

///// studie / article //////////////////////////////////////

**VZTAH MEZI PRINCIPY
A MODELŮ V SÉMANTICKÉM
POJETÍ VĚDECKÝCH TEORIÍ**

Abstrakt: Zkoumání je založeno na reflexi sémantického pojetí vědeckých teorií Ronalda Giera (model-based view of theories, modelově založené pojetí teorií). Gierova východiska a závěry jsou podrobeny kritice, na jejímž základě autor buduje svou vlastní variantu modelově založeného pojetí teorií. Hlavním cílem příspěvku je konceptualizace vztahu mezi principy a (reprezentativními) modely s důrazem na to, že tento vztah může zakládat dynamiku teorie, respektive posloupnosti teorií. Souhrnně bude v příspěvku prověřována řada tezí: 1) Základními prvky teorie jsou modely, které slouží jako nosiče principů. 2) Modely hrají rozhodující roli při pojmové výstavbě teorie. 3) Modely artikulací principů odhalují poznatky, které ze samotných principů neplynou. 4) Principy mohou být někdy souhrnně definovány až poté, co existuje odpovídající množina modelů. 5) Nová teorie nastoupí ve chvíli, kdy je cluster nových modelů dostatečně komplexní a když si vědecké společenství ujasní, že tento nový cluster je založen na určité množině nových principů.

Klíčová slova: syntaktické; sémantické a modelově založené pojetí teorií; princip; model; teorie; hypotéza

**The Nexus of Principles and
Models in the Semantic View
of Scientific Theories**

Abstract: This paper considers Ronald Giere's Model-Based view of theories (MOT). Giere's propositions and theories are examined in terms of the author's own conceptualisation of MOT. This paper conceptualises the nexus between principles and representational models. It emphasises that the dynamics, respectively sequence, of scientific theories, could be based on this nexus. Summary: 1) The basic elements of theory are models serving as vehicles of principles. 2) Models are decisive in constructing theory. 3) The articulation of principles (in models) brings new knowledge that does not inhere in the principles themselves. 4) The acceptance of principles depends on the acceptance of a commensurate set of models. 5) New theories emerge when the set of models convince the scientific community that this set supports the new principles.

Keywords: syntactic; semantic and model-based view of theories; principle; model; theory; hypothesis

LUKÁŠ ZÁMEČNÍK

Filosofická fakulta UP,
Křížkovského 10, 771 47 Olomouc
email / lukas.zamecnik@seznam.cz

Jedním z důležitých úkolů současné filosofie vědy je deskripce vztahu principů a modelů z hlediska sémantického pojetí vědeckých teorií (*semantic view of theories*, SET). Provedeme základní rozlišení použití modelů v rámci syntaktického/axiomatického pojetí teorií (*syntactic/axiomatic view of theories*, SYT) oproti sémantickému pojetí teorií. Zhodnotíme Achinsteinův příspěvek ke konstituování sémantického pojetí teorií. Východiskem k hlavní části práce bude modelově založené pojetí teorií¹ (*model-based view of theories*, MOT) Ronald Giera, které představuje aktuální variantu sémantického pojetí teorií. Gierova východiska a závěry podrobím kritice a na jejím základě zkonstruuji vlastní variantu MOTu. Hlavním cílem příspěvku je artikulace vztahu mezi principy a (reprezentačními) modely s tím, že tento vztah může zakládat dynamiku teorie, respektive posloupnosti teorií. Tím se závěr bádání soustřeďuje na kontext objevu (*context of discovery*) vědecké teorie a může sloužit k rozvíjení a korekci Kuhnova pojetí vědeckých revolucí.

1. Modely v SYTu a jejich kritika

SYT chápe teorii jako axiomatický systém a zkoumá především logickou strukturu tohoto systému. Teorie se skládá z malého počtu axiomů (či postulátů) – propozic, které nejsou v daném systému dokázány, ale jsou považovány za pravdivé, a z velkého množství teorémů, které jsou deduktivně odvozeny z axiomů pomocí logických pravidel. Kromě axiomů a teorémů obsahuje axiomatický systém definice termínů a s ohledem na konečný počet těchto definic také určitý počet nedefinovaných („primitivních“) termínů.²

Samozřejmě platí, že jedna množina logicky provázaných tvrzení může být organizována do více než jednoho axiomatického systému. Totéž tvrzení pak může být axiomem v jednom systému, ale teorémem v jiném systému. To, který axiomatický systém je vybrán jako logická struktura vědecké teorie, už není záležitostí logiky. Pro filosofa vědy a zastávce SYTu je důležité vysvětlit souhru (spolupráci) postulátů teorie. Neboť prohlášení, že „laws work together to explain“,³ je příliš vágní. Nejčastější řešení v rámci SYTu se

¹ V případě, kdy není autor překladu uveden, se autor překladu shoduje s autorem studie.

² Rosenberg uvádí jako příklad Euklidovu geometrii, kde např. definice termínů přímka a kružnice poukazují na nedefinované termíny bod a vzdálenost. Viz Alex ROSENBERG, *Philosophy of Science: A Contemporary Introduction*. 2nd edition. London: Routledge 2005, s. 71.

³ *Ibid.*, s. 73.

odvolává na kauzální strukturu, která je pomocí zákonů odkrývána.⁴ Kritika tohoto přístupu (založená na kritice pojmu kauzality) by byla nad rámec našeho zkoumání. Můžeme pouze předeslat, že důraz na pojem vědecký zákon, pro SYT klíčový, bude podroben kritice v Gierově MOTu.

Rosenberg poukazuje na dva hlavní problémy SYTu ve vztahu k vědecké praxi. (1) V axiomatickém pojetí teorií se nikde neobjevuje koncept modelu, který je přitom pro teoretickou vědu naprosto nepostradatelný. (2) Problematická je i představa teorie jako axiomatizované množiny vět formálního matematického jazyka, protože nemůžeme chtít identifikovat teorii s její axiomatizací v nějakém jazyce, dokonce ani v matematicky a logicky čistém jazyce.⁵

Marshall Spector⁶ kritizuje především Carnapovu variantu SYTu, konkrétně odlišování 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, neboť teorie i model jsou obě reprezentovány stejným kalkulem. Přesto mají ale teorie a model odlišné epistemologické struktury.⁷

Braithwaite je možné vzít jako vzor používání pojmu model v SYTu. Obdobně jako Spector i Peter Achinstein⁸ 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, příbuzném tomu, který je mu dán v matematické logice.⁹

Model je tak podle Achinsteina v SYTu obecně chápán jako logický model, který představuje jinou interpretaci kalkulu teorie:

⁴ *Ibid.*, s. 71–73.

⁵ Viz *ibid.*, s. 97–98.

⁶ Marshall SPECTOR, „Models and Theories.“ *British Journal for the Philosophy of Science*, roč. 16, 1965, č. 62, s. 121–142.

⁷ V modelu totiž logicky dřívější premisy determinují význam termínů, které se vyskytují v reprezentaci v kalkulu závěrů. V teorii zase logicky pozdější důsledky determinují význam teoretických termínů, které se vyskytují v reprezentaci v kalkulu premis. Viz Richard BRAITHWAITE, *Scientific Explanation*. 1st edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1953, s. 90; viz také SPECTOR, „Models and Theories,“ s. 124.

⁸ Peter ACHINSTEIN, „Models, Analogies, and Theories.“ *Philosophy of Science*, roč. 31, 1964, č. 4, s. 328–350.

