

///// tematická studie / thematic article //////////////////////////////////////

**KUHNOVA ŠTRUKTÚRA  
VEDECKÝCH REVOLÚCIÍ  
MEDZI SOCIOLÓGIU  
A EPISTEMOLÓGIU**

**Kuhn's Structure of Scientific  
Revolutions between Sociology  
and Epistemology**

**Abstrakt:** Cieľom predkladanej state je pokus o upresnenie Kuhnovej teórie vedeckých revolúcií. Navrhujem rozlíšiť pojem vedeckej revolúcie, ktorý označuje sociologický fakt zmeny postoja vedeckého spoločenstva vo vzťahu k určitej teórii a pojem epistemickej ruptúry, ktorý označuje lingvistický fakt diskontinuity jazykového rámca, v ktorom je táto teória formulovaná. Analýzou zmien jazykového rámca možno získať klasifikáciu epistemických ruptúr na štyri typy, nazvané ideácia, re-prezentácia, objektácia a re-formulácia. V stati je každý z týchto typov epistemických ruptúr ilustrovaný na sérii príkladov z dejín fyziky. Uvedené typy epistemických ruptúr úzko súvisia s vedeckými revolúciami. Klasifikácia epistemických ruptúr sa tak dá použiť ako východisko pri klasifikácii vedeckých revolúcií. Jednotlivé revolúcie možno klasifikovať podľa toho, akého druhu je epistemická ruptúra, ktorá príslušnú revolúciu sprevádza.

**Abstract:** The aim of this paper is to further develop Kuhn's theory of scientific revolutions. We propose to discriminate the notion of a scientific revolution, which is a sociological event of a change of attitude of the scientific community with respect to a particular theory and the concept of an epistemic rupture, which is a linguistic fact consisting of a discontinuity in the linguistic framework in which this theory is formulated. On the analysis of the changes of the linguistic framework we can obtain a classification of epistemic ruptures into four types that can be named as idealization, re-presentation, objectivization and re-formulation. In the paper, each of these four types of epistemic ruptures is illustrated by examples from the history of physics. This classification of epistemic ruptures can be used as a basis for a classification of scientific revolutions. The revolutions can be classified according to the epistemic ruptures that accompany them.

**Kľúčové slová:** paradigma;  
epistemická ruptúra;  
re-prezentácia; objektácia

**Keywords:** paradigm;  
epistemic  
rupture; idealization;  
re-presentation; objectivization

**LADISLAV KVASZ**  
Filosofický ústav AV ČR, v.v.i.  
Jilská 1, 110 00 Praha 1  
email / ladislavkvasz@gmail.com

Jednou z najplyvnejších interpretácií vývinu vedy z druhej polovice dvadsiateho storočia bola nepochybne kniha Thomasa S. Kuhna *Štruktúra vedeckých revolúcií*.<sup>1</sup> Svedčí o tom ako počet predaných exemplárov, tak aj miesto tejto publikácie v citačných indexoch počas posledných päťdesiatich rokov. Kuhnova kniha sa veľkou mierou zaslúžila o nabúranie kumulativistického obrazu vývinu vedy. Cieľ, ktorý si autor kládol, „načrtnúť celkom inú koncepciu vedy, aká sa môže vynoriť z historického záznamu vlastného vedeckého skúmania“, sa bezpochyby podarilo splniť. Kuhnova koncepcia bola jedným z rozhodujúcich podnetov vedúcich k radikálnej premene dejín vedy<sup>2</sup> a stala sa súčasťou kurzov filozofie vedy. Preto by bolo zbytočné znova vykladať základné pojmy a tézy Kuhbovej teórie. Od uverejnenia Kuhbovej knihy uplynulo už 50 rokov a je načase pokúsiť sa Kuhnovu koncepciu upresniť. Tam, kde Kuhn načrtáva globálnu víziu vedeckej revolúcie, dnes už možno predložiť jemnejšiu typológiu revolúcií. Tam, kde predkladá univerzálny scenár, možno uviesť celé spektrum alternatívnych scenárov, platných pre jednotlivé typy revolúcií.

Vnucuje sa otázka, načo vôbec Kuhnovu teóriu upresňovať. Presnosť argumentácie, ktorú Kuhn používal, bola postačujúca na to, aby ukázal neadekvátnosť kumulativistického obrazu vedy. Preto sa môže zdať, že presnosť jeho argumentácie je pre účely filozofie vedy postačujúca a snaha o zvyšovanie presnosti budí podozrenie akademickej samoúčelnosti. Nie je to však pravda. Rozšírenou kritikou Kuhbovej koncepcie je jej prílišná všeobecnosť a nešpecifickosť. Kritici napočítali v samotnej *Štruktúre vedeckých revolúcií* 22 rôznych významov termínu paradigma. Pod vplyvom tejto kritiky Kuhn nahradil pojem paradigmy pojmom disciplinárnej matice.<sup>3</sup> To znamená, že potrebu upresnenia Kuhbovej koncepcie pociťovali viacerí filozofi vedy a jej oprávnenosť pripustil aj sám Kuhn.<sup>4</sup> Zavedenie pojmu disciplinárnej matice však problém nerieši. Umožní síce pojem paradigmy presnejšie explikovať, čím sa tento pojem obohatí o rad dodatočných aspektov, ale tým sa iba jeho

Stať vznikla v rámci programu *Fellowship Jana Evangelisty Purkyně* vo Filozofickom ústave AV ČR.

<sup>1</sup> Thomas S. KUHN, *Štruktúra vedeckých revolúcií*. Bratislava: Pravda 1982.

<sup>2</sup> Daniel ŠPELDA, *Proměny historiografie vědy*. Praha: Filosofía 2009, s. 86.

<sup>3</sup> Thomas S. KUHN, „Second Thoughts on Paradigms.“ In: SUPPE, F. (ed.), *The Structure of Scientific Theories*. Urbana: University of Illinois Press 1974, s. 459–482. Znova vydané v Thomas S. KUHN, *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago: University of Chicago Press 1977, s. 293–319. Česky: Thomas S. KUHN, „Druhé zamyšlení nad paradigmaty.“ *Teorie vědy*, roč. 34, 2012, č. 2, s. 141–165.

<sup>4</sup> KUHN, *The Essential Tension*, s. xix.

implicitná nejednoznačnosť a nešpecifickosť stane explicitne artikulovanou. Pojem disciplinárnej matice nie je o nič viac špecifický, než bol pôvodný pojem paradigmy.

Podľa mňa je nejednoznačnosť a nešpecifickosť pojmu paradigmy spôsobená nie tým, že je nedostatočne explikovaný, ale skutočnosťou, že Kuhn pod pojem vedeckej revolúcie zahrnul niekoľko procesov rôzneho charakteru.<sup>5</sup> Toto sa zavedením pojmu disciplinárnej matice nijako nezmení. Preto si myslím, že až keď rozčleníme pojem vedeckej revolúcie na viacero typov, bude možné pre každý typ revolúcie špecifikovať jej vlastný druh paradigmy a takto všeobecnosť a nejednoznačnosť Kuhnovho pojmu definitívne odstrániť. Kuhnov pojem paradigmy je všeobecný a nešpecifický z toho jednoduchého dôvodu, že je superpozíciou viacerých pojmov. Ukazuje sa, že možno rozlíšiť tri typy vedeckých revolúcií, ktoré navrhujem nazvať *ideácia*, *re-prezentácia* a *objektácia*.<sup>6</sup> Im zodpovedajú tri druhy paradigiem. Teda Kuhnových 22 rôznych významov termínu paradigma sa rozpadne na tri

<sup>5</sup> Kuhn hovorí o veľkých a malých revolúciách (KUHN, *The Essential Tension*, s. xvii). To asi priviedlo McMullina k rozlíšeniu *plytkých revolúcií* (*shallow revolutions* – objav röntgenovského žiarenia), *stredných revolúcií* (*intermediate revolutions* – nahradenie flogistónovej teórie horenia oxidáčnou teóriou) a *hlbokých revolúcií* (*deep revolutions* – newtonovská revolúcia) v práci Ernan McMULLIN, „Rationality and Paradigm Change in Science.“ In: HORWICH, P. (ed.), *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*. Cambridg, MA: MIT Press 1993, s. 59–61. Kuhn toto rozlíšenie neprijal: „Existujú iba dva body v jeho [t.j. McMullinovej] prezentácii mojej práce, od ktorých by som sa chcel dištancovať. Prvým je jeho používanie rozlíšenia medzi plytkými a hlbokými revolúciami: i keď sa revolúcie odlišujú vo veľkosti, epistemologické problémy ktoré prinášajú, sú pre mňa identické.“ Thomas S. KUHN, „Afterwords.“ In: HORWICH (ed.), *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*. Cambridge, MA: MIT Press 1993, s. 337 (311–341). S týmto názorom nemožno súhlasiť. Cieľom predkladaného článku je ukázať, že existujú rôzne typy revolúcií, ktoré prinášajú *zásadne odlišné* epistemologické problémy. Keď to však chceme ukázať, nestačí, ako to robil McMullin, odlišiť rôzne veľké revolúcie, ale je nutné pokúsiť sa o ich epistemologickú analýzu. Podľa môjho názoru sa totiž nejedná o rozdiel vo veľkosti, ale o rozdiel v kvalite. Každý typ revolúcie mení v jazykovom rámci niečo úplne iné, a tak sa rôzne typy prejavujú aj rôzne veľkými (či rôzne hlbokými) zmenami.

