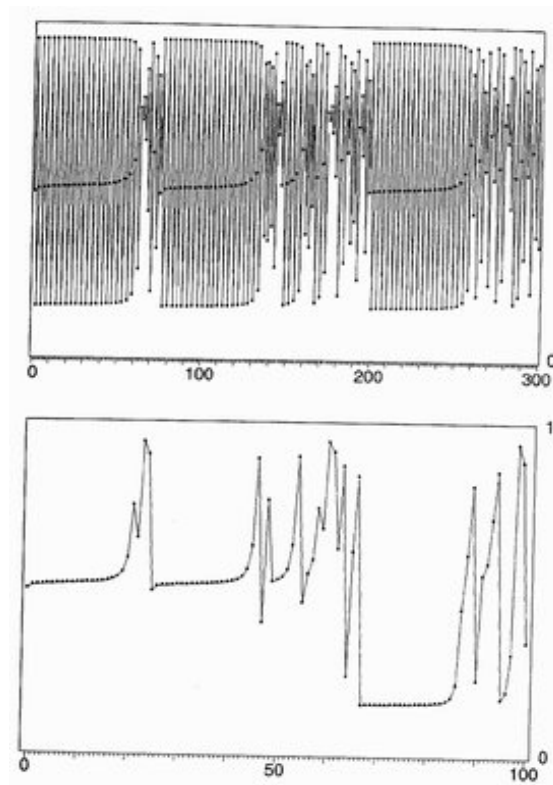
⁵⁴¹ Viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 591).

⁵⁴² Viz tamtéž, s. 603, 604.

⁵⁴³ Viz tamtéž, s. 636.

řky: tangentovou bifurkaci pevných bod (tangent bifurcation of fixed points) a homoklinické body (homoclinic points).⁵⁴⁴ Chování se zdá být po omezený po et iterací pravidelné, ale p ítom je chaotické.

Uve me p íklad: M jme $a = 3,82812$, $x_0 = 0,5$.



Obr. 6

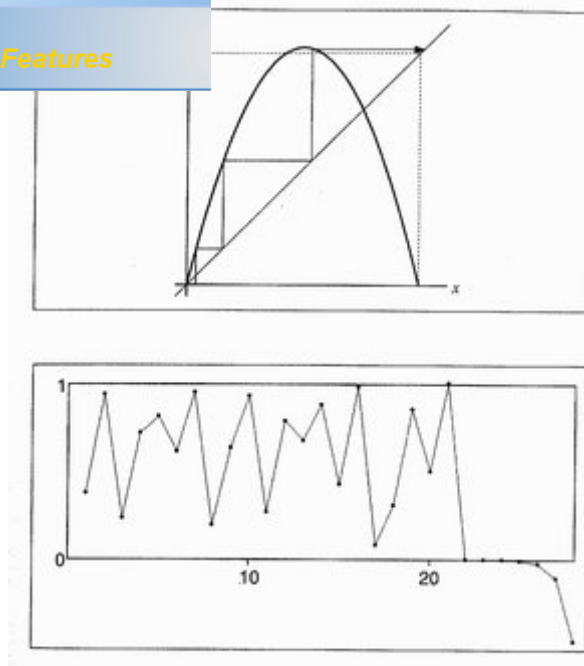
Intermitence v posloupnosti výsledk íterace.⁵⁴⁵

(2) Krize nastává, jestliže hodnota x_{n+1} opustí po kone ném po tu iterací interval $x_i \in [0,1]$. A koliv se chování zdálo být po omezený po et iterací chaotickým, ve skute nosti chaotické není.

Uve me p íklad: M jme $a = 4,001$, $x_0 = 0,38$.

⁵⁴⁴ Srov. tamtéřl, s. 642-644.

⁵⁴⁵ Viz tamtéřl, s. 645.



Obr. 7

Grafická iterace (nahoru) a krize v posloupnosti výsledků iterace (dole).⁵⁴⁶

V. Atraktor dynamického systému

Definujeme-li $S(t)$ jako množinu bodů, do které dospějí v čase t trajektorie, které vycházejí z bodů v množině S - $S(t) = \{x(t) | x(0) \in S\}$. Pak můžeme definovat atraktor A jako uzavřenou množinu bodů ve fázovém prostoru, která má následující vlastnosti:

- (1) A je invariantem dynamiky, tj. $A(t) = A$ pro všechna t ;
- (2) existuje okolí U , které obsahuje A takové, že všechny trajektorie začínající v U jsou přitahovány do A , tj. jestliže $x(0)$ je v U , pak nejmenší vzdálenost mezi $x(t)$ a nejbližším bodem v A se blíží k nule když t se blíží k nekonečnu.
- (3) A je minimální, tj. žádná vlastní podmnožina A nesplňuje současně (1) i (2).

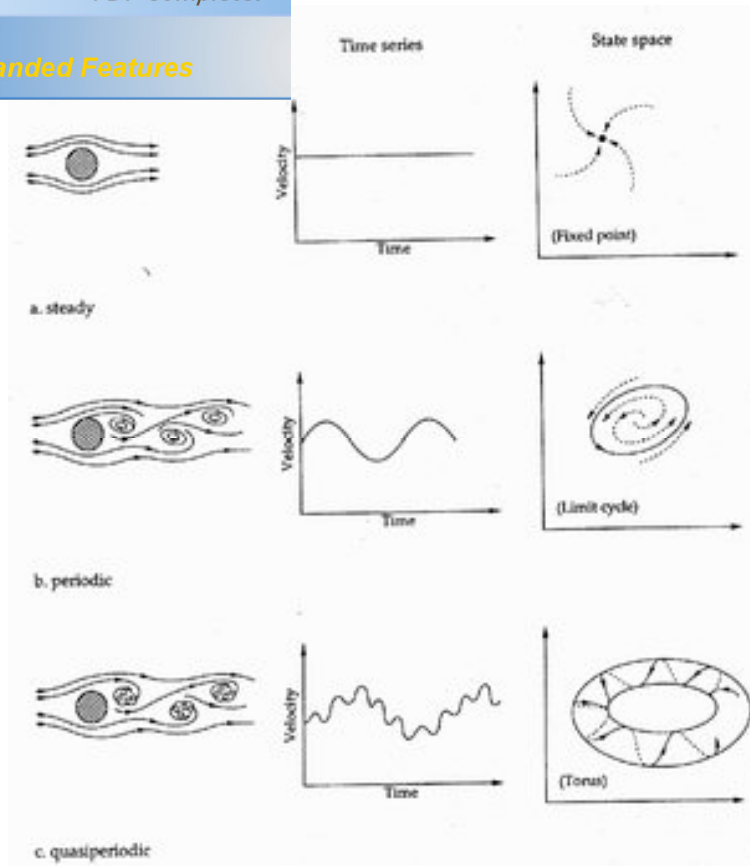
Nejrozsáhlejší U , které obsahuje všechny a pouze takové body, ze kterých jsou trajektorie přitahovány do A , se nazývá báze přitahovitosti A (basin of attraction of A).⁵⁴⁷

Existují různé druhy atraktorů, které charakterizují stabilní a nestabilní chování systému:

- (a) **stabilní chování** o bodový atraktor (point attractor) a limitní cyklus (limit cycle attractor) ad.

⁵⁴⁶ Viz tamtéž, s. 647.

⁵⁴⁷ Srov. Smith (1998a, s. 14).