⁹ Viz *ibid.*, s. 329.

model teorie T je jinou teorií M, která koresponduje s teorií T s ohledem na deduktivní strukturu [...] model je jinou interpretací kalkulu teorie.¹⁰

Podle Achinsteina z takto vymezeného pojetí vycházejí dva 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 potřebnost zkoumání dvou problémů: (a) zkoumání struktury modelu a jejího vztahu k teorii a (b) zkoumání role modelů při rozvoji teorií.¹¹

Také Spector pomohl odstranit konfúzi v Braithwaitově pojetí, ukázal, že pouze jedna ze čtyř Braithwaitem používaných skupin modelů je za modely uznávána samotnými vědci (konkrétně fyziky), ostatní buď modely vůbec nebyly, nebo byly analogiemi, případně bylo jejich postavení blízké postavení samotné teorie.¹² Achinsteinova kritika použití modelů v rámci SYTu byla ovšem zásadní, vedla k vyjasnění rozdílů mezi strukturou modelů a analogií, odlišila formální a fyzikální analogie a jejich použití ad.¹³

2. Achinsteinovo pojetí teoretického modelu

Po kritice postavení modelu v SYTu se Achinsteinovi podařilo určit základní znaky teoretického modelu a zároveň jej vymezit vůči analogii na jedné a teorii na druhé straně. Teoretické modely lze popsat podle Achinsteina čtyřmi následujícími charakteristikami:

- 1) „Teoretický model se skládá z množiny předpokladů o určitém objektu nebo systému.“¹⁴

¹⁰ Richard BRAITHWAITE, „Models in the Empirical Science.“ In: NAGEL, E. – SUPPES, P. – TARSKI, A. (eds.), *Logic, Methodology, and Philosophy of Science*. Stanford: Stanford University Press 1962, s. 225 (224–231); viz také ACHINSTEIN, „Models, Analogies, and Theories,“ s. 329.

¹¹ Viz *ibid.*, s. 329–330.

¹² Viz SPECTOR, „Models and Theories,“ s. 126–131.

¹³ Odlišení modelu a analogie: „model nějakého x' [je vědcem užít,] aby referoval k množině předpokladů nebo postulátů, které popisují určité fyzikální objekty nebo fenomény typu x. [...] Analogie je stanovována mezi určitými objekty nebo fenomény popsány v modelu (modelu nějakého x) nebo teorii, a ostatními objekty nebo fenomény, které mohou být známější.“ ACHINSTEIN, „Models, Analogies, and Theories,“ s. 330 a 332.

¹⁴ Peter ACHINSTEIN, „Theoretical Models.“ *British Journal for the Philosophy of Science*, roč. 16, 1965, č. 62, s. 103. Achinstein dále uvádí: „Např. kulečnickový model plynů (*the billiard ball model of gases*) je taková množina předpokladů, podle které na sebe molekuly tvořící plyn nepůsobí navzájem silami s výjimkou nárazů, pohybují se po přímkách s výjimkou okamžiku srážky, mají malé rozměry ve srovnání s průměrnou mezimolekulovou vzdáleností atd.“ *Ibid.*,

Achinstein k tomu dodává, že je důležité neztotožňovat modely na jedné straně s různými diagramy, obrázky a fyzikálními konstrukcemi a na straně druhé s teoriemi (viz dále).

2) „Teoretický model popisuje typ objektu nebo systému tím, že mu přisuzuje to, co bychom mohli nazvat vnitřní strukturou, složením nebo mechanismem, které vysvětluje různé vlastnosti, kterými se objekt nebo systém vyznačuje.“¹⁵

3) „S teoretickým modelem je jednáno jako s aproximací užitečnou k určitým účelům.“¹⁶

Achinstein k tomuto důležitému bodu dodává, že skutečnost používání modelů k reprezentaci struktury systému za určitým účelem vysvětluje, proč se často používají alternativní modely.¹⁷ Zatímco takto můžeme konstruovat různé modely za různými účely, přičemž východiskem zůstane daná teorie, naopak to samozřejmě neplatí, a to je pro Achinsteina hlavním znakem odlišnosti teorie a modelu. Zároveň to také vysvětluje případy, kdy se množiny principů původně nazývané jako teorie začnou nazývat modely.¹⁸

4) „Teoretický model je často formulován, rozvíjen a dokonce pojmenováván na základě analogie mezi objektem nebo systémem popisovaným v modelu a nějakým odlišným objektem nebo systémem.“¹⁹
To ale vyžaduje odlišení modelu a analogie, neboť analogie je pouze prostředek, který slouží k vybudování modelu.²⁰

s. 103. Viz také Michael REDHEAD, „Models in Physics.“ *British Journal for the Philosophy of Science*, roč. 31, 1980, č. 2, s. 145–163.

¹⁵ *Ibid.*, s. 103. A dále: „Kulečnickový model připisuje molekulární strukturu plynům takovým způsobem, že to umožňuje odvození principů spojujících takové charakteristiky plynů, jako je tlak, objem, teplota, entropie atd.“ *Ibid.*

¹⁶ *Ibid.*, s. 104. A dále doplňuje: „Pro toho, kdo formuluje takový model, bude důvodem následující: Je užitečné reprezentovat x jako mající takovou a takovou strukturu, neboť pak mohou být odvozeny mnohé principy a navíc skutečná struktura, kterou se x vyznačuje, je této podobná, ačkoliv dost možná více složitá.“ *Ibid.*

¹⁷ Srov. *ibid.*, s. 105. „Odlišné reprezentace mohou být použity za různými účely, např. kulečnickový model k odvození zákona ideálního plynu (*the perfect gas law*), (...)“ *Ibid.*

¹⁸ *Ibid.*

¹⁹ *Ibid.* A dále: „To zahrnuje srovnání, při kterém jsou zaznamenány vlastnosti a principy v určitých ohledech podobné. Bohrův model postuluje obíhající elektrony na základě analogie s planetárním systémem.“ *Ibid.*

²⁰ „Kulečnickový model sestává z takových propozic, jako je tvrzení, že jsou plyny složeny z malých pružných kuliček, atd. Analogie je stanovována mezi takto popsányi plyny

K důležitým Achinsteinovým zjištěním patří také to, že rozdíl mezi modelem a teorií není dán funkcí, neboť ta může být i stejná (např. vysvětlení, predikce ad.). Rozdíl je dán tím, jak této funkci modely a teorie (rozdílně) slouží. Vysvětlení založená na teorii jsou podle Achinsteina hlubší, přesto se využívá modelů, protože někdy není teorie k dispozici nebo by byla přímá aplikace teorie příliš složitá.²¹

Později Achinstein doplnil ještě jednu charakteristiku modelů:

5) „Model je navržen v rámci nějaké jednodušší teorie nebo teorií.“²²

Právě rozboru této charakteristiky věnuje velké úsilí Michael Redhead. Achinsteinovo tvrzení o tom, že některé dřívější teorie dnes mají status modelu, doplňuje tvrzením, že existují i opačné případy, kdy byl úspěšný model povýšen na teorii.²³

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. Důležité je opět podotknout, že nejde o správnější pojetí modelu. Spíše dochází k většímu uvolnění oblasti zkoumání filosofie vědy, která chce napříště zkoumat konkrétní vědeckou praxi dané disciplíny (především fyziky). Racionální rekonstrukce vědecké praxe je doplněna reflexí této praxe samotné.

Nicméně Achinsteinův přístup nezůstal bez kazů. Achinsteinovo tvrzení, že některé teorie mohou být v průběhu času odkázány do role pouhých modelů,²⁴ jakkoli odpovídá vědecké praxi, představuje pro jeho pojetí problém. Jak pak jednoznačně odlišit teorii a model, což je Achinsteinův cíl? Problém by mohl být vyřešen poukazem na míru obecnosti (či hloubky), rostoucí směrem od modelu k teoriím, což by bylo i v souladu s Achinstei-

a dokonale pružnými kulečnickovými koulemi.“ *Ibid.*, s. 106.

²¹ Srov. *ibid.*, s. 106–107.

²² REDHEAD, „Models in Physics,“ s. 146.

²³ Srov. *ibid.*, s. 147. „Příkladem [...] může být kvarkový model hadronů (the quark model of the hadrons), který postupně získal současný status kvarkové teorie (the quark theory).“ *Ibid.*

²⁴ „Toto pomáhá vysvětlit, proč určité množiny principů, původně označované jako teorie, mohou být později označeny za modely. Původně byly navrženy s ohledem na to, že odrážejí skutečnou strukturu daných předmětů (např. atomů, kovů), ale nyní jsou rozpoznány jako aproximace, ačkoliv stále užitečné pro určité účely. Takové koncepce mohou být samozřejmě nadále označovány jako teorie, což reflektuje historickou skutečnost, že byly jednou navrženy jako teorie, a jednoduše ne jako modely.“ ACHINSTEIN, „Theoretical Models,“ s. 105.

novým poukazem na větší „hloubku“ teorií.²⁵ Ale má pak smysl zachovávat jasnou dělící čáru mezi modely a teoriemi? Sémantické pojetí teorií si s tímto problémem poradí, neboť pro ně bude teorie množinou modelů. Toto završení nám umožňuje vidět Achinsteina²⁶ jako mezistupeň syntaktického a sémantického pojetí teorií.