<sup>6</sup> Pozri Ladislav KVASZ, „On Classification of Scientific Revolutions.“ *Journal for General Philosophy of Science*, roč. 30, 1999, č. 2, s. 201–232. Takýto výklad nie je úplne v súlade s Kuhnovými intuíciami. Ten v predslove k *Essential Tension* píše: „Niektoré revolúcie sú veľké, ako tie spájané s menami Kopernika, Newtona či Darwina, ale väčšina je omnoho menšia, ako objav kyslíka alebo planéty Urán.“ KUHN, *The Essential Tension*, s. xvii. Newtonovská revolúcia predstavuje *ideáciu*, kopernikovská *re-prezentáciu*, objav kyslíka *objektáciu* a objav planéty Urán je typickým príkladom *re-formulácie*. Zdá sa, že na objave Uránu nie je možné nájsť väčšinu atribútov, ktorými Kuhn charakterizoval vedeckú revolúciu. Preto sa budem držať názoru, že revolúcie sú troch druhov a že *re-formulácie* sú súčasťou normálnej vedy.

skupiny zhruba po ôsmich. Osem je síce ešte stále veľa, ale je to menej než 22. Je to variácia, ktorú snáď možno vyložiť ako rôzne aspekty jedného pojmu.

Upresnenie opisu vývinu vedy môže pomôcť zorientovať sa v klasických diskusiách v rámci filozofie vedy. Mnohé z nich, napríklad diskusia medzi Kuhnom a Lakatosom, obsahujú rušivý moment spočívajúci v tom, že každý z účastníkov diskusie vychádza z príkladov zmien iného typu. Keďže však pojem vedeckej revolúcie nebol vnútorne diferencovaný, Kuhn i Lakatos vyslovovali všeobecné tézy o vývine vedy a tak prenášali poznatky platné pre určitý typ zmien na vývin vedy ako taký. Preto vznikali nedorozumenia. Diskusia o nesúmerateľnosti je zaťažená práve nedorozumeniami tohto typu. Téza o nesúmerateľnosti starej a novej paradigmy je plne oprávnená v prípade *ideácií*, čiastočne platí aj v prípade *re-prezentácií*, kým v prípade *objektácií* neplatí. Keďže hlavnými Kuhnovými príkladmi boli ideácie (newtonovská revolúcia) a re-prezentácie (kopernikovská revolúcia), kým Lakatos vychádzal z analýz zmien menšieho rádu, je zrejmé, že v otázke nesúmerateľnosti sa nemohli zhodnúť.<sup>7</sup> Keď však rozlíšime jednotlivé typy revolúcií, otázku nesúmerateľnosti možno presne formulovať a jednoznačne zodpovedať. Pri podobných diskusiách nie je otázkou ktorá koncepcia – Kuhnova či Lakatosova – je pravdivá. Pravdivé sú obe. Otázkou je skôr, o čom hovoria. Klasifikácia vedeckých revolúcií umožňuje práve túto otázku presne zodpovedať.

Kuhnovu teóriu možno prirovnať ku snímku, ktorý vznikne superpozíciou troch fotografií rôznych tvárí. Každá z fotografií je ostrá a bohatá na špecifické detaily. Ich premietnutím na seba sa však detaily stratia a to, čo ostane, je hrubá štruktúra tváre – celkové obrysy, tmavé škvrny v mieste očí a úst. Podobne, keď Kuhn zmiešal dohromady „fotografie“ troch typov vedeckých revolúcií, stratili sa detaily *kognitívnej dynamiky*,<sup>8</sup> ktoré sú pre

<sup>7</sup> Pozri Ladislav KVASZ, „Lakatos’ Methodology Between Logic and Dialectic.“ In: KAMPIS, G. – KVASZ, L. – STÖLTZNER, M. (eds.), *Appraising Lakatos: Mathematics, Methodology and the Man*. Dordrecht: Kluwer 2002, s. 211–241.

<sup>8</sup> Kognitívnu dynamikou nerozumiem teóriu, ktorá sa pokúša pomocou teórie rámcov (*frames*), vytvorenej Marvinom Minským na reprezentáciu poznania v rámci umelej inteligencie, opísať zmeny v chápaní pojmov v priebehu vedeckých revolúcií (Hanne ANDERSEN – Peter BARKER – Xiang CHEN, *The Cognitive Structure of Scientific Revolutions*. Cambridge: Cambridge University Press 2006). Andersenová, Barker a Chen, rovnako ako Kuhn, nerozlišujú rôzne typy vedeckých revolúcií a snažia sa aparát, ktorý sa možno hodí na opis *jedného typu* vedeckých revolúcií (objektácií), prezentovať ako univerzálny nástroj, umožňujúci vyložiť revolúcie všetkých typov, od ideácií až po objektácie. Nedostatkom prístupu Andersenovej, Barkera a Chena je, že určitý *vopred daný analytický nástroj* (teóriu rámcov), ktorý nevznikol analýzou kognitívnych procesov v dejinách vedy, ale v kontexte

každý typ špecifické, a na výslednom obraze ostali iba črty spoločné všetkým trom typom – *sociálna dynamika* reakcie vedeckého spoločenstva na zmenu. Pojmy *anomália*, *kríza* a *revolúcia* vlastne nesúvisia s vedou. Možno ich použiť aj na opis blúdenia skupiny v lese. Na základe *anomálií* skupina zistí, že blúdi; istú dobu padajú návrhy, kadiaľ sa vybrať (*kríza*), až sa jeden presadí (*revolúcia*) a skupina sa poberie novým smerom (nová perióda *normálnej cesty*). Domnievam sa, že sociologický charakter Kuhbovej teórie je dôsledkom *superpozície* rôznych typov revolúcií, lebo superpozícia „vyruší“ kognitívnu dynamiku, ktorá je pri každom type iná, a „posilní“ sociálnu dynamiku, ktorá je všetkým typom spoločná.

### 1. Kuhnova teória vo svetle histórie matematiky

Nové podnety pre rozpracovanie určitej teórie často vznikajú vtedy, keď je pojmový aparát teórie prenesený do oblasti, na opis ktorej pôvodne nebol určený. V novej oblasti dochádza k posunom významov jednotlivých pojmov, čo otvára nové perspektívy rozvoja. V prípade Kuhbovej teórie takáto situácia nastala, keď sa historici pokúsili použiť Kuhnov pojmový aparát na opis vývinu matematiky. Kuhn pri formulovaní svojej teórie nemyslel na matematiku, a tak otázka, či teóriu vedeckých revolúcií možno použiť pri výklade dejín matematiky, vyvolala živú diskusiu medzi historikmi matematiky Michaelom Croweom, Josephom Daubonom a Herbertom Mehrtensom.