Obr. 8

Znázornění p echodu k turbulenci. Bodový atraktor (naho e), limitní cyklus (uprost ed) a limitní torus (dole).⁵⁴⁸

(b) **nestabilní chování** ó podivný atraktor (strange attractor)

Ohrani ená podmnožina A prostoru je chaotickým a podivným atraktorem pro transformaci T , jestliže existuje množina R s následujícími vlastnostmi:

- (1) Definice atraktoru viz výše
- (2) Citlivost: Orby vycházející z R vykazují citlivou závislost na počátečních podmínkách. To činí z A chaotický atraktor.
- (3) Fraktální charakter: Atraktor má fraktální strukturu a je proto označován jako podivný.
- (4) Mísení: A nemůže být rozdlen do dvou oddlených atraktorů. Existují počáteční body v R s orbitami, které jdou libovolně blízko ke každému bodu atraktoru A .⁵⁴⁹

⁵⁴⁸ Viz Kellert (1993, s. 6).

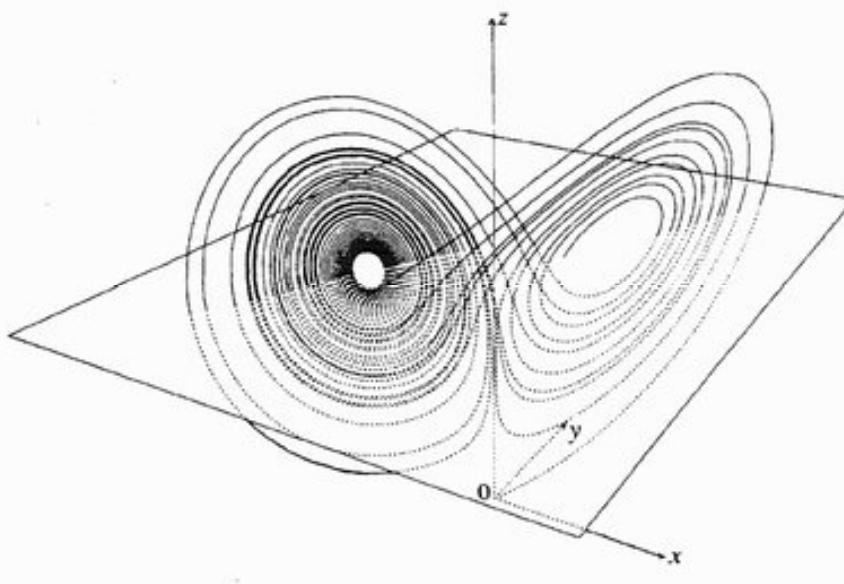
⁵⁴⁹ Srov. Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 670-671).

é atmosféry je popsán soustavou tří diferenciálních

$$\frac{dx}{dt} = 10(y - x)$$

$$\frac{dy}{dt} = 28x - y - xz$$

$$\frac{dz}{dt} = xy - \frac{8}{3}z$$



Obr. 9

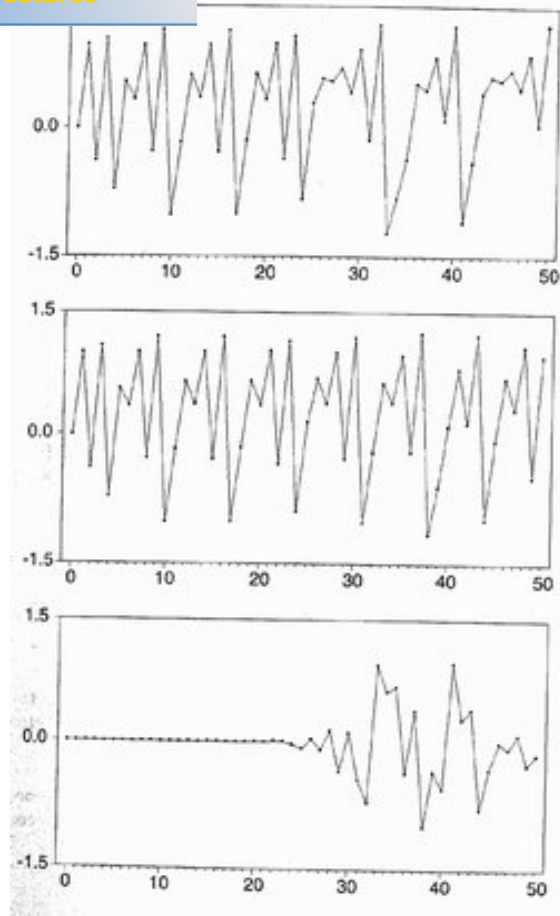
Lorenz v atraktor.⁵⁵¹

Protože je tento systém dynamických rovnic deterministický, trajektorie, které jsou jimi určovány, se nemohou protínat. A koliv jsou křídla podivného atraktoru téměř plochá (viz obrázek), znázorněná struktura je trojrozměrná, aby umožnila trajektoriím přecházet z jednoho křídla do druhého bez protnutí. Tento atraktor postrádá periodicitu a typická trajektorie se nikdy přesně neopakuje (není dán ani konečný počet smyček na každém křídle). Konečně tento atraktor je charakteristický citlivou závislostí na počátečních podmínkách, libovolně blízké trajektorie v konečném čase divergují.⁵⁵²

⁵⁵⁰ Podrobně o Lorenzově modelu viz tamtéž, s. 697-708.

⁵⁵¹ Viz Smith (1998a, s. 10).

⁵⁵² Srov. tamtéž, s. 11.

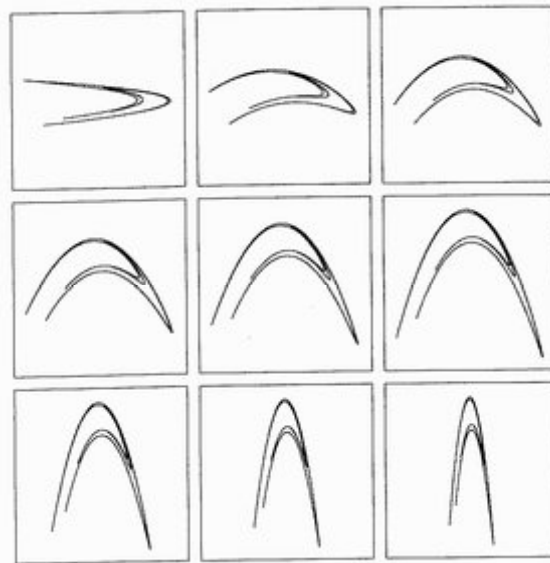


Obr. 10

Citlivá závislost na počátečních podmínkách – dvě drobně odlišné počáteční hodnoty vedou ke dvěma
 poslovnostem výsledků iterace (nahoru a uprostřed), jejich vzájemná odlišnost dosahuje velikosti mnohých
 hodnot (dole).⁵⁵³

Podivný atraktor je invariantem stretch-fold transformace.

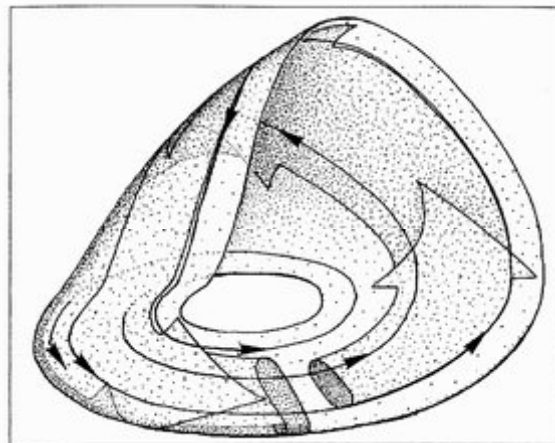
⁵⁵³ Viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 667).