Mezi hlavní postavy, které v 70. letech směřovaly zkoumání vědeckých teorií právě tímto směrem, patřil především Frederick Suppe a Patrick Suppes.²⁷ Jak podotýká Newton da Costa a Steven French, Suppe i Suppes odmítali SYT vzhledem k tomu, že v něm docházelo k identifikaci teorie s její jazykovou formulací. Namísto toho teorie pojmají jako mimojazykové entity, které mohou být popsány, ale nikoliv identifikovány s jejich jazykovými formulacemi.²⁸

3. Sémantické pojetí teorií

Tradiční definice SETu stanovuje, že:

Teorie jsou pojímány nikoliv jako axiomatické systémy, ale jako množiny modelů, tj. definicí relativně jednoduchých systémů s větší či menší aplikovatelností na svět. Sémantické pojetí je neutrální v tom ohledu, zda modely, které konstituují teorii, reflektují určitý skrytý mechanismus, který vysvětluje jejich aplikovatelnost.²⁹

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

²⁵ „Vysvětlení a systematizace dosažené skrze teorie je často označováno jako „hlubší“, poskytující větší vhled. To svědčí o přesvědčení, že principy konstituující teorii jsou více správnější, než principy modelů a že berou v úvahu větší množství známých veličin.“ *Ibid.*, s. 106.

²⁶ Ale i další: SPECTOR, „Models and Theories,“ s. 121–142; J. W. SWANSON, „On Models.“ *British Journal for the Philosophy of Science*, roč. 17, 1967, č. 4, s. 297–311; Jack C. CARLOYE, „An Interpretation of Scientific Models Involving Analogies.“ *Philosophy of Science*, roč. 38, 1971, č. 4, s. 562–569.

²⁷ Patrick SUPPES, *Axiomatic Set Theory*. New York: Dover Publications 1972; Frederick SUPPE (ed.), *The Structure of Scientific Theories*. 2nd edition. Urbana: University of Illinois Press 1977.

²⁸ Srov. Newton DA COSTA – Steven FRENCH, „Models, Theories, and Structures: Thirty Years on.“ *Philosophy of Science*, roč. 67, 2000, Supplement. Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. Part II: Symposia Papers, s. S118.

²⁹ ROSENBERG, *Philosophy of Science*, s. 200.

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, čili pokud zkoumáme model, pak zkoumáme stupeň jeho aplikovatelnosti pro vědecké účely, čili pro vysvětlení a predikci.³⁰

Vhodný příklad si můžeme vypůjčit z oblasti klasické mechaniky. Tato teorie je podle Rosenberga vyjádřitelná pomocí alternativních modelů. Tak můžeme tzv. Newtonovy zákony (tři pohybové a jeden gravitační) učinit součástí definice Newtonova modelu. Tento model se osvědčuje například při 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 Galileia a Keplera k Newtonovi a Einsteinovi je záležitostí posloupnosti modelů. Přičemž každý z modelů v této posloupnosti je vždy aplikovatelný na širší oblast jevů a/nebo je více přesný v predikci chování těchto jevů.³¹

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. Ačkoliv jsou tyto definice vyjádřeny v konkrétním jazyce, jsou abstraktními propozicemi, které jsou vyjádřitelné v jakémkoliv jazyce.³²

Jednou z hlavních výhod SETu je podle Rosenberga možnost zdůraznit roli modelů ve vědě způsobem, který je neslučitelný se SYTem. Axiomatické pojetí se totiž nemůže smířit s tím, že by modely měly být chápány jako ve většině případů nepravdivé, ale přitom užitečné idealizace. To by totiž implikovalo, že některé z axiomů musí být nepravdivé. Další výhoda se ukáže ve chvíli, kdy si uvědomíme, že často nastávají situace, kdy vědci ještě nemají k dispozici vhodnou axiomatizaci, aby mohli formulovat vědecké zákony, a jsou si vědomi, že by unáhlená axiomatizace mohla zabrzdit rozvoj ná-

³⁰ Srov. *ibid.*, s. 99.

³¹ *Ibid.*, s. 98–99.

³² „Jedná se o (abstraktní) propozice vyjádřitelné v jakémkoliv jazyce v tom smyslu, že svět nebo nějaká jeho část vyhovuje do určité míry jednomu nebo více modelům. Modely jsou vyjádřeny bez rozdílu v jakémkoliv jazyce k tomu vhodném.“ *Ibid.*, s. 100.

padů, které ještě nejsou úplně zformulovány.³³ Jako příklad uvádí Rosenberg evoluční teorii v biologii.

Domnívám se, že dvě zmíněné výhody SETu jsou oproštěny od metafyzických preferencí. Lze spolu s Rosenbergem souhlasit, že sémantické pojetí teorií více podléhá instrumentalistické filosofii vědy než syntaktické pojetí,³⁴ nicméně ani SET ani SYT nejsou primárně vázány na nějakou metafyzickou doktrínu. Domnívám se, že SYT může být (a v rámci analytické filosofie vědy také byl) rozvíjen bez toho, že by jeho zastávce vyznával realismus ve vztahu k fyzikálním zákonům.

4. Kritika SETu

Před tím, než se zaměříme na MOT Ronalda Giera, je vhodné připomenout některé kritiky, které se soustřeďují na SET. Alex Rosenberg uvádí následující tři: (1) Realista pokládá za potřebné vysvětlit úspěch a rostoucí přesnost používaných modelů.³⁵ (2) Ani SET se nakonec nezbaví pojmu pravdy. (3) SET stejně jako SYT trpí problémem vymezení teoretických termínů. Tyto argumenty zde pouze stručně rozvedeme, později uvidíme, jak se s nimi vypořádává Giere a v poslední části je budu opět reflektovat při tvorbě vlastní varianty MOTu.

K prvnímu bodu Rosenberg dodává, ve shodě se SYTem, že tímto vysvětlením je vědecký zákon, který vyjadřuje kauzální souvislosti v poznávaných procesech. Ačkoliv bychom se mohli v některých disciplínách obejít bez znalosti takovýchto zákonů a spolehnout se na úspěšnost modelů,³⁶ ve většině disciplín to není možné. Realisté se nenechají přesvědčit, aby bagatelizovali zákony, které jim slouží k vysvětlení úspěšnosti modelů ve fyzice a chemii.³⁷

Druhý bod je pro Rosenberga nejdůležitější. Pro SET je podstatné, aby množina modelů, které společně sdílí určité znaky, vyhovovala určitému reálnému systému. Teorie je tvořena množinou definic, které konstituují modely, a závazkem, aby existovaly objekty, v nichž se tyto definice realizují, které těmto definicím vyhovují, a to do té míry, že nám umožňují predikovat

³³ Srov. *ibid.*, s. 100–101.

³⁴ Srov. *ibid.*, s. 102.

³⁵ Podotýkám, že Rosenbergova pozice je zatížena vztahováním SYTu k vědeckému realismu a SETu k vědeckému instrumentalismu, což se v této výtce projevuje, viz *ibid.*, s. 108.

³⁶ V této souvislosti má na mysli především evoluční biologii, viz *ibid.*, s. 102.

³⁷ Srov. *ibid.*, s. 102.

s určitou přesností jejich chování.³⁸ Aplikovat model na reálný proces tak podle Rosenberga *ipso facto* znamená uznat pravdivost tohoto závazku.