Na konferencii o dejinách matematiky usporiadanej v Bostone v auguste 1974 Crowe sformuloval tézu, že „Revolúcie sa v matematike nikdy nevyskytujú.“<sup>9</sup> O tri mesiace neskôr, na stretnutí Spoločnosti pre dejiny vedy

počítačovej simulácie poznávacích procesov, používajú na opis kognitívnej dynamiky vedeckých revolúcií. Vedecké teórie, s ktorými nás oboznamujú dejiny vedy, predstavujú jeden z vrcholných kognitívnych výkonov ľudstva a je preto málo pravdepodobné, že hrubý aparát umelej inteligencie umožní čo i len rozpoznať tie jemnosti, o ktoré v dejinách vedy ide. Podľa mňa na to, aby sme mohli odhaliť kognitívnu dynamiku vedeckých revolúcií, je nutné najprv od seba oddeliť jednotlivé typy revolúcií, aby sme sa dostali ku špecifickým *kognitívnym procesom*, charakteristickým pre jednotlivé typy. Až potom, analýzou konkrétnych prípadov sa pokúsit zistiť, aké *kognitívne štruktúry* hrajú pri tom ktorom type rozhodujúcu úlohu a zvoliť *analytický aparát* vhodný na opis príslušných štruktúr. Andersenová, Barker a Chen, zdá sa, namiesto toho zvolili konkrétny analytický aparát a ten nasadili na materiál, ktorý sa im dostal do rúk.

<sup>9</sup> Michael CROWE, „Ten ‘Laws’ Concerning Patterns of Change in the History of Mathematics.“ *Historia Mathematica*, roč. 2, 1975, s. 161–166. Tiež in: GILLIES, D. (ed.), *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press 1992, s. 15–20.

v Norwalku, Dauben vyslovil názor, že „revolúcie sa vyskytujú aj v dejinách matematiky, a grécky objav nesúmerateľných veličín alebo Cantorov objav teórie transfinite množín sú príkladmi takýchto revolučných premien.“<sup>10</sup> Určité kompromisné stanovisko medzi týmito pozíciami zaujal Mehrtens, podľa ktorého

niektoré Kuhnove pojmy (vedecké spoločenstvo, anomália, normálna veda) majú explanačnú hodnotu a poskytujú nástroj pre historické skúmanie matematiky, kým iné (revolúcia, kríza, nesúmerateľnosť) sú v matematike bez explanačnej hodnoty a zavádzajú diskusiu do neproduktívnych sporov.<sup>11</sup>

Diskusia bola zhrnutá v zborníku *Revolutions in Mathematics*.<sup>12</sup>

V úvodnej stati k zborníku editor Donald Gillies vidí príčinu rozporov medzi Croweom a Daubenom v rôznom chápaní pojmu vedeckej revolúcie. Crowe chápe revolúcie veľmi úzko, ako zmeny, pri ktorých „nejaká entita (kráľ, ústava alebo teória) je zvrhnutá a neodvratne odstránená.“<sup>13</sup> Naproti tomu Dauben chápe revolúcie o niečo širšie, ako zmeny, pri ktorých príslušná entita nemusí byť neodvratne odstránená, ale je „odsunutá na pozíciu podstatne menšieho významu“.<sup>14</sup> Podľa Gilliesia sú obe chápania pojmu revolúcie opodstatnené, lebo existujú rôzne druhy vedeckých revolúcií. Rôzne druhy revolúcií možno dokonca ilustrovať na príkladoch uvádzaných samotným Kuhnom. Newtonovská revolúcia je príkladom revolúcie prvého typu, lebo v jej priebehu bola Aristotelovská fyzika *zvrhnutá* a z profesionálnej prípravy vedcov *neodvratne odstránená*. Ak sa dnes poslucháč fyziky vôbec stretne s aristotelovskou fyzikou, tak je to iba v kurzoch z dejín vedy. Naproti tomu einsteinovská revolúcia je podľa Gilliesia revolúciou druhého typu, lebo newtonovská fyzika v jej dôsledku nezmizla z výuky. Stále sa učí a je používaná v širokom spektre prípadov. Bola len z pozície fundamentálnej teórie univerza *odsunutá na pozíciu podstatne menšieho významu*.

<sup>10</sup> Joseph DAUBEN, „Conceptual Revolutions and the History of Mathematics: Two Studies in the Growth of Knowledge.“ In: MENDELSON, E. (ed.), *Transformation and Tradition in the Science*. Cambridge: Cambridge University Press 1984, s. 81–103. Tiež in: GILLIES, D. (ed.), *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press 1992, s. 49–71.

<sup>11</sup> Herbert MEHRTENS, „T. S. Kuhn's Theories and Mathematics: A Discussion Paper on the „New Historiography“ of Mathematics.“ *Historia Mathematica*, roč. 3, 1976, č. 3, s. 297–320. Tiež in: GILLIES, D. (ed.), *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press 1992, s. 21–41.

<sup>12</sup> Donald GILLIES (ed.), *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press 1992.

<sup>13</sup> CROWE, „Ten „Laws“ Concerning Patterns of Change in the History of Mathematics,“ s. 19.

<sup>14</sup> DAUBEN, „Conceptual Revolutions and the History of Mathematics,“ s. 52.

Pritom je dôležité si uvedomiť, že rozdiely medzi úplným zavrnutím aristotelovskej fyziky v prípade newtonovskej revolúcie a čiastočným odsunutím newtonovskej mechaniky v prípade einsteinovskej revolúcie sa týkajú správania sa vedeckého spoločenstva, a teda ide o sociologické fakty, ktoré musí akceptovať každý zástanca Kuhnovej teórie. Vo svojej stati „The Fregean Revolution in Logic“<sup>15</sup> sa Gillies pokúša aplikovať odlišenie dvoch typov vedeckých revolúcií pri analýze Fregeho príspevku k logike. Ukazuje sa, že fregeovská revolúcia, spočívajúca v prechode od aristotelovskej sylogistickej logiky k predikátovému počtu, nespĺňa ani Croweovu ani Daubenovu definíciu. Croweovu preto, lebo aristotelovská logika sa, až na niekoľko obmedzení (podobne ako newtonovská mechanika), stále považuje za platnú, kým Croweova definícia vyžaduje, aby bola neodvolateľne zavrnutá. Na druhej strane nevyhovuje ani Daubenevej definícii, lebo aristotelovská logika je odsunutá zásadnejším spôsobom než tomu bolo v prípade newtonovskej mechaniky. Teda aj keď sa aristotelovská logika považuje stále za platnú, nik dnes neargumentuje v sylogizmoch. Naproti tomu architekti či inžinieri počítajú aj dnes pomocou newtonovskej mechaniky. Gillies sa domnieva, že v prípade fregeovskej revolúcie máme do činenia s tretím typom revolúcií.<sup>16</sup>

S úplne inou myšlienkou, ako zmieriť postoje Crowa a Daubena, prišla v stati „Meta-level Revolutions in Mathematics“ Caroline Dunmore.<sup>17</sup> Podľa nej treba odlíšiť „objektovú úroveň“ matematickej teórie, ktorá obsahuje terminológiu, pojmy, definície, axiómy, vety, metódy dôkazov, problémy a hypotézy, od „metaúrovne“, ktorá zahŕňa hodnoty, postoje a presvedčenia vedeckého spoločenstva týkajúce sa príslušnej teórie. Dunmoreovej téza

<sup>15</sup> Donald GILLIES, „The Fregean Revolution in Logic.“ In: GILLIES, D. (ed.), *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press 1992, s. 265–306.

<sup>16</sup> Náš výklad, zdá sa, nezodpovedá Gilliesovej intuícii, že v prípade fregeovskej revolúcie ide o typ revolúcie odlišný od Croweovho aj od Daubenevho typu. Podľa mňa ako einsteinovská revolúcia vo fyzike, tak aj fregeovská revolúcia v logike sú re-prezentácie (revolúcie zodpovedajúce epistemickým ruptúram druhého typu). Sú preto zhruba rovnako „veľké“. Prečo sa fregeovská revolúcia javí byť „väčšia“ než einsteinovská („dnes nik neargumentuje v sylogizmoch, ale inžinieri počítajú podľa Newtonových rovníc“) je, že si nevedomujeme, že aristotelovské sylogizmy v skutočnosti neboli paradigmatom argumentácie v antike. V antike, rovnako ako dnes, nik neargumentoval v sylogizmoch – keď zoberieme Euklidove *Základy*, Ptolemayov *Almagest* či Aristotelovu *Fyziku*, sylogizmy nenájdeme. Ak chceme tieto, a možno ešte ďalšie typy revolúcií presnejšie vymedziť a postaviť Gilliesove intuície na pevnejší základ, potrebujeme presnejší pojmový aparát, než termíny „zavrhnúť“ či „odsunúť“. Preto zavedieme pojem *epistemickej ruptúry*, ktorý umožní presnejšie opísať prechody medzi starou a novou teóriou pri jednotlivých typoch revolúcií.