Obr. 11

Henón v atraktor je invariantem stretch-fold transformace.⁵⁵⁴

Dynamika Rösslerova atraktoru:⁵⁵⁵



Obr. 12

Dynamika Rösslerova atraktoru.⁵⁵⁶

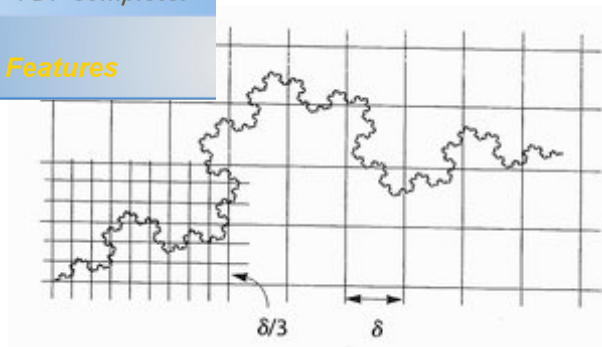
VI. Výpočet box-counting dimenze Kochovy křivky a fraktální struktura podivného atraktoru

Výpočet box-counting dimenze Kochovy křivky:

⁵⁵⁴ Viz tamtéž, s. 662.

⁵⁵⁵ Obdobně pro dynamiku Lorenzova atraktoru viz například Smith (1998a, s. 52-54, 62-66).

⁵⁵⁶ Viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 689).



Obr. 13

Určování box-counting dimenze Kochovy křivky.⁵⁵⁷

Kochova křivka K_0 je množina bodů, pro kterou platí následující zákon:

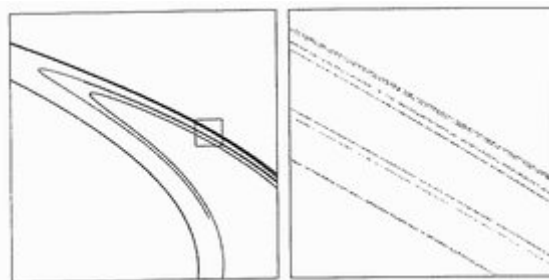
Proportionální nárůst počtu obsazených políček $b = \{ \text{faktor redukující velikost políček} \}^d$, kde d je box-counting dimenze útvaru. V případě Kochovy křivky se $b = 4$, $\delta = \delta/3$, proto:⁵⁵⁸

$$4 = 3^d$$

$$d = \frac{\log 4}{\log 3}$$

$$d \approx 1,262$$

Fraktální struktura Hénonova atraktoru:



Obr. 14

Fraktální struktura Hénonova atraktoru.⁵⁵⁹

Zvětšením části Hénonova atraktoru prozrazuje na první pohled přítomnost Cantorovy množiny. Tato množina ovšem nemá box-counting dimenzi $\frac{\log 2}{\log 3} \approx 0,6309$, ale $\frac{\log 2}{\log 12} \approx 0,2789$, proto má

výsledná box-counting dimenze Hénonova atraktoru hodnotu:

⁵⁵⁷ Viz Smith (1998a, s. 24).

⁵⁵⁸ Srov. tamtéž, s. 24-25.

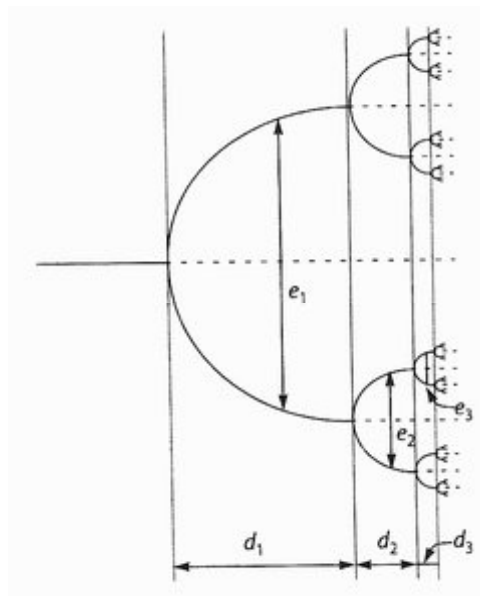
⁵⁵⁹ Viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 670).

$$1 + \frac{\log 2}{\log 12} \approx 1,2789$$

VII. Univerzalita chaosu

Dleříté znaky vyjádřeně logistickým zobrazením a platné pro jednodimenzionální p řípady diskretních systém ů jsou ve skute nosti univerzální znaky chaotické dynamiky, které platí i pro vícedimenzionální p řípady spojitéh systém .

Univerzalita je vyjád řena p ředev řím dv ěma Feigenbaumovými konstantami:



Obr. 15

Schématická bifurka ní struktura.⁵⁶⁰

1. Feigenbaumova konstanta :

$\lim_{i \rightarrow \infty} \frac{d_i}{d_{i+1}} = 4,6692... = \delta$, kde d_i vyjad ůje velikost intervalu mezi dv ěma sousedními bifurkacemi.

2. Feigenbaumova konstanta :

$\lim_{i \rightarrow \infty} \frac{e_i}{e_{i+1}} = 2,5029... = \alpha$, kde e_i vyjad ůje ří i rozv řtení po i -té bifurkaci.⁵⁶¹

⁵⁶⁰ Viz Smith (1998a, s. 101).

⁵⁶¹ Srov. tamtéř, s. 101.

mma)

p esnou orbitu danou shift-operátorem

$$x_{k+1} = \text{Frac}(2x_k), \quad k = 0, 1, \dots$$

a vezm me v úvahu chyby, které jsou d lány v kařdém kroku iterace. Po áte ní bod x_0 nem fle být reprezentován p esn . Stroj m fle pouze pouřít íslo y_0 blízké k x_0 . Nazv me chybu u in nou p i této aproximaci ε_0 ,

$$y_0 = x_0 + \varepsilon_0.$$

Na základ této hodnoty y_0 je vypo tena orbita, pro kterou pouříváme ozna ení y_0, y_1, y_2, \dots Toto ale není p esná orbita pro y_0 , protofle v kařdém kroku iterace bude obsařlena chyba. Nazv me chybu v k -tém kroku ε_k . P esn ji definujeme

$$y_k = \text{Frac}(2y_{k-1} + \varepsilon_k).$$

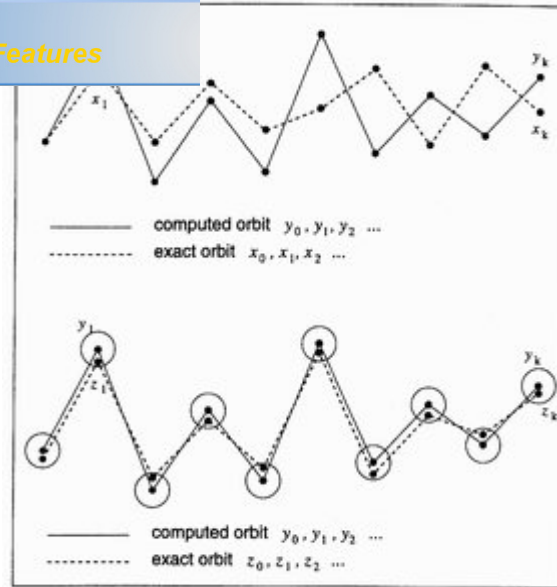
Vzhledem k SDIC je jasné, fle kařdá chyba, která se kdekoliv vyskytne, se zdvojnásobí p i kařdé iteraci. Po n kolika málo krocích neexistuje absolutn řládná korelace mezi tím, co je vypo teno a pravými orbitami vycházejícími z x_0 nebo y_0 . Stále v-ak m fleme ukázat, fle existuje n jaká p esná orbita, za řnající v n jakém po áte ním bod blízkém x_0 a y_0 , ekn me z_0 , která je p esn aproximovaná pro v-echny vypo tené iterace. Jediný p edpoklad, který musíme vyřadovat k d kazu této skute nosti a k odvození po áte ního bodu z_0 , je ten, fle chyby jsou ohrani eny ur itou konstantou $\varepsilon > 0$,