A tak je nakonec sémantické pojetí stejně jako pojetí axiomatické spjato s pravdivostí určitých obecných požadavků, které samy volají po vysvětlení.³⁹

Tak má SET podle Rosenberga stejně jako SYT povinnost vysvětlit, proč jsou teorie pravdivé nebo aproximativně pravdivé nebo alespoň postupně se blížíci pravdě.⁴⁰

Třetí námitka také směřuje k tradičnímu problému filosofie vědy, kterým jsou teoretické termíny. Jak Rosenberg správně připomíná, obtíž spočívá v tom, že jsou tyto termíny nutné, ale zároveň nepoznatelné. Nepoznatelné ve smyslu nepozorovatelnosti (což je základní empirické kritérium) a nutné, neboť by bez nich teorie nebyla schopna vysvětlovat.⁴¹ Pro modely ale platí podle Rosenberga stejná obtíž, protože mnohé vědecké modely jsou definicemi nepozorovatelných teoretických systémů, takových jako Bohrov model atomu. Proto se setkává sémantické pojetí teorií se stejným problémem smíření empirismu s nenahraditelností teoretických termínů.⁴²

5. MOT Ronalda Giera

Obecně vzato by bylo možné chápat MOT jako jedno z označení SETu. Nahrává tomu i sám Giere, který na mnoha místech používá tato označení synonymně. Giere uvádí, že je toto pojetí někdy označováno jako „sémantické pojetí teorií“ (*semantic*) za účelem kontrastu s tradičním „syntaktickým“ pojetím. Je ale také nazýváno jako „ne-výrokové“ (*non-statement*), „predikátové“ (*predicate*) nebo „modelově-založené“ (*model-based*).⁴³ Giere nahlíží historii MOTu jako velmi rozsáhlou a odvolává se kromě Patricka Suppeho, Fredericka Suppeho a Base van Fraassena i na takové osobnosti, jako byl John von Neumann.⁴⁴

Proto se domnívám, že je vhodné uvést dvě specifika Gierova MOTu oproti SETu, tak jak byl vymezen na předcházejících stránkách: (1) Vztah k pojmu pravdy. (2) Vymezení obsahu teorie.

³⁸ Srov. *ibid.*

³⁹ *Ibid.*, s. 107.

⁴⁰ Srov. *ibid.*, s. 102.

⁴¹ Srov. *ibid.*, s. 84.

⁴² Srov. *ibid.*, s. 102.

⁴³ Ronald N. GIERE, *Science without Laws*. Chicago: University of Chicago Press 1999, s. 98.

⁴⁴ *Ibid.*, s. 251, pozn. 1.

Giere zkoumá, do jaké míry jsou zohledňovány jednotlivé oblasti jazyka vědy: syntax, sémantika a pragmatika. Zatímco syntax je tradičně považována za důležitou, nejvíce pozornosti se dostává sémantice, která se vztahuje k základním problémům reference a pravdy. Většina debat, které se týkají vědeckého realismu, je vedena v termínech reference k teoretickým termínům a pravdivosti teoretických hypotéz. Pragmatika byla až doposud jen velmi málo a už vůbec ne systematicky zkoumaná.⁴⁵ Právě pragmatika se tak stává pro Giera hlavní oblastí zájmu.

Giere svůj rozchod s tradičním SETem vyjadřuje ve vztahu k problému pravdivosti hypotéz. Podle jeho pojetí neexistuje reprezentační vztah přímo mezi větami a světem, ale mezi modely a světem. V tomto vztahu mezi modelem a světem není činný pojem pravdy, ale podobnosti (*similarity*) nebo „vhodnosti“ (*fit*). Samozřejmě je možné formulovat hypotézu, že model „pasuje“ na svět, a na základě toho se ptát, zda je hypotéza pravdivá, ale takové použití pojmu pravdy je podle Giera možné chápat čistě sémanticky, redundantním způsobem.⁴⁶

Říci, že je pravda, že je model vhodný, je pouze metajazykový způsob, jak říci, že je model vhodný. První věta nepřidává žádný obsah, který by již nebyl obsažen ve větě následující.⁴⁷

Domnívám se, že je to právě tato volba nezkoumat otázku pravdivosti, ale pouze míru podobnosti, která odvádí Giera od SETu, či spíše představuje řešení problému SETu, na který poukazuje Rosenberg. Problému vágnosti takového pojmu podobnosti se ještě budeme věnovat později.

Druhým specifickým je Gierovo vymezení teorie. Dále uvidíme, že je do značné míry motivováno právě snahou o eliminaci problému pravdy a objasnění významu podobnosti. Giere se na rozdíl od tradičního SETu domnívá, že teorie je spojením množiny modelů (ty samy, jak uvidíme, jsou ještě vybudovány prostřednictvím principů) a množiny hypotéz, které vztahují tyto modely k reálným procesům.⁴⁸ Tento znak Gierova MOTu je pro mé další zkoumání nejdůležitější. V následujících podkapitolách si všimneme podrobnější struktury gierovské teorie.

⁴⁵ Srov. Ronald N. GIÉRE, „How Models Are Used to Represent Reality.“ *Philosophy of Science*, roč. 71, 2004, č. 5, s. 742.

⁴⁶ Srov. GIÉRE, *Science without Laws*, s. 73.

⁴⁷ *Ibid.*

⁴⁸ „Za účelem vyvinout naturalistickou teorii vědy navrhuji, abychom rozuměli slovu ‚teorie‘ jako takovému, které zahrnuje dvojí: cluster modelů a širokou škálu hypotéz používajících tyto modely.“ *Ibid.*, s. 167–168.

6. Věda bez zákonů

Gierovou snahou je prokázat, že pojem vědeckého zákona není užitečný pro porozumění praxi soudobé vědy jako lidské aktivity. Pokud někdo prohlašuje, že vědci hledají přírodní zákony, pak nepopisuje vědeckou praxi, ale už tuto praxi určitým způsobem interpretuje.⁴⁹ Na základě této interpretace byly pravidelnost i nutnost, se kterou se vědec při studiu přírody setkává, vloženy jako poukazy k existujícím přírodním zákonům, které pravidelnost i nutnost zaštiťují. Nicméně podle Giera „pravidelnosti a nutnosti v přírodě existují, ale přírodní zákony nikoliv.“⁵⁰ Giere vymezuje tradiční pojetí zákona ve shodě s běžným použitím tohoto výrazu.⁵¹

Giere v návaznosti na autory, jako je Nancy Cartwrightová, poukazuje na to, že zákony přírody nejsou přísně vzato pravdivé. Platí totiž přesně pouze pro silně idealizované případy – klasický případ je Newtonův gravitační zákon pro dva hmotné body ve vakuu bez vlivu jakýchkoliv jiných hmotných objektů.⁵²

A nic na tom nezmění ani odvolání se na fundamentálnější zákony⁵³ ani požadavek vyjádřit zákony jako tvrzení obsahující *implicitní podmínku (proviso)*.⁵⁴ V prvním případě lze předpokládat a u existujících fundamentálnějších zákonů i doložit, (1) že jakýkoliv zákon je vždy konfrontovatelný s oblastí, kde přestává platit, (2) že mohou existovat oblasti méně fundamentální teorie, v nichž odkaz na fundamentálnější teorii nemusí vést k vysvětlení.

Ohledně *provisa*⁵⁵ Giere vznáší námitku, že je nemožné vyplnit *podmínku* tak, aby bylo vyplývající tvrzení pravdivé bez toho, abychom to

⁴⁹ Srov. *ibid.*, s. 84–85).

⁵⁰ *Ibid.*, s. 86.

⁵¹ „Zákony přírody (*laws of nature*), [...] jsou univerzálně platná, pravdivá tvrzení. Mnozí dodají, že pravdy vyjádřené v zákonech nejsou pouze kontingentní, ale [...] stejně tak i nutné. Konečně zákony jsou typicky považovány za objektivní v tom smyslu, že jejich existence je nezávislá na tom, zda jsou známy, nebo dokonce myšleny lidským aktérem.“ *Ibid.*, s. 86.

⁵² „Jedinou možností, aby byly Newtonovy zákony přesně ilustrovány dvojicí těles je, buď aby se tato tělesa nacházela ve vesmíru osamocená, bez ostatních těles [...], nebo aby se nacházela v dokonale uniformním gravitačním poli.“ GIERE, *Science without Laws*, s. 90.

⁵³ Giere poukazuje na Cartwrightovou, která úspěšně našla podobné příklady v kvantové fyzice. Srov. *ibid.*, s. 250, pozn. 13.

⁵⁴ Carl Gustav HEMPEL, „Provisos: A Problem Concerning the Inferential Function of Scientific Theories.“ In: GRÜNBAUM, A. – SALMON, W. (eds.), *The Limitations of Deductivism*. Berkeley: University of California Press 1988, s. 37–46; viz také GIERE, *Science without Laws*, s. 269.