<sup>17</sup> Caroline DUNMORE, „Meta-level Revolutions in Mathematics.“ In: GILLIES, D. (ed.), *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press 1992, s. 209–225.

je, že revolúcie sa vyskytujú aj v matematike, ale týkajú sa výlučne metaúrovne. Vývin matematiky je konzervatívny na objektovej úrovni a revolučný na metaúrovni. Z tohto hľadiska považuje objav neeuclidovskej geometrie za revolúciu, lebo aj keď bola euklidovská geometria zachovaná, tak viera, že to je jediná možná geometria, bola zavrhnutá. Proces zmeny, ktorý možno plným právom opísať ako revolučný, sa týkal výlučne metamatickej zložky. Opustenou a zavrhnutou nebola matematická teória, ale viera o nej, pričom príslušná zmena postoja bola pomalá a bolestivá.

Dunmoreovej návrh oddeliť hodnoty, postoje a presvedčenia vedeckého spoločenstva od samotnej teórie, t.j. oddeliť sociologickú zložku od epistemologickej, tvorí základ nášho odlišenia vedeckej revolúcie od epistemickej ruptúry. Nesúhlasíme však s Dunmoreovej názorom, že pri objave neeuclidovskej geometrie sa proces zmeny týkal iba metamatickej zložky. Podľa môjho názoru Lobačevskij prináša radikálnu zmenu ako v „metaúrovni“, tak aj v „objektovej úrovni“. Bez objavu významných poznatkov v objektovej úrovni<sup>18</sup> by zrejme nezískal istotu o svojej veci, nevyhnutnú pre odhodlanie dať sa do boja za zmenu „metaúrovne“. Preto na rozdiel od Dunmoreovej, ktorá chce revolúcie v matematike obmedziť na metaúroveň, objav neeuclidovskej geometrie, podobne ako mnohé iné zmeny diskutované v tejto stati, považujeme za zmenu v oboch úrovniach. Od Dunmoreovej preberáme myšlienku oddeliť objektívnu úroveň od metaúrovne, domnievame sa však, že pri revolúcii sa menia obe. Čo je však podstatné, a čo podľa nás tvorí jadro Dunmoreovej prínosu, je objav skutočnosti, že objektívna úroveň a metaúroveň sa pri revolúcii menia rôznym spôsobom. Zmeny objektivej úrovne sú omnoho konzervatívnejšie než zmeny metaúrovne (aj keď podľa nás nie sú nulové, ako si myslela Dunmoreová). *Epistemickou ruptúrou* budeme nazývať zmenu *objektového jazyka*, t.j. jazyka, ktorým teória opisuje svoj predmet a *vedeckou revolúciou* zmenu *metajazyka*, t.j. jazyka, v ktorom spoločenstvo diskutuje o zmenách objektivej úrovne.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Napríklad kosínusovej vety neeuclidovskej geometrie – pozri Ladislav KVASZ, *Patterns of Change: Linguistic Innovations in the Development of Classical Mathematics*. Basel: Birkhäuser Verlag 2008, s. 124–129.

<sup>19</sup> Dunmoreovej názor, že objav neeuclidovskej geometrie na „objektivej úrovni“ nebol revolučný, je pravdepodobne podmienený tým, že revolúcie chápe v zmysle Croweho silného pojmu. Podľa mňa bol objav neeuclidovskej geometrie spojený so zmenami na oboch úrovniach, na „objektivej“ aj na „meta“. Išlo však o revolúciu daubenovského a nie croweovského typu. Keď sa pozrieme na vedecké práce popredných geometrov 19. storočia, zistíme, že v ich prácach bola problematika euklidovskej geometrie odsunutá na pozície podstatne menšieho významu a do popredia sa dostala projektívna geometria, neeuclidovská geometria a topológia.



Mehrtens v článku „T. S. Kuhn’s Theories and Mathematics: A Discussion Paper on the ‚New Historiography‘ of Mathematics“<sup>20</sup> vyslovil názor, že Kuhnov pojem nesúmerateľnosti je v matematike bez explanačnej sily. Podobný názor zastáva aj Gillies v stati o Fregeho logike, kde ukazuje, ako možno pri prechode od aristotelovskej sylogistickej logiky k Fregeho predikátovej logike porovnať starú paradigmu s novou. O nesúmerateľnosti paradigiem nemôže byť reč. Zdá sa účelné namiesto nesúmerateľnosti ako takej hovoriť o *miere nesúmerateľnosti teórií*, pričom táto miera je pri rôznych druhoch revolúcií rôzna.

## 2. Vedecké revolúcie a epistemické ruptúry

Kuhnova téza, že vo vývine vedy máme do činenia so striedaním paradigiem, ktoré predstavujú izolované, uzavreté a nesúmerateľné svety, polarizovala filozofov vedy na dva tábory. Jedni Kuhnov postoj prijali, vidiac v ňom cestu, ako sa oslobodiť spod vlády vedeckej racionality, iní ho odmietli, lebo daň, ktorú Kuhn požadoval, menovite strata možnosti racionálne rekonštruovať dejiny vedy, sa im zdala privysoká. Mojim cieľom nie je zaujať v tomto spore stanovisko. Nechcem argumentovať ani v prospech, ani proti Kuhnovej téze. Mojim cieľom je upresniť jazyk, ktorým o vývine vedy uvažujeme. Pritom toto upresnenie je nezávislé od toho, či prijímame alebo odmietame Kuhnovu tézu, a tak verím, že bude zaujímavé ako pre zástancov, tak aj pre odporcov myšlienky vedeckých revolúcií.

Základná idea upresnenia spočíva v rozlíšení vedeckej revolúcie a epistemickéj ruptúry.<sup>21</sup> *Epistemickou ruptúrou* rozumiem diskontinuitu

<sup>20</sup> MEHRTENS, „T. S. Kuhn’s Theories and Mathematics.“

<sup>21</sup> Pojem *epistemologickej ruptúry* (epistemologického zlomu) bol zavedený v knihe Gaston BACHELARD, *La formation de l’esprit scientifique*. Paris: Vrin 1938. Bachelardovo dielo malo priamy vplyv na Kuhna, ktorého pojem *vedeckej revolúcie* sa v mnohom prekrýva s Bachelardovým pojmom. Medzi oboma mysliteľmi bol však rozdiel v dôraze. Bachelard zdôrazňoval epistemologický rozmer zmien vo vede; pre Kuhna boli dôležitejšie aspekty sociologické. Kvôli možnosti upresnenia opisu zmien vo vede som sa rozhodol zaviesť pojem *epistemickéj ruptúry* podľa možnosti nezávisle od Bachelardovho pojmu *epistemologického zlomu* (aj keď sa tieto pojmy v mnoho prekrývajú) predovšetkým ako protipól pojmu *vedeckej revolúcie*. Uvedomujem si, že Bachelardov pôvodný pojem týmto ochudobňujem o sociologický rozmer, rovnako ako Kuhnovmu pojmu uberám rozmer epistemologický. Verím však, že zúženie významu oboch pojmov prispeje k upresneniu diskusie a som presvedčený, že v hrubých rysoch je korektné – u Kuhna skutočne dominoval sociologický rozmer (aj keď nebol jediný), kým u Bachelarda skutočne dominoval rozmer epistemologický. Preto dúfam, že uvedenú terminológiu bude možné prijať ako upresnenie oboch pôvodných termínov.

v jazykovom rámci vedeckej teórie. Je to fakt, ktorý sa dá vykázať analýzou vedeckých textov, nezávisle od toho, akú úlohu hrajú tieto texty v živote vedeckého spoločenstva (či ide o texty paradigmatické alebo marginálne, odborné alebo didaktické). Epistemická ruptúra tak predstavuje jazykový aspekt každej vedeckej revolúcie. Aby sme mohli hovoriť o revolúcii, museli sa (okrem iného) zmeniť niektoré texty. *Vedeckou revolúciou* naproti tomu rozumiem zmenu postoja vedeckého spoločenstva. Vedecká revolúcia je sociologický fakt a skúma sa sociologickými metódami, kým epistemické ruptúry sa skúmajú metódami jazykovej rekonštrukcie vedeckých textov.