$$|\varepsilon_k| \leq \varepsilon, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Záv rem je, fle pro kařdou iteraci bude existovat p esná orbita odvozená ze z_0 , která bude spadat do ε -ové vzdálenosti od vypo tené orbity. Pro k -tou iteraci máme

$$|z_k - y_k| \leq \varepsilon. \quad ^{562}$$

⁵⁶² Odvození stínového lemma viz Peitgen, Jürgens, Saupe (1992, s. 577-580).

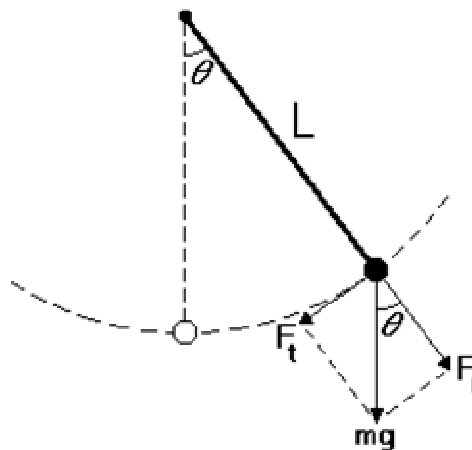


Obr. 16

Stín vypo tené orbity.⁵⁶³

IX. Spektrum dynamik matematického kyvadla

Matematické kyvadlo je ideálním p íkladem jednoduchého systému s potenciáln složitým chováním.



Obr. 17

Model matematického kyvadla.⁵⁶⁴

⁵⁶³ Viz tamtéž, s. 578.

⁵⁶⁴ Viz [cit. 2010-1-21] Dostupné z:

<<http://www.math.duke.edu/education/ccp/materials/diffeq/pendulum/pend1.html>>.

kyvadla bez vlivu tlumící síly má následující tvar:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -g \sin \Theta ,$$

kde x vyjaduje horizontální vzdálenost hmotného bodu od svislého směru, g vyjaduje tíhové zrychlení a Θ vyjaduje velikost výchylky kyvadla.

Pro malé výchylky je možné předchozí rovnici nahradit následující rovnicí:

$$\frac{d^2 \Theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \Theta = 0 ,$$

kde L vyjaduje délku závěsu.

Tato rovnice je analyticky řešitelná, pro úhlovou frekvenci vlastních netlumených harmonických kmitů $\omega_0^2 = \frac{g}{L}$ dostáváme rovnici:

$$\frac{d^2 \Theta}{dt^2} + \omega_0^2 \Theta = 0 .$$

Řešení této rovnice ve tvaru $\Theta = \Theta_0 \sin(\omega t + \psi)$ vede na známý vztah pro dobu kmitu:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} .$$

Obecně ovšem není možné nahradit $\sin \Theta$ přímo hodnotou Θ , proto musíme uvažovat rovnici ve tvaru:

$$\frac{d^2 \Theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \sin \Theta = 0 .$$

Další komplikace pro analytické řešení představují zohlednění tlumení, které je dáno existencí tření (dissipativní systém). V tomto případě musíme započítat vliv tlumící síly:

$$\frac{d^2\Theta}{dt^2} + \frac{d\Theta}{m dt} + \frac{g}{L} \sin \Theta = 0,$$

kde m vyjad uje hmotnost kyvadla a b vyjad uje parametr.

Práv p ítomnost lenu $\sin \Theta$ p edstavuje nelineární prvek, který brání analytickému e-ení. Situace se je-t více zkomplikuje zavedením ídící síly, která bude zaji-ovat netlumené kmitání matematického kyvadla. Snaha o co nejv rn j-í podobu modelu s ohledem na reálný systém je tak doprovázena ím dál tím složit j-í e-itelností matematických rovnic, které model charakterizují. Podmínka hyperbolicity musí být p ítom pracn nalézána pro jednotlivé modely. Hyperbolicita není pravidlem, ale spí-e výjimkou.

Monografie

ACHINSTEIN, Peter. *Concepts of Science: A Philosophical Analysis*. 1. vyd. Baltimore, Maryland: The Johns Press, 1968. 272 s. ISBN 0-8018-1273-9.

BARKER, Chris. *Making Sense of Cultural Studies*. 1. vyd. London: SAGE Publications Ltd, 2002. 244 s. ISBN 0-7619-6896-2.

BRAITHWAITE, Richard. *Scientific Explanation*. 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 1953. 375 s.

BRICMONT, Jean, SOKAL, Alan. *Fashionable Nonsense: Postmodern Intellectuals Abuse of Science*. 1. vyd. New York: Picador USA, 1998. 300 s. 0-3121-9545-1.

CARTWRIGHT, Nancy. *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 247 s. ISBN 0-5216-4411-9.

CARTWRIGHT, Nancy. *How the Laws of Physics Lie*. 1. vyd. Oxford: Clarendon Press, 1983. 221 s. ISBN 0-1982-4700-1.

CHANGEUX, Jean-Pierre. *The Physiology of Truth: Neuroscience and Human Knowledge*. 1. vyd. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 2004. 324 s. ISBN 0-6740-1283-6.

CLAYTON, Philip. *Mind and Emergence: From Quantum to Consciousness*. 1. vyd. Oxford: Oxford University Press, 2004. 236 s. ISBN 0-1992-7252-2.

COVENEY, Peter, HIGHFIELD, Roger. *Mezi chaosem a ádem. Hranice komplexity: Hledání ádu v chaotickém sv t*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2003. 432 s. ISBN 80-204-0989-0. *Frontiers of Complexity*. 1. vyd. London: Faber and Faber, 1995.

CURD, Martin, COVER, J.A. *Philosophy of Science: The Central Issues*. 1. vyd. New York: W. W. Norton & Company, 1998. 1379 s. ISBN 0-393-97175-9.

tersubjektivita, objektivita. 1. vyd. Praha: Filosofia,

2004. 264 s. ISBN 80-7007-190-7. *Subjective, Intersubjective, Objective*. 1. vyd. Oxford: Oxford University Press, 2001.

DEVANEY, Robert, L. *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*. 2. vyd. Redwood City, Calif.: Addison-Wesley, 1989. 336 s. ISBN 0-2011-3046-7.

DVO ÁKOVÁ, Jana, LAMPART, Marek, MLÍCHOVÁ, Michaela, OBADALOVÁ, Lenka.

Dynamické systémy I. 1. vyd. Opava: 2009. [cit. 2010-1-21] Dostupné z:

<<http://www.math.slu.cz/studmat/DynamickeSystemy/DynSysI.pdf>>.

EDELMAN, Gerald, M., TONONI, Giulio. *A Universe of Consciousness: How Matter Becomes Imagination*. 1. vyd. New York: Basic Books, 2000. 274 s. ISBN 978-0-465-01377-7.