⁵⁵ „Hemplovo pojetí je, že smysluplná vyjádření zákonů přírody v podobě ‚Pro všechna tělesa, ..., atd.‘ mají být interpretována ve skutečnosti v podobě ‚Pro všechna tělesa, ..., atd., pod

zaplatili jeho vyprázdněností. Evidentním se ukáže tento problém v případech, kdy by měla *podmínka* vyjadřovat pojmy, které v době první formulace daného zákona ještě nebyly známy.⁵⁶ Giere se domnívá, že namísto toho, abychom nevyhnutelně neurčitosti (*unavoidable indefiniteness*) kladli jako *implicitní podmínky* do zákonů, je lépe je spojovat s praxí vědy.⁵⁷

Dostáváme se k místu, v němž vyniká osobitost Gierova pojetí vědecké teorie, která jej povyšuje nad tradiční výklad SETu. Giere si je totiž vědom toho, že pokud prohlásíme teorii za množinu modelů (například matematických rovnic), zbavíme se sice problematického pojmu zákona, ale nezbavíme se potřeby vyjádřit, proč právě tyto modely slouží dobře k reprezentaci reálného systému. Přičemž Giere dokonce tvrdí, že zachycují něco základního, co se týká struktury světa. Problémem ovšem je zachytit tyto aspekty bez toho, abychom opět upadli zpět do používání jazyka univerzálních zákonů.⁵⁸ Proto se Giere rozhoduje pro odlišení principů a zákonů:

Principy mají být chápány jako pravidla vynalezená lidmi tak, aby se dala použít k vybudování modelů, které reprezentují určité aspekty přirozeného světa. Takto jsou Newtonovy mechanické principy chápány jako pravidla pro konstrukci modelů, které reprezentují mechanické systémy, od komet po kyvadla. Poskytují perspektivu, s níž lze porozumět mechanickým pohybům.⁵⁹

Principy jsou takto míněny jako nástroje, které vědec používá ke konstrukci modelů (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 můžeme jeho pojetí chápat jako příklad *halfway house* mezi instrumentalismem a realismem, jak o něm hovoří Rosenberg.⁶⁰ To také Giere potvrzuje, když podotýká, že „úspěšná reprezentace“ (*successful representation*) neimplikuje precizní shodu, ale maximálně shodu v mezích toho, co může být detekováno s použitím existujících experimentálních technik.⁶¹

Giere v sobě ovšem nezapře realistu, neboť se domnívá, že i když se zbavíme univerzálních přírodních zákonů, stále můžeme hovořit o kauzální

podmínkou (*proviso*), že ...“ *Ibid.*, s. 91.

⁵⁶ „Beru to jako prima facie princip interpretování lidské praxe, že nepřipisujeme jejím účastníkům tvrzení, která nemohli formulovat, natož jim věřit.“ *Ibid.*, s. 91.

⁵⁷ Srov. *ibid.*

⁵⁸ Srov. *ibid.*, s. 94.

⁵⁹ *Ibid.*

⁶⁰ Srov. ROSENBERG, *Philosophy of Science*, s. 96.

⁶¹ Srov. GIERE, *Science without Laws*, s. 95.

nutnosti.⁶² Uznává, že existují četné námitky proti takové pozici, ale přesto se mu zdá, že tato metafyzická pozice, kterou si vybral, je lepší.⁶³ Tato linie metafyzických úvah pro nás ale postrádá na důležitosti.

7. Vztah modelu a teorie v MOTu

Kromě toho, že Giere zviditelňuje 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:

doporučuji, abychom rozuměli slovu „teorie“ tak, že zahrnuje dvojí: cluster modelů a širší rámec hypotéz, které tyto modely používají.⁶⁴

Pokud shrneme základní poznatky, které máme, můžeme prohlásit, že principy fungují jako pravidla, na základě nichž vytváříme modely (tyto modely přesněji popíšeme dále). Nyní uvažme jako příklad abstraktní idealizovaný systém harmonického oscilátoru, který je charakterizovaný matematickou rovnicí.⁶⁵ Giere uvádí, že tvrzení o reálném systému mají následující podobu: skutečný systém je podobný modelu.⁶⁶ Například kyvadlo s malou amplitudou je podobné harmonickému oscilátoru. A takováto tvrzení pokládá Giere za teoretické hypotézy:

V každé teoretické hypotéze je implicitně obsažena specifikace v jakém ohledu a do jaké míry je podobnost prohlášena za platnou.⁶⁷

Giere tak vyjadřuje své pojetí teorií, v němž vědci generují modely prostřednictvím užití principů v kombinaci se specifickými podmínkami.

⁶² Srov. *ibid.*

⁶³ „Čili otázkou je, zda může experimentování označit jako neplatné reálné možnosti systému, nebo může pouze produkovat aktuální pravidelnosti v posloupnostech pokusů. Ať už budeme favorizovat kteroukoliv interpretaci, nikdo nemůže tvrdit, že druhá interpretace je nějak méně metafyzická než první. Myslím si, že modálně-realistická interpretace poskytuje mnohem lepší porozumění praxi vědy.“ *Ibid.*, s. 96.

⁶⁴ *Ibid.*, s. 168.

⁶⁵ Tuto jednoduchou rovnici můžeme vyjádřit například takto: $F = -kx$; přičemž F je výsledná síla, která pohybuje oscilátorem, x je okamžitá výchylka oscilátoru a k parametr (například tuhost pružiny).

⁶⁶ Srov. GIERE, *Science without Laws*, s. 167.

⁶⁷ Giere si uvědomuje, že zde opět vyvstává otázka pravdivosti nebo nepravdivosti teoretické hypotézy, nicméně: „Nárok na pravdivost je zde redundantní, slouží pouze k usnadnění sémantického potvrzení.“ *Ibid.*

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 napříč dříve popsányi třídami zkoumaných objektů.⁶⁸

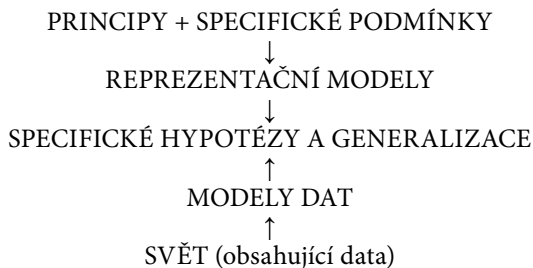
8. Model jako reprezentace skutečnosti

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

V používá X k reprezentování S za účelem U,

kde V představuje vědce nebo skupinu vědců a S je určitý aspekt světa.⁶⁹ X přestavuje model, který vědec volí z široké palety možností.⁷⁰

Souhrnně vyjadřuje Giere MOT následujícím schématem:⁷¹



Ke schématu Giere dodává komentář:

Pokus o aplikaci modelů na svět generuje hypotézy o vhodnosti použití určitých modelů na dílčí části světa. Úsudky o vhodnosti jsou zprostředkovány modely dat, které jsou vytvářeny při aplikaci technik analýzy dat na daná pozorování.⁷²

⁶⁸ Srov. *ibid.*, s. 744.

⁶⁹ Srov. *ibid.*, s. 743.

⁷⁰ „Když se soustředíme na vědeckou praxi, rychle zjistíme, že X může představovat mnoho věcí, samozřejmě nevyjímaje slova a rovnice, ale také např. diagramy, grafy, fotografie a čím dál tím častěji také počítačově generované obrazy.“ Ronald N. GIERE, *Scientific Perspectivism*. Chicago: University of Chicago Press 2006, s. 60.

⁷¹ Srov. *ibid.*, s. 61.

⁷² *Ibid.*, s. 60–61.

Nyní si všimneme postupně jednotlivých složek MOTu.

8.1 Principy a specifické podmínky

Jednoduché schéma může navozovat unáhlené přesvědčení, že obdobně jednoduchá je i celá dynamika MOTu. Jednotlivé šipky ve skutečnosti představují pohyb, který sám potřebuje další specifikaci. Jakkoliv časté jsou principy pro celou řadu oblastí fyziky,⁷³ Giere si je vědom, že ne ve všech případech lze takovýto MOT uplatnit.