Potreba rozlíšenia vedeckých revolúcií a epistemických ruptúr sa zakladá na skutočnosti, že sociologické metódy sú obsahovo nešpecifické. Sociológia nie je schopná zachytiť rozdiely medzi vedeckými revolúciami napríklad v optike a termodynamike (ak len neexistuje rozdiel v správaní medzi komunitami optikov a termodynamikov). To však znamená, že pri sociologickej analýze vývinu optiky a termodynamiky sa strácajú dôležité rozdiely dané povahou javov, ktoré príslušné disciplíny skúmajú. Sociológia vedy nemôže vysvetliť, prečo prvé zákony geometrickej optiky boli známe už v antike, kým teória tepelných javov sa začína rozpracovávať až v 17. storočí. Súvisí to s podstatne ľahšou prístupnosťou optických javov bežnému pozorovaniu a naopak so značnými komplikáciami pri meraní teploty. To sú danosti, ktoré zásadným spôsobom ovplyvňovali vývin týchto disciplín, a na ktorých žiadne vedecké spoločenstvo nemôže nič zmeniť. Na zachytenie obsahovo špecifických rozdielov vo vývine vedeckých disciplín je určený pojem epistemickej ruptúry. Teda kým vedecké revolúcie v optike a termodynamike sú rovnaké, epistemické ruptúry sprevádzajúce tieto revolúcie sú rôzne, a umožňujú tak opísať vývin týchto disciplín omnoho detailnejšie.

To neznamená, že by sme uprednostňovali epistemické ruptúry pred vedeckými revolúciami. Epistemické ruptúry nie sú lepším nástrojom, sú len iným nástrojom opisu, než vedecké revolúcie. Prieť sa o tom, či existujú vedecké revolúcie, nemá zmysel. Túto otázku treba sformulovať v jazyku sociológie a nechať na sociológov, aby to rozhodli. Sociológia disponuje metódami, ktoré umožňujú identifikovať kontinuitu či diskontinuitu v určitej kultúrnej tradícii či spoločenskej praxi. Úlohou epistemológie nie je rozhodovať podobné otázky namiesto sociológie. Aby sa zamedzilo zbytočným sporom medzi sociológiou vedy a epistemológiou, treba jasne vyčleniť tie problémy vo vývine vied, ktoré sú sociologickej povahy a oddeliť ich od problémov epistemológie. Tu nejde o to nahradiť jednu metódu analýzy druhou, ale o to, obe metódy doplniť o perspektívu druhej disciplíny.

Ak by sme mali stručne opísať vzájomný vzťah epistemických ruptúr a vedeckých revolúcií, bol by to vzťah variácie a selekcie. Variácia a selekcia sú základné zložky každej evolučnej dynamiky, a preto musia byť prítomné aj vo vývine vedy. Teória epistemických ruptúr opisuje možné variácie určitej teórie, ktoré jazyk vedy pripúšťa. Iba niektoré z ruptúr sú však vyselektované vedeckým spoločenstvom ako perspektívne smery ďalšieho rozvoja a sú prijaté za paradigmu. Tu vidno, že sú potrebné obe teórie, teória epistemických ruptúr aj teória vedeckých revolúcií. Variácia bez selekcie vedie k chaosu, selekcia bez variácie k ustrnutiu. Rovnováha týchto dvoch procesov vytvára základ evolúcie. Kuhn opísal proces selekcie, ale neopísal, odkiaľ sa berú teórie, ktoré sa počas krízy uchádzajú o štatút paradigmy; ich existenciu predpokladal. Teória epistemických ruptúr opisuje práve generovanie týchto teórií.

Jeden z prínosov rozšírenia medzi vedeckou revolúciou a epistemickou ruptúrou spočíva v tom, že epistemické ruptúry možno navzájom porovnávať a klasifikovať. Ukazuje sa, že *epistemické ruptúry možno rozdeliť na štyri typy – ideácie, re-prezentácie, objektácie a re-formulácie*. Pritom treba zdôrazniť, že zďaleka nie všetky epistemické ruptúry sa viažu na paralelnú vedeckú revolúciu. Existujú ruptúry, ktorým neprislúcha žiadna revolúcia. Ruptúry preto poskytujú úplnejší obraz vývinu vedy. Ďalší prínos rozšírenia medzi vedeckou revolúciou a epistemickou ruptúrou je v tom, že môžeme skúmať, ako vedecké spoločenstvo na jednotlivé ruptúry reaguje. Ukazuje sa, že na ruptúry rôzneho typu reaguje vedecké spoločenstvo odlišným spôsobom. Takto klasifikácia epistemických ruptúr sa môže stať východiskom klasifikácie vedeckých revolúcií. *Vedecké revolúcie možno rozdeliť na tri typy – ideácie, re-prezentácie a objektácie. Re-formulácie sú súčasťou normálnej vedy.*<sup>22</sup>

<sup>22</sup> V Ladislav KVASZ, „On Classification of Scientific Revolutions“ ukazujem, že štvrtému typu epistemických ruptúr, *re-formuláciám*, žiadna vedecká revolúcia nezodpovedá. Re-formulácie sú súčasťou normálnej vedy a majú kumulatívny charakter. Keď sa objaví nová planéta slnečnej sústavy, nový prvok Mendelejevej sústavy alebo nový živočíšny druh, ktorý zapadá do existujúcej taxonómie, stačí prepísať učebnice a príručky tak, aby tieto nové fakty figurovali medzi starými. Ich začlenenie do teórie sa redukuje na re-formuláciu štandardných textov. Nevýžaduje prestavbu konceptuálnej schémy a preto vo vedeckom spoločenstve nevyvolá významnejšiu diskusiu. Aj keď z jazykového hľadiska ide o diskontinuitu, o epistemickú ruptúru, lebo počet elementov teórie sa zmenil (do jazyka pribudlo nové meno), táto ruptúra nie je sprevádzaná revolúciou. Preto máme iba tri druhy vedeckých revolúcií. Ako som uviedol v poznámke 7, Kuhn sa domnieval, že aj niektoré re-formulácie majú charakter vedeckých revolúcií.

### 3. Klasifikácia epistemických ruptúr

Klasifikácia epistemických ruptúr (a klasifikácia vedeckých revolúcií) bola opísaná v mojej stati „On Classification of Scientific Revolutions“.<sup>23</sup> Potom nasledovala séria textov venovaných výkladu jednotlivých vedeckých revolúcií – ideáciám,<sup>24</sup> re-prezentáciám<sup>25</sup> a objektáciám.<sup>26</sup> Preto tu nebudem tieto texty opakovať, iba sa pokúsim každý typ ruptúr stručne charakterizovať a ilustrovať na príkladoch.

#### 3.1 Ideácie

Ideácia je epistemická ruptúra najvyššieho možného rádu a súvisí so zmenou ideálnych objektov (čísel, geometrických útvarov, dynamických systémov), prostredníctvom ktorých veda nachádza v prírode poriadok. Typickým príkladom ideácie je vedecká revolúcia 17-teho storočia, ktorá vrcholí Newtonovými *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Ideácia oddeľuje antickú vedu, ktorá sa v prírode usilovala odhaliť nemenný poriadok, od vedy novovekej, ktorá za javmi hľadá dynamické procesy. Asi najlepšie možno túto epistemickú ruptúru vysvetliť na konfrontácii Keplera a Newtona.

Kepler bol jedným z posledných významných vedcov sledujúcich ideál antickej vedy: v prírode hľadal večné, nemenné formy. Jeho zákon o elipsoidovom tvare dráh planét alebo o pomere medzi obežnou dobou a poloosou dráhy planéty sú typickými zákonmi tohto druhu. Z newtonovského hľadiska možno konštatovať, že Kepler mal veľké šťastie, lebo tabuľky, ktoré mu zanechal Tycho de Brahe, boli dostatočne presné, aby odlíšili elipsoidový tvar dráhy Marsu od kruhového tvaru. Boli však súčasne dostatočne nepresné, aby sa v nich neprejavilo poruchové pôsobenie Jupitera a ostatných planét, takže Kepler mohol s dobrým svedomím tvrdiť (v súlade so svojím ideálom poznania), že dráha Marsu  *má tvar* elipsy. V skutočnosti totiž táto dráha, rovnako ako všetky ostatné, nemá žiaden vopred daný tvar, ktorý by sa dal opísať prostriedkami geometrie. Na pohybe planét nie je zákonité to, aký

<sup>23</sup> KVASZ, „On Classification of Scientific Revolutions.“

<sup>24</sup> Ladislav KVASZ, „The Mathematization of Nature and Newtonian Physics.“ *Philosophia Naturalis*, roč. 42, 2005, č. 2, s. 183–211.