EINSTEIN, Albert. *Jak vidím sv t*. 1. vyd. Praha: Lidové noviny, 1993. 159 s. ISBN 80-7106-078-X. *Mein Weltbild*. 1. vyd. Amsterdam: Querido Verlag, 1934.

FAJKUS, B etislav. *Filosofie a metodologie v dy: Vývoj, sou asnost a perspektivy*. 1. vyd. Praha: Academia, 2005. 339 s. ISBN 80-200-1304-0.

FRAASSEN, Bas van. *The Scientific Image*. 1. vyd. Oxford: Oxford University Press, 1980. 235 s. ISBN 0-1982-4427-4.

FRAASSEN, Bas van. *Laws and Symmetry*. 1. vyd. Oxford: Oxford University Press, 1989. 395 s. ISBN 0-1982-4860-1.

FREEMAN, Walter, J.: *How Brains Make Up Their Minds*. 1. vyd. London: Weidenfeld & Nicolson, 1999a. 180 s. ISBN 0-297-84257-9.

GALISON, Peter. *Einsteinovy hodiny a Poincarého mapy: í-e asu*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2005. 322 s. ISBN 80-204-1188-7. *Einstein's Clocks and Poincaré's Maps: Empires of Time*. 1. vyd. New York: W.W. Norton, 2003.

ice: *A Cognitive Approach*. 1. vyd. Chicago: The University of Chicago Press, 2006. 151 s. ISBN 0-226-9205-3.

GIERE, Ronald, N. *Science without Laws*. 1. vyd. Chicago: The University of Chicago Press, 1999. 285 s. ISBN 0-226-29208-8.

GIERE, Ronald, N. *Scientific Perspectivism*. 1. vyd. Chicago: The University of Chicago Press, 2006. 151 s. ISBN 0-226-29212-6.

GLEICK, James. *Chaos: Vznik nové v dy*. 1. vyd. Brno: Ando Publishing, 1996. 350 s. ISBN 80-86047-04-0. *Chaos: Making a New Science*. 1. vyd. New York: Viking, 1987.

GOLDSTEIN, Herbert. *Classical Mechanics*. Cambridge, Mass.: Addison-Wesley Press, 1950. 399 s.

GREEN, Brian. *Struktura Vesmíru: as, prostor a povaha reality*. 1. vyd. Praha: Paseka, 2006. 482 s. ISBN 80-7185-720-3. *The Fabric of the Cosmos. Space, Time, and the Texture of Reality*. 1. vyd. New York: Alfred A. Knopf, 2004.

HEMPEL, Carl, Gustav. *Aspects of Scientific Explanation*. 1. vyd. New York: Free Press, 1965. 505 s.

HOFSTADTER, Douglas. *I Am a Strange Loop*. 1. vyd. New York: Basic Books, 2007. 412 s. ISBN-13: 978-0-465-03078-1.

HORÁK, Ji í, KRLÍN, Ladislav, RAIDL, Ale-. *Deterministický chaos a jeho fyzikální aplikace*. 1. vyd. Praha: Academia, 2003. 437 s. ISBN 80-200-0910-8.

HORÁK, Ji í, KRLÍN, Ladislav. *Vratnost a nevratnost dynamických systém*. 1. vyd. Praha: Academia, 2004. 147 s. ISBN 80-200-1200-1.

H ÍBEK, Tomá-. *Metafyzika antiindividualismu*. 1. vyd. Praha: Filosofia, 2008. 334 s. ISBN 978-80-7007-289-9.

mu. 1. vyd. Praha: Oikúmené, 2001. 567 s. ISBN 80-

KELLERT, Stephen, H. *In the Wake of Chaos*. 1. vyd. Chicago: The University of Chicago Press, 1993. 176 s. ISBN 0-226-42976-8.

KELLERT, Stephen, H. *Borrowed Knowledge: Chaos Theory and the Challenge of Learning across Disciplines*. 1. vyd. Chicago: The University of Chicago Press, 2008. 292 s. ISBN-13: 978-0-226-42978-6.

KIM, Jaegwon. *Physicalism, or Something Near Enough*. 1. vyd. Princeton: Princeton University Press, 2005. 186 s. ISBN 978-0-691-13385-0.

KUHN, Thomas, Samuel. *Struktura v deckých revolucí*. 1. vyd. Praha: Oikúmené, 1997. 206 s. ISBN 80-86005-54-2. *The Structure of Scientific Revolutions*. 1. vyd. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

LAKATOS, Imre. *Proofs and Refutations: The Logic of Mathematical Discovery*. 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. 174 s. ISBN 0-5212-1078-X.

LAUDAN, Larry. *Science and Values*. 1. vyd. Berkeley: University of California Press, 1984. 149 s. ISBN 0-5200-5267-6.

LEWIS-WILLIAMS, David. *Mysl v jeskyni*. 1. vyd. Praha: Academia, 2007. 402 s. ISBN 978-80-200-1518-1. *Mind in the Cave*. 1. vyd. London: Thales and Hudson Ltd, 2002.

MANDELBROT, Benoît. *Fraktály: Tvar, náhoda a dimenze*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2003. 206 s. ISBN 80-204-1009-0. *Les objets fractal. Forme, hazard et dimension*. Paris: Flammarion, 2000.

MARKO™ Anton. *Tajemství hladiny: Hermeneutika fivého*. 1. vyd. Praha: Doko án, 2003. 352 s. ISBN 80-86569-47-5.

l the Meaningful Brain. 1. vyd. Cambridge: The MIT
43-4.

NAGEL, Ernest. *The Structure of Science*. 1. vyd. New York: Brace&World, 1961. 618 s.

NOSEK, Jiří (ed.). *Chaos, v da a filosofie*. 1. vyd. Praha: Filosofia, 1999. 393 s. ISBN 80-7007-127-3.

OTT, Edward. *Chaos in Dynamical Systems*. 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 385 s. ISBN 0-5214-3799-7.

PEITGEN, Heinz-Otto, JÜRGENS, Hartmut, SAUPE, Dietmar. *Fractals for the Classroom*. 1. vyd. New York: Springer-Verlag, 1991. 2 sv. ISBN 0-387-97346-X, 0-387-97722-8.

PEITGEN, Heinz-Otto, JÜRGENS, Hartmut, SAUPE, Dietmar. *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science*. 1. vyd. New York: Springer-Verlag, 1992. 984 s. ISBN 0-387-97903-4.

PEREGRIN, Jaroslav (ed.). *Logika 20. století: Mezi filosofií a matematikou*. 1. vyd. Praha: Filosofia, 2006. 471 s. ISBN 80-7007-228-8.

POPPER, Karl, Raimund. *Logika v deckého zkoumání*. 1. vyd. Praha: Oikúmené, 1997. ISBN 80-86005-45-3. *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge, 1994.

POPPER, Karl, Raimund. *The Open Universe: An Argument for Indeterminism*. Totowa, N.J.: Rowman & Littlefield, 1982. 185 s. ISBN 0-8476-7017-1.

PRIGOGINE, Ilya, STENGERSOVÁ, Isabelle. *ád z chaosu: Nový dialog lov ka s p írodou*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2001. 320 s. ISBN 80-204-0910-6. *Order out of Chaos: Manø New Dialogue with Nature*. 1. vyd. New York: Bantam Books, 1984.