Výše jsme již charakterizovali principy jako pravidla používaná k tvorbě modelů, nyní se pokusíme rozebrat dynamiku přechodu od principu k modelu podrobněji. Princip je (1) chápán jako „vysoce abstraktní objekt, který z definice ukazuje jen a pouze charakteristiky specifikované v principech.“⁷⁴ Toto vyjádření se může zdát být kruhové, ale Giere tím vyjadřuje, že jazykové formulace principů referují právě k těmto abstraktním objektům. Tyto abstraktní objekty Giere chápe jako konstrukce vytvořené člověkem, přičemž schopnost vytvářet takové konstrukce je dána nástroji jazyka a matematiky. Také proto Giere ve své současné verzi MOTu někdy označuje principy jako obecné nebo abstraktní modely (*general models*).⁷⁵ Giere ovšem varuje před zaměňováním abstraktních a jazykových entit. Abstraktní modely nejsou definitivně identifikovány s jazykovými entitami, jako jsou slova nebo rovnice. Každý jednotlivý abstraktní model může být charakterizován mnoha odlišnými způsoby. Abstraktní modely také nemohou být zamýšleny jako pouze formální, vždy jsou vytvořeny jako už nějak interpretované.⁷⁶

Princip jakožto abstraktní model je pak činný jako obecný vzor pro konstrukci (2) více specifických modelů, které jsou také abstraktními objekty, a to tak, „že se k principům přidají ‚specifické podmínky‘. Výsledkem je určitější, ale stále abstraktní objekt.“⁷⁷ Principy doplněné o specifické podmínky ovšem samy ještě nestačí k vyjádření vztahu k empirii. Proto potřebujeme (3) maximálně specifický (ale stále abstraktní) model, „ve kterém je každý relevantní aspekt modelu identifikován s určitým aspektem systému v reálném světě.“⁷⁸ Giere k této cestě (od (1) k (3)) od principů k modelům

⁷³ *Ibid.*, s. 60–61.

⁷⁴ Newtonovy principy mechaniky, Maxwellovy principy elektromagnetismu, termodynamické principy, principy teorií relativity a principy kvantové mechaniky. Viz *ibid.*, s. 61. Giere je však ochoten vidět principy i v jiných disciplínách (evoluční biologie, ekonomie). Viz *ibid.*

⁷⁵ *Ibid.*

⁷⁶ Srov. *ibid.*, s. 62.

⁷⁷ Srov. *ibid.*, s. 128, pozn. 6.

⁷⁸ *Ibid.*, s. 62.

dodává, že zahrnují dvojí činnost intencionálního aktéra: (a) interpretaci některých termínů vyjádřením jejich vztahu k jiným termínům a (b) identifikaci specifických věcí ve světě s částmi modelu.⁷⁹

8.2 Reprezenční modely a podobnost jako kritérium tvorby hypotéz

Reprezenční modely Giere popisuje jako pružné specifikace abstraktních modelů, které jsou vytvořeny na základě principů. Přitom tyto specifikace nemohou být rozhodně chápány jako produkt dedukce z principů (jak by mohla sugerovat šipka ve schématu). Reprezenční modely jsou speciální tím, že jsou vytvořeny tak, aby mohly být jejich jednotlivé části identifikovány nebo usouvztažněny se znaky reálného světa. To je právě to, co umožňuje používat modely k reprezentaci aspektů světa.⁸⁰ Čili abstraktní modely definované pomocí principů není možné přímo vztáhnout k reprezentaci světa.

Jestliže je možné použít reprezenční modely k reprezentaci světa, pak musí mezi těmito modely a určitými aspekty světa existovat nějaký specifický vztah. Tradičně používaný vztah izomorfismu se nezdá Gierovi vhodný, protože je to příliš silný vztah.⁸¹ Jedna z možných cest je využít možné podobnosti (*similarity*) mezi modelem a aspektem světa, který jím má být reprezentován. Přičemž Giere vzápětí dodává, že netvrdí, že model sám o sobě reprezentuje aspekt světa, protože je tomuto aspektu podobný – takto jednoduchý reprezenční vztah podle Giera neexistuje.⁸² Giere se tím snaží vyrovnat se Suarézovou kritikou. Reprezentování sjednává vědec tím, že použije reprezenční model, reprezentování není dáno modelem samotným.

Jedním způsobem, jak toho vědec dosáhne, je to, že vybere určité rysy modelu, které jsou pak prohlášeny za v určitém ohledu podobné rysům označeného reálného systému. Je to právě možnost specifikovat takové podobnosti, která činí možným používat tímto způsobem model k reprezentování reálných systémů.⁸³

K použití modelu je potřeba naplnit dvojí (1) vybrat vhodné znaky podobnosti, (2) mít rozumnou představu o tom, jak velká shoda může být

⁷⁹ *Ibid.*

⁸⁰ Srov. *ibid.*

⁸¹ Srov. *ibid.*, s. 63.

⁸² Srov. GIERE, *Science without Laws*, s. 92.

⁸³ Srov. GIERE, *Scientific Perspectivism*, s. 63.

očekávána. Gierův oblíbený příklad, který dokládá, že k vyjádření reprezentování reality modelem nepotřebujeme specifikovat obecnou míru podobnosti (*general measure of similarity*) mezi modely a reálným systémem,⁸⁴ je Watsonův a Crickův objev struktury DNA.⁸⁵ To, zda je model dostatečně podobný danému aspektu reality, závisí na kontextu, na míře přesnosti, kterou vyžadujeme při daném vědeckém popisu.

Vzhledem k tomu, jak už jsme výše zjistili, že model je mnohem spíše charakterizovatelný jako predikát než jako tvrzení, tvrdit o modelu, že je pravdivý, je nesmyslné. Protože říci, že je model „pravdivý“ ve vztahu k určitému reálnému systému ve světě, není ničím více než prohlásit, že je „vhodný“ nebo „aplikovatelný“ na tento systém. Obracení se na vztah podobnosti je podle Giera výhodné především proto, že úplná přesnost je ve vědě nedosažitelná. Toto poznání je přítomno především tam, kde se používá kvantitativních modelů, ale uplatňuje se i při kvalitativním modelování. A tak diskuse o podobnosti činí zjevným, že nelze očekávat mezi modely a světem bezvadnou souhru (*perfect fit*).⁸⁶

Pro Giera je zjištění, že nemohou existovat přesné modely, velmi důležité, jakkoliv se zdá být triviálním. Každý model dokáže reprezentovat pouze určité části reality, a tak se vždy může stát, že se ukáže jako nevhodný, když se projeví kauzální vliv těchto nepopsaných částí na části reprezentované. Toto zjištění Giera ještě stupňuje, neboť dokonce i v tom případě, že bychom disponovali bezvadným modelem, experimentálně bychom to nezjistili, protože každý experiment je zatížen svou vlastní mírou chyby.⁸⁷

Peter Smith má ke Gierově přístupu dvě výhrady.⁸⁸ (1) Tam, kde Giere mluví o podobnosti, by bylo vhodnější hovořit o aproximativní pravdě (*approximate truth*). (2) Gierovo pojetí podobnosti je příliš vágní. Za hlavní rozdíl mezi těmito přístupy pokládá Smith to, že Giere má příliš velké ambice, ačkoliv používá velmi jednoduché příklady klasických dynamických teorií. Smithovi se zdá, že se Giere snaží o obecný popis obsahu teoretických hypotéz. Smith ale pochybuje o tom, že je možné vytvořit něco tak obecného. Cenou, kterou musí Giere za takovou obecnost zaplatit, je spoléhání na nejasný pojem podobnosti. Navíc podezírá Giera z toho, že

⁸⁴ *Ibid.*, s. 64.

⁸⁵ Srov. *ibid.*

⁸⁶ Srov. GIERE, „How Models Are Used to Represent Reality,“ s. 748–751.

⁸⁷ Srov. GIERE, *Scientific Perspectivism*, s. 65.

⁸⁸ Srov. *ibid.*, s. 67.

o tomto problému, který si vytváří, raději nemluví.⁸⁹ Vzhledem k tomu, že tato kritika zazněla už před více než deseti lety, je potřeba podotknout, že Giere za uplynulou dobu své pojetí podobnosti, jak jsme viděli výše, vylepšil. Nicméně základní Smithem vyjádřená výhrada zůstává platná.