<sup>25</sup> Ladislav KVASZ, „Epistemologické otázky modernej fyziky.“ *Organon F*, roč. XII, 2005, č. 1, s. 40–61.

<sup>26</sup> Ladislav KVASZ, „Classical Mechanics between History and Philosophy.“ In: MÁTÉ, A. – RÉDEI, M. – STADLER, F. (eds.), *The Vienna Circle in Hungary*. Wien – New York: Springer 2011, s. 129–154.

tvar majú ich trajektórie, ale ako je tento pohyb generovaný pôsobením síl. Trajektórie planét nie sú zákonité „v tvare“ ale „v čase“. Nie sú zákonité v tom zmysle, že by v nich bolo možné *odhaliť večné a nemenné geometrické formy* (ako úlohu vedy chápal Kepler a pred ním všetci antickí učitelia), ale že je možné *odhaliť dynamický zákon ich vzniku* opísaný pomocou diferenciálnej rovnice (ako úlohu vedy chápal Newton a po ňom väčšina novovekých vedcov). Výklad jazyka, ktorý umožňuje opísať časový vývin stavu dynamického systému, možno nájsť v mojej stati „The Mathematization of Nature and Newtonian Physics“.<sup>27</sup> Tu iba zhrniem, že tu namiesto *ateporálnych ideálít* vytvorených Euklidom nastupujú *dynamické ideality* vytvorené Newtonom.

### 3.2 Re-prezentácie

Re-prezentácie predstavujú epistemické ruptúry kvalitatívne nižšieho rádu než ideácie, pričom re-prezentácie sa odohrávajú v univerze konštituovanom ideáciou. Typickým príkladom re-prezentácie vo fyzike je vznik teórie poľa (ktorý zahŕňa aj vznik teórie relativity), či vznik kvantovej mechaniky.<sup>28</sup> Prvou re-prezentáciou bol zrod newtonovskej fyziky, čo znamená, že vznik newtonovskej fyziky je súčasne *ideáciou* (teda zlomom fixujúcim typ ideálít) aj prvou *re-prezentáciou*.

Všetky re-prezentácie vo fyzike sa odohrávajú v spoločnom jazykovom rámci dynamických ideálít. Tento spoločný jazykový rámec určuje, že všetky re-prezentácie majú nejaký zoznamu *merateľných veličín*, spôsob *opisu stavu*, a *pohybovú rovnicu* opisujúcu časový vývin stavu. Jednotlivé re-prezentácie sa odlišujú v tom, aké konkrétne merateľné veličiny používajú, ako opisujú stav systému a pomocou akej diferenciálnej rovnice opisujú časový vývin stavu. Keď hovorím o Newtonovi ako tvorovi fyzikálnej ideácie, mám tým na mysli, že vytvoril prvú teóriu vybudovanú podľa tejto všeobecnej schémy a tým vlastne vytvoril túto základnú schému fyzikálneho opisu sveta.

*Newtonovská reprezentácia*,<sup>29</sup> ktorá bola prvou realizáciou uvedenej všeobecnej schémy, má ako merateľné veličiny *polohu*, *rýchlosť* a *hmotnosť*; stav systému zadáva pomocou dvoch vektorov – *vektora polohy* a *vektora hybnosti*

<sup>27</sup> Ladislav KVASZ, „The Mathematization of Nature and Newtonian Physics.“

<sup>28</sup> Opis re-prezentácií vo fyzike možno nájsť v KVASZ, „Epistemologické otázky modernej fyziky.“

<sup>29</sup> Re-prezentácia písaná s pomlčkou označuje epistemickú ruptúru, teda zlom oddeľujúci od seba dva jazykové rámce. Reprezentácia písaná bez pomlčky je produkt tejto zmeny, teda nový jazyk, ktorý sa zrodil v procese re-prezentácie.

každého hmotného bodu; a pohybovou rovnicou je *Newtonov zákon sily*.<sup>30</sup> Tým sa newtonovská reprezentácia líši od *reprezentácie teórie poľa*, ktorá okrem polohy, rýchlosti a hmotnosti zavádza ďalšie veličiny ako *elektrický náboj, elektrický tok a napätie*; stav systému zadáva prostredníctvom dvojice vektorových polí – *elektrického poľa*  $E(x, y, z, t)$  a *magnetického poľa*  $B(x, y, z, t)$ ; a pohybovými rovnicami je systém Maxwellových rovníc.

### 3.3 Objektácie

Objektácie predstavujú epistemické ruptúry ešte nižšieho rádu než re-reprezentácie, pričom objektácie sa odohrávajú vo vnútri jazykového rámca konštituovaného určitou re-reprezentáciou. Ako príklad objektácií v rámci klasickej mechaniky (t.j. v rámci newtonovskej reprezentácie) možno vziať newtonovskú, lagrangeovskú a hamiltonovskú mechaniku.<sup>31</sup> Čo sa merateľných veličín týka, tie sú určené reprezentáciou, preto ich majú newtonovská, lagrangeovská a hamiltonovská mechanika rovnaké. Zásadnejšie sa nemení ani pojem stavu, či typ diferenciálnych rovníc (aj keď sa Newtonove, Lagrangeove a Hamiltonove rovnice na prvý pohľad od seba dosť odlišujú, zadávajú rovnaký typ dynamického systému). Napriek tejto základnej podobnosti sú však rozdiely medzi týmito systémami zaujímavé. Kvôli ľahšej zrozumiteľnosti si ich ukážeme na konkrétnom príklade opisu sústavy Zeme a Mesiaca.

*Newtonovská mechanika* opisuje sústavu Zem – Mesiac ako pohyb dvoch telies v trojrozmernom priestore. *Lagrangeovská mechanika* ich opisuje ako pohyb jediného telesa v šesťrozmernom konfiguračnom priestore (ktorého prvé tri súradnice zadávajú polohu Zeme, zvyšné tri polohu Mesiaca), pričom pohybové rovnice sú druhého rádu. *Hamiltonovská mechanika* opisuje sústavu Zem – Mesiac ako pohyb jediného telesa v dvanásťrozmernom fázovom priestore (ktorého prvé tri súradnice zadávajú polohu Zeme, ďalšie tri zadávajú polohu Mesiaca, ďalšie tri hybnosť Zeme a posledné tri hybnosť Mesiaca), pričom pohybové rovnice sú prvého rádu. Za týmito tromi teóriami by sme mali byť schopní rozpoznať nielen ich jednotu danú spoločnou newtonovskou reprezentáciou, ale aj rozdiely súvisiace s dynamikou objektácií.<sup>32</sup>

<sup>30</sup> Uvedená charakterizácia Newtonovej re-reprezentácie nie je historicky úplne presná, lebo Newton nepoužíval formalizmus diferenciálnych rovníc, ale to teraz nie je dôležité.

<sup>31</sup> Tu vidíme určitý typ vnorenia v tom zmysle, že re-reprezentácie sa odohrávajú vo vnútri rámca vytvoreného ideáciou, tak ako sa objektácie odohrávajú vo vnútri rámca vytvoreného re-reprezentáciou.

<sup>32</sup> Opísanou v KVASZ, „Classical Mechanics between History and Philosophy.“

### 3.4 Re-formulácie

Re-formulácie predstavujú epistemické ruptúry najmenšieho rádu. Príkladom re-formulácie je objav planéty Urán na základe analýzy periodických porúch v pohybe Saturna. Táto zmena predstavuje z epistemologického hľadiska diskontinuitu v jazyku vedy. Do jazyka pribudol nový technický termín („Urán“), a jeho prítomnosť od seba odlišuje príručky, učebnice a populárne texty vydané pred a po tomto objave. Kuhn síce uvádza tento objav ako príklad „menšej revolúcie“, ja ho za revolúciu nepovažujem.<sup>33</sup>

## 4. Niektoré dôsledky upresnenia Kuhnovej teórie

Na záver uvedieme niekoľko dôsledkov, ktoré prináša upresnenie Kuhnovej teórie.