ROSENBERG, Alex. *Philosophy of Science: a contemporary introduction*. 2. vyd. London: Routledge, 2005. 213 s. ISBN 0-415-34316-X.

...t? *Duch a hmota. K mému životu.* 1. vyd. Brno: 214-3175-X. *What Is Life? Mind and Matter.*
Autobiographical Sketches. 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

SINGH, Simon. *Velká Fermatova v ta.* 3. vyd. Praha: Academia, 2007. 286 s. ISBN 978-80-200-1483-2. *Fermat's Last Theorem.* London: Fourth Estate, 1998.

SMITH, Peter. *Explaining Chaos.* 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 1998a. 193 s. ISBN 0-521-47747-6.

SUPPE, Frederick (ed.). *The Structure of Scientific Theories.* 2. vyd. Urbana: University of Illinois Press, 1977. 818 s. ISBN 0-2520-0655-0.

SUPPES, Patrick. *Axiomatic Set Theory.* 1. vyd. New York: Dover Publications, 1972. 267 s. ISBN 0-4866-1630-4.

STEPHAN, Achim. *Emergenz: Von der Unvorhersagbarkeit zur Selbstorganisation.* 1. vyd. Dresden: Dresden University Press, 1999. 292 s. ISBN 3-933168-09-0.

STEWART, Ian. *Odsud afl do nekone na.* 1. vyd. Praha: Argo, 2006. 365 s. ISBN 80-7203-775-7. *From Here To Infinity.* 1. vyd. Oxford: Oxford University Press, 1996.

STEWART, Ian. *Hraje B h kostky?: nová matematika chaosu.* 1. vyd. Praha: Argo, 2009. 431 s. ISBN 978-80-257-0024-2. *Does God Play Dice?: The Mathematics of Chaos.* 1. vyd. Cambridge, MA: Blackwell, 1989.

THAGARD, Paul. *Úvod do kognitivní v dy: Mysl a my-lení.* 1. vyd. Praha: Portál, 2001. 231 s. ISBN 80-7178-445-1. *Mind. Introduction to Cognitive Science.* 1. vyd. Cambridge: The MIT Press, 1996.

TOULMIN, Stephen. *Foresight and Understanding.* 1. vyd. Bloomington: Indiana University Press, 1961. 115 s.

WEISSKOPF, Victor, F. *Physics in the Twentieth Century: Selected Essays*. 1. vyd. Cambridge: The MIT Press, 1972. 368 s. ISBN 0-262-73030-8.

WITTGENSTEIN, Ludwig. *Tractatus logico-philosophicus*. 1. vyd. Praha: Oikúmené, 2007. 87. s. ISBN 978-80-7298-284-4.

WITTGENSTEIN, Ludwig. *Filosofická zkoumání*. 1. vyd. Praha: Filosofický ústav AV ČR, 1993. 294 s. ISBN 80-7007-040-4.

lánky

ANDRES, Jan. *O nové p írodov d a nutnosti nové p írodní filosofie*. eskoslovenský asopis pro fyziku. 1996, ro . 46, . 1, s. 42-50.

ANDRES, Jan, FÜRST, Tomá-, PASTOR, Karel. *Period Two Implies All Periods for a Class of ODEs: A Multivalued Map Approach*. Proceedings of the American Mathematical Society. 2007, 135, 10, s. 3187-3191.

ANDRES, Jan, FÜRST, Tomá-, PASTOR, Karel. *Sharkovskii's Theorem, Differential Inclusions, and Beyond*. Topological Methods in Nonlinear Analysis. 2009, 33, 1, s. 149-168.

BISHOP, Robert, C. *Chaos, Indeterminism, and Free Will*. KANE, Robert (ed.). *The Oxford Handbook of Free Will*. Oxford: Oxford University Press, 2001. s. 111-124. ISBN 0-1951-3336-6.

BRAITHWAITE, Richard, B. *Models in the Empirical Science*. NAGEL, Ernest, SUPPES, Patrick, TARSKI, Alfred (eds.). *Logic, Methodology, and Philosophy of Science*. Stanford: Stanford University Press, 1962. s. 224-231.

BRICMONT, Jean. *Science of Chaos or Chaos in Science?* Physicalia Magazine. 1995, ro . 17, . 3/4, s. 159-208.

RISTOW, Gerald. *The Arnol'd Cat: Failure of the* 1991, ro . 50, . 3, s. 493-520.

FREEMAN, Walter, J. *Consciousness, Intentionality and Causality*. Journal of Consciousness Studies. 1999b, ro . 6, . 11-12, s. 143-172. [cit. 2010-1-24] Dostupné z: <<http://sulcus.berkeley.edu/>>.

FUJII, Hiroshi, TSUDA, Ichiro. *Interneurons: Their Cognitive Roles ó A Perspective from Dynamical Systems View*. The Fourth IEEE International Conference in Development and Learning - from Interaction to Cognition, 2005. [cit. 2010-1-21] Dostupné z: <[http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/~tsuda/img/ICDL2005\(Fujii-it\).pdf](http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/~tsuda/img/ICDL2005(Fujii-it).pdf)>.

GIERE, Ronald, N. *Constructive Realism*. CHURCHLAND, Paul, M., HOOKER, Clifford, A. (eds.). *Images of Science*. Chicago: Chicago University Press, 1985. s. 75-98. ISBN 0-2261-0653-5.

GIERE, Ronald, N. *Scientific Rationality as Instrumental Rationality*. Studies in History and Philosophy of Science. 1989, ro . 20, . 3, s. 377-384.

GIERE, Ronald, N. *Science Without Laws of Nature*. WEINERT, Friedel (ed.). *Laws of Nature*. New York: Walter de Gruyter, 1995. s. 120-138. ISBN 3-1101-3918-9.

GIERE, Ronald, N. *Models as Parts of Distributed Cognitive Systems*. MAGNANI, Lorenzo, NERSESSIAN, Nancy, J. (eds.). *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*. New York: Kluwer Academic, 2002. s. 227-242. ISBN 0-3064-7244-9. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.tc.umn.edu/~giere/MPDCS.pdf>>.

GIERE, Ronald, N. *The Role of Computation in Scientific Cognition*. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence. 2003, ro . 15, s. 195-202. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.tc.umn.edu/~giere/RCSC.pdf>>.

GIERE, Ronald, N. *How Models Are Used to Represent Reality*. Philosophy of Science. 2004a, ro . 71, . 5, s. 742-752. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.tc.umn.edu/~giere/hmurr.pdf>>.

Agency in Scientific Distributed Cognitive Systems.

o, ro . 4, . 3/4, s. 759-774. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.tc.umn.edu/~giere/PASDCS.pdf>>.

GIERE, Ronald, N. *Scientific Realism: Old and New Problems*. Erkenntnis. 2005, ro . 63, . 2, s. 149-165. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.tc.umn.edu/~giere/SRONP.pdf>>.

HEMPEL, Carl, Gustav, OPPENHEIM, Paul. *Studie z logiky vysv tlení*. KUCHÁR, Ivan, PROCHÁZKA, Old ich, ZEMAN, Vladimír (eds.). *Filosofie v dy*. 1. vyd. Praha: Svoboda, 1968, s. 189-247. ISBN 25-110-68.

HEMPEL, Carl, Gustav. *Provisos: A Problem Concerning the Inferential Function of Scientific Theories*. GRÜNBAUM, Adolf, SALMON, Wesley, C. *The Limitations of Deductivism*. Berkeley: University of California Press, 1988. s. 37-46. ISBN 0-5200-6232-9.