8.3 Modely dat

Popis Gierova MOTu je třeba doplnit o jeho současné rozšíření, které směřuje k problému modelů dat. Běžně se totiž reprezentativní modely nesrovnávají přímo s daty, ale s modely dat, přičemž důvodem je nutnost statistického zpracování naměřených hodnot. Používání modelů dat s sebou nese předpoklad, že rozdíl mezi reálnými hodnotami a naměřenými hodnotami podléhá normálnímu rozdělení. Otázkou je, zda je pozorovaný rozdíl dostatečně malý na to, abychom mohli říct, že změřená hodnota souhlasí s očekávanou hodnotou, a tudíž, jestli je model skutečně vhodný pro reálný systém. Giere uzavírá, že:

experimentální testování vhodnosti modelu pro nějaký reálný systém je záležitostí srovnávání aspektů modelu s modelem dat, nikoliv přímo s daty samotnými. Je to srovnání modelu a modelu nikoliv přímé srovnání modelu a světa.⁹⁰

Todd Harris⁹¹ si všímá problému manipulování daty za účelem získání modelu dat a konstatuje, že teoretické principy mají vliv na tvorbu modelů dat. Harris tvrdí, že konstrukce modelů dat zahrnuje interpretaci dat. Domnívá se, že v mnoha případech je to, co bylo tradičně bráno jako čistá data, kontaminováno teoretickými principy. Přinejmenším se jedná o konstrukt, který je sice ukotven v přírodě, ale je také produktem celé řady rozhodnutí, která vědci činí.⁹² Takový závěr je těžko sluchitelný minimálně s Gierovým realismem. Úvahy tohoto druhu samozřejmě směřují k problému poddeterminovanosti (*underdetermination*).

Domnívám se, že: (1) Je třeba upřesnit, co znamená přítomnost teoretických principů v modelu dat. Něco jiného je přítomnost principů ve smyslu hledání určitého vzoru, to nastává při porovnávání modelu dat s reprezen-

⁸⁹ Peter SMITH, „Approximate Truth and Dynamical Theories.“ *British Journal for the Philosophy of Science*, roč. 49, 1998, č. 2, s. 253–277.

⁹⁰ Srov. *ibid.*, s. 273.

⁹¹ GIERE, *Scientific Perspectivism*, s. 68.

⁹² Todd HARRIS, „Data Models and the Acquisition and Manipulation of Data.“ *Philosophy of Science*, roč. 70, 2003, č. 5, Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. Part I: Contributed Papers, s. 1508–1517.

tačným modelem, a něco jiného jsou zájmy a rozhodnutí vědců zkoumat problém určitým způsobem. (2) Pokud by byly principy přítomny i v modelu dat, pak je otázkou, jak odlišit model dat a reprezentační model. Bylo by to možné asi pouze co do stupně, což ovšem opět neřeší problém empirické báze.

Vzhledem k výše uvedenému se domnívám, že Harrisův přístup není vhodný. Je potřeba oprostit model dat od vlivu teoretických principů a ponechat jej pouze v rovině statistického zpracování dat (eliminace chyb, aproximace křivek ad.) a ve shodě s Gierem vidět vliv principů až v dalším kroku, když dochází ke srovnání modelu dat a reprezentačního modelu. Jak už jsem ale uvedl, toto řešení nijak nepřispívá k řešení problému poddeterminovanosti. S danou sadou modelů dat může být ve shodě větší počet reprezentačních modelů.

9. Model jako nosič principů

V této závěrečné části představím své vlastní pojetí MOTu. Soustředím se přitom především na Gierem příliš nereflektované spojení principů a modelů. Jedná se o pouhý nástin přístup v rámci MOTu, který je potřeba dále zkoumat. Jde o přístup, který zahrnuje určité evoluční hledisko, proto je potřeba jej odlišit od evolučního přístupu Giera, který je přítomen v jeho výzkumu kognitivních modelů.⁹³ Giere zde buduje kognitivně-vědný přístup k epistemologii a filosofii vědy. Operuje zde s myšlenkou distribuovaného kognitivního systému (*distributed cognitive system*). Ukazuje, jak je distribuovaný kognitivní systém schopen poznávat (s pomocí různých externích reprezentací – modelů). Přičemž:

Nejambicióznější požadavek učiněný ve prospěch distribuované kognice je ten, že samotný jazyk je propracovaná externí konstrukce podporující nejen komunikaci, ale stejně tak i myšlení.⁹⁴

Stále složitější distribuované kognitivní systémy jsou schopny dosahovat stále komplexnějších poznatků. Tento přístup se pokouší Giere aplikovat i na vědecké poznání, soudě však podle stupně rozpracování samotného distribuovaného kognitivního systému se domnívám, že k aplikaci na samotné vědecké poznání bude třeba ještě urazit velký kus cesty.

⁹³ Srov. *ibid.*, s. 1515.

⁹⁴ Viz GIERE, *Scientific Perspectivism*, s. 96–116.

Můj vlastní přístup neaspiruje na takto důsledné naturalizování epistemologie. Vytyčil jsem si jako úkol další vyjasnění vztahu mezi principy a (reprezentativními) modely s tím, že tento vztah může zakládat dynamiku teorie, respektive posloupnosti teorií. Domnívám se, že toto pojetí lze podpořit několika příklady z historie fyziky.

Před samotným rozbořením vztahu principu a modelu je vhodné vyjádřit se ke třem zásadním námitkám Alexe Rosenberga vůči SETu (respektive MOTu). (1) Potřeba vysvětlit úspěšnost modelů, (2) Závislost na pojmu pravdy, (3) Nevyřešení problému s teoretickými termíny. V prvním případě se domnívám, že tradiční vysvětlení úspěšnosti odkazem na vědecký zákon je problematické (ve shodě s Gierem), domnívám se, že můj evoluční přístup může zjednat částečně jasno. V druhém případě se musím před Rosenbergovou kritikou sklonit, problematiku pravdy přenechávám jiným výzkumům v oblasti MOTu. Třetí problém je pro mě problémem pouze zdánlivým – pro každý teoretický termín disponujeme prostředky, jak jej empiricky vykázat.⁹⁵

9.1 Vztah principů a modelů

Pro Giera jsou principy především pravidly, která slouží ke konstrukci reprezentativních modelů. S tím nelze než souhlasit, je ovšem potřeba doplnit, jakým způsobem jsou principy a modely spojeny.

Formuluji soustavu následujících tezí: (1) Při tvorbě modelů se nejedná o prosté zrcadlení nebo přenášení struktury principů do modelů. Modely jsou nosiče principů. Princip je předpis, na základě jehož vyplnění vzniká model, který s principem nesdílí přísnou strukturní podobnost. Mnohem spíše se jedná o tvůrčí implementaci principů do modelu, která se vyznačuje velkou mírou variability a redundance.

Tento přístup tedy ještě více zdůrazňuje význam modelu. Neboť nejde jen o to, že model slouží k aplikaci na reálný systém tam, kde není možné příliš abstraktní principy přímo použít k popisu systému. Jde také o druhou stránku problému: (2) Nejen že 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 vědci 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 střetávání

⁹⁵ *Ibid.*, s. 115.

mezi alternativními modely docházet k neshodám, zda daný model splňuje principy, nebo naopak zda nevytváří závazek, který z původních principů nevyplýval. Nyní můžeme formulovat i následující tezi, že: (4) Množina principů může být v některých případech získána v definitivní podobě až tehdy, jsou-li k dispozici funkční modely.

Souhrnně tedy máme sadu tezí: (1) Základními prvky teorie jsou modely, které slouží jako nosiče principů – 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 až poté, co existuje odpovídající množina modelů.

Tyto čtyři teze představují základní bázi mé verze MOTu. Jsem si vědom jejich provizornosti, ale jsem přesvědčen o opodstatněnosti 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 vědeckých výzkumných programů.

9.2 Dynamika teorie a změna teorie

Jak už jsem zmínil výše, dokonce i Rosenberg podotýká, že pokrok klasické mechaniky je ve skutečnosti záležitostí posloupnosti modelů, z nichž každý je aplikovatelný na širší rámec jevů a/nebo je přesnější v předpovědích chování těchto jevů.⁹⁶

Tomuto základnímu postřehu o vývoji ve vědě jako střídání různých modelů, které jsou základními jednotkami teorie, lze poskytnout pevnější základ prostřednictvím mého usouvztažení principů a modelů. 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 principů prostřednictvím modelů a k aplikaci těchto modelů k popisu reálných systémů. Tento proces probíhá paralelně a nekoordinovaně, jeho výsledkem je cluster⁹⁷ modelů, které sice respektují řídicí principy, ale stále více se do popředí dostávají nové aspekty modelů a závazky z nich plynoucí. Teorie je tím pevnější,

⁹⁶ Srov. ROSENBERG, *Philosophy of Science*, s. 99.