### 4.1 Požiadavka konzistentnosti

Ako prvý dôsledok upresnenia Kuhnovej teórie možno uviesť požiadavku konzistentnosti úvah o vedeckých revolúciách. Budeme ju ilustrovať na názoroch Michaela Crowa, ktorý vyslovil tézu, že „*Revolúcie sa v matematike nikdy nevyskytujú*“.<sup>34</sup> Tento názor Crowe zdôvodnil tým, že nevyhnutnou požiadavkou revolúcie je, aby nejaká entita (kráľ, ústava alebo teória) bola zvrhnutá a neodvratne odstránená, kým vo vývine matematiky ide o formatívne objavy (formational discoveries) pri ktorých vzniká nová oblasť matematiky bez zavrhnutia starších doktrín. Keď sa na túto charakterizáciu zmien v matematike pozrieme z hľadiska klasifikácie epistemických ruptúr, vidíme, že vystihuje re-prezentácie, pre ktoré je typické sformovanie novej oblasti matematiky.<sup>35</sup> V prípade ideácií je však neadekvátna. Ruptúra, spočívajúca v prechode od egyptskej matematiky založenej na kalkulatívnych receptoch ku gréckej matematike založenej na dôkaze, vyhovuje tomu, čo Crowe požaduje od revolúcií. V jej priebehu boli egyptské kalkulatívne recepty zavrhnuté a z matematiky neodvratne odstránené. Gréci tieto recepty nepovažovali za súčasť matematiky, ale zahrnuli ich do počtov, ktoré označovali termínom *logistika*. Mali k tomu dobré dôvody. Viaceré recepty Egyptanov boli nesprávne. To, čo Egyptania pomocou nich vypočítali, niekedy vôbec nesúviselo s tým, čo tvrdili, že počítajú. Môžeme sa spýtať, prečo

<sup>33</sup> KUHN, *The Essential Tension*, s. xvii.

<sup>34</sup> CROWE, „Ten ‚Laws‘ Concerning Patterns of Change in the History of Mathematics.“

<sup>35</sup> Pozri KVASZ, *Patterns of Change*, s. 14–84.

Crowe epistemickú ruptúru oddelujúcu egyptskú matematiku od gréckej neuvažuje. Táto ruptúra spĺňa požiadavku, ktorú Crowe kladie na revolúciu a tak vyvracia jeho tézu, že v matematike sa revolúcie nevyskytujú.

#### 4.2 Požiadavka jednoznačnosti

Rozlíšenie epistemických ruptúr rôznych typov umožňuje pri čítaní diela filozofov vedy (Kuhn, Popper, Lakatos, Piaget, Feyerabend, Polanyi, ...) alebo historikov (Koyré, Crowe, Dauben, Mehrtens) položiť otázku, ktorý typ ruptúry majú na mysli. Ukazuje sa totiž, že spravidla vychádzajú z analýzy jedného typu, ktorého priebeh povýšia na všeobecný princíp. Mnohé z klasických kontroverzií vo filozofii alebo histórii vedy sú ovplyvnené skutočnosťou, že účastníci diskusie majú na mysli ruptúry rôznych typov, ale keďže svoje tvrdenia formulujú všeobecne, dostávajú sa do rozporov s ostatnými.

Rozpor medzi Kuhnovou teóriou vedeckých revolúcií a Lakatosovou teóriou vedecko-výskumných programov bol takýto. Kuhn, keď svoju teóriu ilustruje, uvádza príklady, ktoré sú najčastejšie re-prezentáciami. Naproti tomu Lakatosove príklady sú re-formuláciami. Preto je prirodzené, že dospeli k opačným záverom v otázke povahy vývinu vedy. Naša analýza ukazuje, že ich spor je zdanlivý, a v skutočnosti obaja verne opisujú rôzne procesy reálne existujúce vo vývine vedy.

Podobne kontroverzia Crowea s Daubenom o tom, či sa v matematike vyskytujú revolúcie, vyplýva z používania pojmu vedeckej revolúcie v zmysle jej rôznych typov. Kým Crowe vymedzuje pojem vedeckej revolúcie tak, že do úvahy prichádzajú jedine *ideácie* (a potom ideáciu súvisiacu s prechodom od Egyptskej ku gréckej matematike ignoruje), Dauben vymedzuje tento pojem v zmysle, ktorý zahŕňa aj *re-prezentácie* a oba jeho príklady – objavenie nesúmerateľnosti a následné prebudovanie matematiky z aritmetického základu na geometrický, rovnako ako objav teórie množín a následné prebudovanie matematiky na množinový základ – sú príkladmi re-prezentácií.

Takto klasifikácia epistemických ruptúr umožňuje pri mnohých kontroverziách lepšie porozumieť tomu, o čom jednotlivé strany hovoria a dovoľuje nám na miesto úlohy rozsúdiť zdanlivo si protirečiacie názory postaviť úlohu využiť pozitívny obsah názorov jednotlivých strán na porozumenie vývinu vedy. Ten je natoľko zložitý, že je v ňom dosť miesta pre väčšinu filozofických téz. Aby ich však bolo možné do nášho obrazu vývinu vedy zabudovať, treba vyjasniť, o čom príslušné tézy vlastne hovoria.



### 4.3 Jemná štruktúra vedeckých revolúcií

Giulio Giorello v stati „The ‚Fine Structure‘ of Mathematical Revolutions: Metaphysics, Legitimacy, and Rigour“<sup>36</sup> navrhuje skúmanie jemnej štruktúry vedeckých revolúcií. Podľa jeho názoru vedecká revolúcia nie je udalosť odohrávajúca sa v jednom okamihu, ale skôr postupný a pomalý proces, prechádzajúci rôznymi fázami. Klasifikácia epistemických ruptúr poskytuje nástroj na opis takejto jemnej štruktúry. Uvažujme revolúciu spojenú so zrodom kvantovej mechaniky. Táto revolúcia sa začala roku 1900 Planckovými prácami o žiarení absolútne čierneho telesa, v ktorých sa idea kvánt objavuje ako určitý trik. Planck si bol vedomý, že idea kvánt protirečí princípom klasickej fyziky a veril, že sa časom podarí jeho odvodenie zákona žiarenia čierneho telesa nahradiť klasickým odvodením, v ktorom by žiadne kvantá nevystupovali. To znamená, že kvantovú hypotézu chápal ako (dočasnú) *re-formuláciu*. V ďalšom kroku Einstein roku 1905 v teórii fotoefektu prehĺbil interpretáciu Planckovho triku a s kvantami žiarenia začal pracovať, akoby naozaj existovali. Pre Einsteina kvantá už neboli iba záležitosťou formálneho aparátu, ale reálne existujúcimi objektami. Tým sa opisovaná revolúcia prehĺbuje, nadobúda charakter *objektácie*. Celá „stará“ kvantová mechanika sa rozvíja na tomto základe, napríklad Bohrov model atómu alebo Debyeova teória tuhých látok. Prehĺbovanie revolúcie až na úroveň *re-representácie*, teda po úroveň, na ktorej bola táto revolúcia úspešne zavŕšená Heisenbergom a Schrödingerom, začalo roku 1923, keď de Broglie vyslovil ideu, že nielen svetlo, ale všetky častice majú dualistickú vlnovo-korpuskulárnu povahu. Tak z kvantovej hypotézy, ktorá v predošlom štádiu slúžila na opísanie žiarenia (t.j. išlo o objektáciu kvánt žiarenia), sa stáva základný princíp reprezentácie skutočnosti. Vlnovo-korpuskulárnu dualitu už nie je vlastnosťou zvláštneho typu objektov – kvánt žiarenia, ale je to univerzálny princíp, platný pre všetky objekty.