LORENZ, Edward. *Deterministic Nonperiodic Flow*. Journal of the Atmospheric Science. 1963, ro . 20, . 2, s. 130-141. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0469/20/2/pdf/i1520-0469-20-2-130.pdf>>.

MANDELBROT, Benoît. *Fractals and the Rebirth of Experimental Mathematics*. PEITGEN, Heinz-Otto., JÜRGENS, Hartmut, SAUPE, Dietmar. *Fractals for the Classroom*. New York: Springer, 1991. ISBN 0-387-97346-X.

MORTON, Adam. *The Inevitability of Folk Psychology*. BOGDAN, Radu, J. *Mind and Common Sense*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. ISBN 0-5214-0201-8.

PUTNAM, Hilary. *Why Reason Can't Be Naturalized*. Synthese. 1982, ro . 52, . 1, s. 3-23.

RAILTON, P. *Probability, Explanation, and Information*. Synthese. 1981, ro . 48, . 2, s. 233-256.

SHARKOVSKY, A., N. *Coexistence of Cycles of a Continuous Map of a Line into Itself*. Ukrainian Mathematic Journal. 1964, ro . 16, . 1, s. 61-71.

Models in the Applications of Scientific Theories:

AN, Mary, S., MORRISON, Margaret, C. (eds.).

Models as Mediators. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, s. 168-196. ISBN 0-5216-5571-4.

SUÁREZ, Mauricio. *Scientific Representation: Against Similarity and Isomorphism*. *International Studies of Philosophy of Science*. 2003, ro . 17, . 3, s. 225-244.

TSUDA, Ichiro. *Plausibility of a Chaotic Brain Theory*. [cit. 2010-1-24]. Dostupné z: <<http://bbsonline.cup.cam.ac.uk/Preprints/Tsuda/Commentators/>>.

TURING, Alan. *On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungsproblem*. *Proceedings of the London Mathematical Society*. 1936, ro . 42, . 2, s. 230-265. [cit. 2010-1-24]. Dostupné z: <<http://www.abelard.org/turpap2/tp2-ie.asp>>.

VALENTA, Lubomír. *Chaos v epistemologické perspektiv* . NOSEK, Ji í (ed.). *Chaos, v da a filosofie*. 1. vyd. Praha: Filosofia, 1999, s. 131-145.

WALTER, Henrik. *Neurophilosophy of Free Will*. KANE, Robert (ed.). *The Oxford Handbook of Free Will*. Oxford: Oxford University Press, 2001. s. 565-576. ISBN 0-1951-3336-6.

YORKE, James, LI, Tien-Yien. *Period Three Implies Chaos*. *The American Mathematical Monthly*. 1975, ro . 82, . 10, s. 985-992.

Internetové zdroje

ADAMS, Ernest, W. *Elements of a Theory of Inexact Measurement*. *Philosophy of Science*. 1965, ro . 32, . 3/4, s. 205-228. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186515>>.

ACHINSTEIN, Peter. *Models, Analogies, and Theories*. *Philosophy of Science*. 1964, ro . 31, . 4, s. 328-350. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186263>>.

els. The British Journal for the Philosophy of Science.
102-120. [cit. 2009-5-28]. Dostupné z:

<<http://www.jstor.org/stable/686152>>.

BALASHOV, Yuri, V. *On the Evolution of Natural Laws*. The British Journal for the Philosophy of Science. 1992, ro . 43, . 3, s. 343-370. [cit. 2009-4-30]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687763>>.

BARRETT, Jeffrey, A. *Are Our Best Physical Theories (Probably and/or Approximately) True?* Philosophy of Science. Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. ást I: Contributed Papers. 2003, ro . 70, . 5, s. 1206-1218. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693174>>.

BATTERMAN, Robert, W. *Defining Chaos*. Philosophy of Science. 1993, ro . 60, . 1, s. 43-66. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188454>>.

BELOT, Gordon. *Chaos and Fundamentalism*. Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. ást II: Symposia Papers. 2000, ro . 67, s. S454-S465. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188687>>.

BOKULICH, Alisa. *Horizontal Models: From Bakers to Cats*. Philosophy of Science. 2003, ro . 70, . 3, s. 609-627. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693395>>.

BOUMANS, Marcel. *How to Design Galilean Fall Experiments in Economics*. Philosophy of Science. 2003, ro . 70, . 2, s. 308-329. [cit. 2009-6-11]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693268>>.

BOYD, Richard. *Determinism, Laws, and Predictability in Principle*. Philosophy of Science. 1972, ro . 39, . 4, s. 431-450. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186328>>.

e. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 2002, ro . 69, . 3, s. 161-180. [cit. 2009-4-30]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687743>>.

BUENO, Otavio, FRENCH, Steven, LADYMAN, James. *On Representing the Relationship between the Mathematical and the Empirical*. *Philosophy of Science*. 2002, ro . 69, . 3, s. 497-518. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3081035>>.

CARLOYE, Jack, C. *An Interpretation of Scientific Models Involving Analogie*. *Philosophy of Science*. 1971, ro . 38, . 4, s. 562-569. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186695>>.

COPELAND, Artur, H. *Mathematical Proof and Experimental Proof*. *Philosophy of Science*. 1966, ro . 33, . 4, s. 303-316. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186634>>.

DA COSTA, Newton, FRENCH, Steven. *The Model-Theoretic Approach in the Philosophy of Science*. *Philosophy of Science*. 1990, ro . 57, . 2, s. 248-265. [cit. 2010-1-21] Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/187834>>.

DA COSTA, Newton, FRENCH, Steven. *Models, Theories, and Structures: Thirty Years on*. *Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. ást II: Symposia Papers*. 2000, ro . 67, s. S116-S127. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188662>>.

EARMAN, John. *The Universality of Laws*. *Philosophy of Science*. 1978, ro . 45, . 2, s. 173-181. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186815>>.

FORSTER, Malcolm, R. *Predictive Accuracy as an Achievable Goal of Science*. *Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 2000 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. ást II: Symposia Papers*. 2002, ro . 69, . 3, s. S124-S134. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3081088>>.

al Explanation. *Philosophy of Science*. 1980, ro . 47,
pné z: <<http://www.jstor.org/stable/187084>>.

FRENCH, Steven. *A Model-Theoretic Account of Representation (Or, I Don't Know Much about Art ... but I Know It Involves Isomorphism)*. *Philosophy of Science. Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. ást I: Contributed Papers*. 2003, ro . 70, . 5, s. 1472-1483. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693196>>.

GARDNER, Michael, R. *Predicting Novel Facts*. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 1982, ro . 33, . 1, s. 1-15. [cit. 2009-5-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687237>>.

GIERE, Ronald, N. *The Cognitive Structure of Scientific Theories*. *Philosophy of Science*. 1994, ro . 61, . 2, s. 276-296. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188213>>.

GIERE, Ronald, N. *A New Program for Philosophy of Science?* *Philosophy of Science*. 2003, ro . 70, . 1, s. 15-21. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693109>>.

HARRELL, Maralee, GLYMOUR, Clark. *Confirmation and Chaos*. *Philosophy of Science*. 2002, ro . 69, . 2, s. 256-265. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3080978>>.

HARRIS, Todd. *Data Models and the Acquisition and Manipulation of Data*. *Philosophy of Science. Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. ást I: Contributed Papers*. 2003, ro . 70, . 5, s. 1508-1517. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693199>>.