⁹⁷ Nabízím prozatím pouze neformální definici clusteru inspirovanou Edelmanem a Tononim. Viz Gerald M. EDELMAN – Giulio TONONI, *A Universe of Consciousness*. New York: Basic Books 2000, s. 120–123. Cluster je podmnožina prvků, které vykazují silnou interaktivitu mezi sebou navzájem a velmi slabou interaktivitu se zbytkem systému.

čím komplexnější cluster vzniká. Obecně není příliš úspěšná teorie, která staví na malém počtu typizovaných modelů. Škála modelů by měla být co nejrůznorodější.

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

O vzniku nové teorie hovoří Peter Galison jako o tzv. okamžiku kritické opalescence.⁹⁸ Toto metaforické vyjádření můžeme nahradit poukazem na probíhající dynamiku modelů. Formuluji 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 vědecké společenství ujasní, že tento nový cluster je založen na určité množině nových principů.

9.3 Příklady z vědecké praxe

K dokreslení mnou navrhovaného pojetí uvedu dva příklady z historie fyziky ve 20. století, které potvrzují roli modelu, kterou předpokládám. Jedná se o: (1) Schrödingerův způsob zavedení pohybové rovnice nerelativistické kvantové mechaniky a paralelní popisy vlnové a maticové kvantové mechaniky a (2) Einsteinovu speciální teorii relativity.

Erwin Schrödinger⁹⁹ přistoupil k zavedení pohybové rovnice pro nerelativistickou kvantovou mechaniku s pěti důležitými předpoklady, které reflektovaly principy kvantové mechaniky, a na základě toho pohybovou

⁹⁸ Srov. Peter GALISON, *Einsteinovy hodiny a Poincarého mapy: Říše času*. Překl. Jiří Fiala. Praha: Mladá fronta 2005. „Občas dochází ve velkých chvílích k vědecko-technologickému posunu, jež nelze pochopit pomocí čistě oddělených oblastí technologie, vědy a filosofie. Koordinace času, k níž došlo v polovině století po roce 1860, nesublinovala jednoduše pomalým rovnoměrným postupem od technologické oblasti směrem vzhůru k mnohem řídkším řídkším vědy a filosofie. Myšlenky synchronizace neměly svůj původ ani v čisté oblasti myšlení, aby pak kondenzovaly do předmětů a činností strojů a továren. V této fluktuaci tam a zpět mezi abstraktním a konkrétním, ve svých pestrých měřících, se koordinace času vynořila v těžké a prchavé fázi změn kritické opalescence.“ *Ibid.*, s. 33.

⁹⁹ Význam Schrödingera v oblasti modelování se samozřejmě demonstroval prostřednictvím jeho úvah nad aplikací kvantové mechaniky pro popis živých systémů. Srov. Erwin SCHRÖDINGER, *Co je život? Duch a hmota. K mému životu*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2004; originál: *What Is Life? Mind and Matter. Autobiographical Sketches*. 1st edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

rovnici formuloval zkusmo. Jako vzor sloužila Schrödingerovi klasická vlnová rovnice, která musela v nové podobě obsahovat: (1) parciální derivaci podle času, (2) vlnovou funkci $\Psi(\mathbf{r},t)$, (3) Planckovu konstantu, a musela (4) splňovat disperzní vztah a (5) princip korespondence.

Zkusmo formulovaná rovnice¹⁰⁰ neměla disperzní charakter. Proto sáhl Schrödinger po první parciální derivaci podle času a získaná rovnice pro částici v potenciálovém poli¹⁰¹ už disperznímu vztahu vyhovovala.¹⁰² Rovnice tak nebyla primárně odvozena, ale stanovena zkusmo prostřednictvím snahy po implementaci principů do funkčního modelu, který by bylo možné aplikovat na konkrétní situaci – např. částici v nekonečně hluboké potenciálové jámě.¹⁰³

Výhodou Schrödingerovy rovnice je její snadná formulovatelnost, nevýhodou je její složitá řešitelnost v praxi. Základní model pro Schrödingerovu vlnovou reprezentaci kvantové mechaniky je tak potřeba pro konkrétní případy vždy vhodně upravit.

Heisenbergova maticová reprezentace kvantové mechaniky představuje paralelní skupinu modelů, které jsou vytvořeny na základě principů kvantové mechaniky. Základní odlišnost oproti Schrödingerově vlnové reprezentaci spočívá 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 výhodné v různých situacích využívat jedné nebo druhé reprezentace.

¹⁰⁰ Původní zkusmo stanovená pohybová rovnice: $\frac{\partial^2 \Psi(\vec{r}t)}{\partial t^2} = \gamma \Delta \Psi(\vec{r}t)$.

¹⁰¹ Pohybová rovnice pro částici v potenciálovém poli, která splňuje disperzní vztah:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi(\vec{r}t)}{\partial t} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(\vec{r}) \right] \Psi(\vec{r}t)$$

¹⁰² Tradiční souhrnný tvar Schrödingerovy vlnové rovnice: $i\hbar \frac{\partial \Psi(\vec{r}t)}{\partial t} = \hat{H} \Psi(\vec{r}t)$.

¹⁰³ Názorný, ale lapidární příklad uvádí také Rosenberg: „Např. kinetická teorie plynů je množinou modelů, které vychází ze zákona ideálního plynu [...] $pV = nRT$. Tento model nakládá s molekulami jako s kulečnickovými koulemi bez mezimolekulových sil a předpokládá, že jsou matematickými body. Teorie zahrnuje následně zlepšení skrze van der Waalse,

$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = nRT$, kde a reprezentuje mezimolekulové síly a b vyjadřuje objem, který zabírají molekuly, obojí bylo v zákoně ideálního plynu zanedbáno. A existují také jiné modely, Clausiův model a také model, který bere v potaz kvantovou fyziku.“ ROSENBERG, *Philosophy of Science*, s. 100.

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

Henri Poincaré znal oba principy, ale nevyvodil z nich novou teorii, ačkoliv byl zřejmě srozuměn s tím, že nějaká zásadní revize musí přijít.¹⁰⁴ A. H. Lorentz se pokoušel zachraňovat staré principy pomocí ad hoc modelů.¹⁰⁵ To ovšem představovalo natolik arbitrární „mutace“, že bylo spíše vhodnější pokusit se najít sadu principů, které by tento výsledek přinášely 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 životaschopný model.¹⁰⁶

Einstein přišel s několika modely, které umožnily principy interpretovat. Nejznámější jsou asi jeho slavné hodiny, které učinily názornou jak relativnost současnosti nesoumírných událostí, tak i ostatní zajímavé důsledky speciální teorie relativity.¹⁰⁷ Neméně důležitý pro rozvoj speciální teorie relativity byl také model „tuhého tělesa“.¹⁰⁸ Einstein byl navíc jakožto sympatizant konvencionalismu dalek toho pojmát své výsledky jako něco definitivního. Na druhou stranu vždy dával přednost logickému souladu před praktickou vhodností, jak dosvědčují jeho slavné polemiky s mnohem uvolněnějšími kvantovými fyziky.

Jsem si vědom toho, že příklad opírající se o Schrödingera je výrazně odlišný od příkladu, který odkazuje k Einsteinovi. U Schrödingera je model jasně vyjádřen pohybovou rovnicí, zatímco v druhém případě odkazují na takové modely, jako jsou Einsteinovy hodiny nebo model tuhého tělesa. Jasně se ukazuje potřeba dále precizovat různé podoby modelů, respektive různé způsoby implementace principů v modelech. Možná, že se postupem výzkumu ukáže jako nutné provést ještě další pojmové odlišení v příliš obecné kategorii modelů.

¹⁰⁴ Srov. GALISON, *Einsteinovy hodiny a Poincarého mapy*, s. 36–39, 162–166, 189–192, 261–269.

¹⁰⁵ Srov. Karl R. POPPER, *Logika vědeckého bádání*. Praha: OIKOYMENH 1997, s. 66–67.

¹⁰⁶ Srov. Brian GREENE, *Struktura vesmíru: Čas, prostor a povaha reality*. Praha: Paseka 2006, s. 37–43.

¹⁰⁷ Srov. GALISON, *Einsteinovy hodiny a Poincarého mapy*, s. 193–260.

¹⁰⁸ Srov. Albert EINSTEIN, *Jak vidím svět*. Praha: Lidové noviny 1993, s. 99–106, 116–123.