HOLT, D., Lynn, HOLT, R., Glynn. *Regularity in Nonlinear Dynamical Systems*. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 1993, ro . 44, . 4, s. 711-727. [cit. 2009-4-30]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/688040>>.

representation. *Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the Philosophy of Science Association. část II: Symposia Papers.* 1997, ro . 64, s. S325-S336. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188414>>.

HUMPHREYS, Paul. *Computational Models.* *Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 2000 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. část II: Symposia Papers.* 2002, ro . 69, . 3, s. S1- S11. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3081077>>.

HÜTTEMANN, Andreas. *Laws and Dispositions.* *Philosophy of Science.* 1998, ro . 65, . 1, s. 121-135. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188178>>.

KELLERT, Stephen, H. *Extrascientific Uses of Physics: The Case of Nonlinear Dynamics and Legal Theory.* *Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 2000 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. část I: Contributed Papers.* 2001, ro . 68, . 3, s. S455-S466. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3080965>>.

KNUUTTILA, Tarja, VOUTILAINEN, Aro. *A Parser as an Epistemic Artifact: A Material View on Models.* *Philosophy of Science. Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. část I: Contributed Papers.* 2003, ro . 70, . 5, s. 1484-1495. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693197>>.

KOPERSKI, Jeffrey. *Models, Confirmation, and Chaos.* *Philosophy of Science.* 1998, ro . 65, . 4, s. 624-648. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188576>>.

KROES, Peter. *Structural Analogies between Physical Systems.* *The British Journal for the Philosophy of Science.* 1989, ro . 40, . 2, s. 145-154. [cit. 2009-5-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687505>>.

KRONZ, Frederick, M. *Nonseparability and Quantum Chaos.* *Philosophy of Science.* 1998, ro . 65, . 1, s. 50-75. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188175>>.

Model of an Open Quantum System. Philosophy of Science Association. 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. 1st I: Symposia Papers. 2000, ro . 67, s. S446-S453. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188686>>.

KRUSE, Michael. *Variation and the Accuracy of Predictions.* The British Journal for the Philosophy of Science. 1997, ro . 48, . 2, s. 181-193. [cit. 2009-4-30]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687744>>.

LAYMON, Ronald. *Cartwright and the Lying Laws of Physics.* The Journal of Philosophy. 1989, ro . 86, . 7, s. 353-372. [cit. 2009-4-29]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/2027145>>.

LUCE, R., Duncan. *Similar Systems and Dimensionally Invariant Laws.* Philosophy of Science. 1971, ro . 38, . 2, s. 157-169. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186775>>.

LUCE, R., Duncan. *Numerical Laws Correspond to Meaningful Relations.* Philosophy of Science, 1978, ro . 45, . 1, s. 1-16. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/186895>>.

MAYO, Deborah, G. *Experimental Practice and an Error Statistical Account of Evidence.* Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. 1st II: Symposia Papers. 2000, ro . 67, s. S193-S207. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188668>>.

McGINN, Colin. *Can We Solve the Mind-Body Problem?* Mind. 1989, ro . 98, . 391, s. 349-366. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/2254848>>

MITCHELL, Sandra, D. *Dimensions of Scientific Law.* Philosophy of Science. 2000, ro . 67, . 2, s. 242-265. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/188723>>.

...ls: *Questions of Trustworthiness*. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 1980, ro . 31, . 2, s. 145-163. [cit. 2009-4-29]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687183>>.

MULAİK, Stanley, A. *The Curve-Fitting Problem: An Objectivist View*. *Philosophy of Science*. 2001, ro . 68, . 2, s. 218-241. [cit. 2009-6-11]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3081065>>.

MYRVOLD, Wayne, C., HARPER, William, L. *Model Selection, Simplicity, and Scientific Inference*. *Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 2000 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. část II: Symposia Papers*. 2002, ro . 69, . 3, s. S135-S149. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3081089>>.

ODENBAUGH, Jay. *Complex Systems, Trade-Offs, and Theoretical Population Biology: Richard Levin's "Strategy of Model Building in Population Biology" Revisited*. *Philosophy of Science. Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. část I: Contributed Papers*. 2003, ro . 70, . 5, s. 1496-1507. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693198>>.

OWENS, David. *Levels of Explanation*. *Mind*. 1989, ro . 98, . 389, s. 59-79. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/2255061>>.

PARKER, Matthew, W. *Undecidability in R^1 : Riddled Basins, the KAM Tori, and the Stability of the Solar System*. *Philosophy of Science*. 2003, ro . 70, . 2, s. 359-382. [cit. 2009-6-11]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693270>>.

PEARCE, David, RANTALA, Veikko. *Approximative Explanation Is Deductive-Nomological*. *Philosophy of Science*. 1985, ro . 52, . 1, s. 126-140. [cit. 2009-6-18]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/187602>>.

REDHEAD, Michael. *Models in Physics*. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 1980, ro . 31, . 2, s. 145-163. [cit. 2009-4-29]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687183>>.

avid. *Simple Theories of a Messy World: Truth and Dynamics*. The British Journal for the Philosophy of Science. 1996, ro . 47, . 1, s. 93-112. [cit. 2009-4-30]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/1215828>>.

SCHLESINGER, George, N. *Is Determinism a Vacuous Doctrine?* The British Journal for the Philosophy of Science. 1987, ro . 38, . 3, s. 339-346. [cit. 2009-5-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/687489>>.

SMITH, Peter. *Approximate Truth and Dynamical Theories*. The British Journal for the Philosophy of Science. 1998b, ro . 49, . 2, s. 253-277. [cit. 2009-4-30]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/688114>>.

SMITH, Sheldon, R. *Models and the Unity of Classical Physics: Nancy Cartwright's Dappled World*. Philosophy of Science. 2001, ro . 68, . 4, s. 456-475. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3081047>>.

SPECTOR, Marshall. *Models and Theories*. The British Journal for the Philosophy of Science. 1965, ro . 16, . 62, s. 121-142. [cit. 2009-5-28]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/686153>>.

SUDBURY, Aidan. *Scientific Laws That Are Neither Deterministic nor Probabilistic*. The British Journal for the Philosophy of Science. 1976, ro . 27, . 4, s. 307-315. [cit. 2009-5-14]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/686860>>.

SWANSON, J.W. *On Models*. The British Journal for the Philosophy of Science. 1967, ro . 17, . 4, s. 297-311. [cit. 2009-5-28]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/686771>>.

TELLER, Paul. *How We Dapple the World*. Philosophy of Science, 2004, ro . 71, . 4, s.425-447. [cit. 2010-1-21]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693346>>.

TROUT, J., D. *Scientific Explanation and the Sense of Understanding*. Philosophy of Science. 2002, ro . 69, . 2, s. 212-233. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3080976>>.

Philosophy of Science. 1992, ro . 59, . 2, s. 263-275.
www.jstor.org/stable/188246>.

WINSBERG, Eric. *Simulations, Models, and Theories: Complex Physical Systems and Their Representations*. Philosophy of Science. Supplement: Proceedings of the 2000 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. ást I: Contributed Papers. 2001, ro . 68, . 3, s. S442-S454. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3080964>>.

WINSBERG, Eric. *Simulated Experiments: Methodology for a Virtual World*. Philosophy of Science. 2003, ro . 70, . 1, s. 105-125. [cit. 2009-7-7]. Dostupné z: <<http://www.jstor.org/stable/3693116>>.

P ednáýky

VYTYN, Ivo. *Kvantová a statistická fyzika 1*. Katedra teoretické fyziky, P F UP v Olomouci. ZS 2003.