Vidíme, že kvantová re-representácia sa skutočne nezrodila naraz, v jednom okamihu, ale tento proces trval zhruba 30 rokov. Pritom, zdá sa, že termíny *re-formulácia*, *objektácia* a *re-representácia* verne opisujú postupnosť ruptúr, a teda aj dynamiku tohto procesu. Pri jemnejšej analýze histórie kvantovej teórie by sme pravdepodobne objavili viaceré re-formulácie a viaceré objektácie, čo by umožnilo „jemnú štruktúru“ tejto re-representácie presnejšie opísať, podobne ako Giorello opisuje „jemnú štruktúru“ inej re-

<sup>36</sup> Giulio GIORELLO, „The ‚Fine Structure‘ of Mathematical Revolutions: Metaphysics, Legitimacy, and Rigour. The Case of the Calculus from Newton to Berkeley and Maclaurin.“ In: GILLIES, D. (ed.), *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press 1992, s. 134–168.

prezentácie – objavu diferenciálneho a integrálneho počtu. Dôležitou objektáciou bol napríklad prechod od de Broglieho chápania vlnovej funkcie ako vln matérie, k pravdepodobnostnej interpretácii, podľa ktorej vlnová funkcia zadáva rozdelenie pravdepodobnosti výskytu častice, a nie rozloženie látky. To znamená, že k objektáciám dochádza aj po tom, ako sa uskutočnila reprezentácia, ktorá určuje charakter celej revolúcie. Vedecká revolúcia teda predstavuje proces, ktorý môže obsahovať viaceré ruptúry nižšieho rádu, než ako je najväčšia ruptúra, ktorá dáva celej revolúcii jej charakter. Verím, že teória epistemických ruptúr umožňuje „jemnú štruktúru“ vedeckých revolúcií presnejšie opísať.

#### 4.4 Konfrontácia ruptúr a revolúcií

Kým ku každej vedeckej revolúcii prislúcha epistemická ruptúra, ktorá predstavuje jazykovú stránku revolúcie, nie každá ruptúra prerastie vo vedeckú revolúciu. Svedčí o tom vývin syntetickej geometrie. V *Patterns of Change* som opísal šesť epistemických ruptúr vo vývine geometrie.<sup>37</sup> V literatúre sa však ako revolúcia diskutuje iba jedna z nich, a to objav neeuklidovskej geometrie. Takto odlíšenie epistemických ruptúr a vedeckých revolúcií umožňuje nastoliť otázku: *Ktoré epistemické ruptúry prerastú vo vedecké revolúcie?* Je čudné, že zo šiestich objavov, ktoré sú z formálneho hľadiska podobné, vedecké spoločenstvo vybralo iba jeden ako revolučnú zmenu, a zvyšným piatim ruptúram prisúdilo charakter imanentného vývinu. Otázka znie, prečo je objav neeuklidovskej geometrie natoľko inak hodnotený než ostatné, s ním po lingvistickej stránke ekvivalentné ruptúry?

Skutočnosť, že po lingvistickej stránke sú uvažované ruptúry rovnaké, naznačuje, že to, čo rozhoduje o pripísaní revolučného charakteru tej ktorej ruptúre, nie je ani tak jej prínos pre samotnú vedu ako skôr mimovedecké dôvody. Aké, o tom si môžeme utvoriť predstavu, keď si pripomenieme úlohu geometrie vo filozofii tesne pred objavom neeuklidovskej geometrie, napríklad u Kanta. Kant tvrdenia geometrie považoval za príklad syntetických súdov a priori. Apriórne súdy predstavovali absolútne isté poznanie, ktoré žiadne aposteriórna skúsenosť nemohla spochybniť. Na druhej strane, keďže boli súčasne aj syntetické, predstavovali skutočné poznanie, v protiklade so súdmi analytickými, ktoré nám môžu nanajvýš nejaký pojem objasniť, ale naše poznanie neobohatia. Na základe Kantovho výkladu sa geometria stala vzorom poznania. Načo Kant tento vzor potrebuje? Zdá sa, že na kritiku me-

<sup>37</sup> KVASZ, *Patterns of Change*.

tafyziky! Metafyzika nedisponuje syntetickým a priori, a teda je poznaním, ktoré je buď apriórne a analytické, ale potom vlastne žiadnym skutočným poznaním nie je a predstavuje skôr súbor lingvistických explikácií. Alebo je metafyzika síce syntetická, ale a posteriori, a preto, ako poznanie pochádzajúce zo skúsenosti, musí byť aj skúsenosťou neustále preverovaná. Vidíme, že u Kanta dostáva geometria dôležitejšiu úlohu než poskytnúť poznanie o priestorových formách. Zdá sa, že revolučnosť objavu neeuklidovských geometrií je daná práve tým, že tento obraz geometrie rozbíja.

Ak je tomu naozaj tak, potom to, že ktoré epistemické ruptúry prerástli vo vedecké revolúcie, môže slúžiť ako „*detektor ilúzií*“, ktoré sme s vedou spájali, a ktoré nás vývin vedy prinútil opustiť. Kopernikovská revolúcia nás prinútila vzdať sa ilúzie, že sme stredobodom vesmíru; einsteinovská revolúcia rozbila ilúziu, že vo vede disponujeme definitívnym poznaním. Takto by sa otázka, ktoré epistemické ruptúry prerástli vo vedecké revolúcie, teda ktoré z množstva rovnakých zmien pritiahli k sebe pozornosť verejnosti, mohla stať cestou k lepšiemu pochopeniu toho, ako funguje veda v kultúre. To by vysvetlilo aj búrlivú odozvu na samotnú Kuhnovu knihu, ktorá zrejme tiež nebola vyvolaná záujmom o históriu vedy, ale skôr záujmami rôznych častí spoločnosti, ktoré na svoju legitimizáciu vedu bežne používajú. Takto oddelenie lingvistického a sociologického aspektu vývinu vedy, ako aj *následná konfrontácia* týchto dvoch aspektov, umožňujú odhaliť mnoho zaujímavého.<sup>38</sup>

#### 4.5 Zjemnenie pojmu *paradigma*

Ako sme už uviedli, naša výhrada voči Kuhnovej teórii spočíva v tom, že nediferencuje medzi rôznymi typmi vedeckých revolúcií a pod pojem vedeckej revolúcie zahŕňa rôzne typy zmien. Sú to jednak *ideácie*, ktoré analyzuje v súvislosti s newtonovskou revolúciou, *re-prezentácie*, kam spadá kopernikovská revolúcia a *objektácie*, ktorých príkladom je einsteinovská revolúcia. To má za následok, že základné kategórie Kuhnovej teórie, ako sú paradigma, anomália, kríza a revolúcia, ktoré získal na základe analýzy takto heterogénneho materiálu, môže vymedziť iba približne a obsahovo nešpecificky. Každá z Kuhnových kategórií totiž v sebe zahŕňa tri rôzne

<sup>38</sup> Keď pozitivistí urobili podobné oddelenie kontextu objavu a kontextu zdôvodnenia na začiatku tohto storočia, tým, že sa nikdy nepokúsili tieto dva kontexty navzájom konfrontovať, ochudobnili sa o to najproduktívnejšie, čo sa z podobného oddelenia dá získať. Až konfrontácia lingvistického a sociologického aspektu dejín vedy umožňuje položiť tie najzaujímavejšie otázky.

pojmy. Niečo iné tvorí paradigmu v prípade *ideácie*, niečo iné v prípade *re-prezentácie* a niečo iné v prípade *objektácie*. Preto neprekvapuje, že niektorí kritici Kuhnovi vyčítajú nejasnosť základných pojmov.

Aby bolo možné presnejšie vymedziť základné pojmy Kuhnovej teórie, navrhujem odlišiť rôzne typy vedeckých revolúcií. Potom bude možné zaviesť *paradigmu idealizácie*, ktorá kodifikuje, aký druh idealít veda používa (na opis pohybu planét *Kepler* používal atemporálne ideality zachytávajúce tvar trajektórie, kým *Newton* používal dynamické ideality zachytávajúce spôsob vznikania trajektórie), *paradigmu reprezentácie*, ktorá kodifikuje merateľné veličiny, spôsob opisu stavu a pohybovú rovnicu (*newtonovská reprezentácia* meria polohu, rýchlosť a hmotnosť, stav opisuje pomocou dvoch vektorov – vektora polohy a vektora hybnosti a pohybovou rovnicou je druhý *Newtonov zákon*, kým *maxwellovská reprezentácia* meria elektrický náboj a elektrický tok, stav opisuje pomocou dvoch vektorových polí a pohybovými rovnicami sú *Maxwellove rovnice*), *paradigmu objektácie*, ktorá kodifikuje priestor, charakter objektov a opis pôsobenia (*newtonovská mechanika* používa trojrozmerný euklidovský priestor, objektmi sú individuálne hmotné body umiestnené v tomto priestore a pôsobenie opisuje pomocou síl, kým *lagrangeovská mechanika* používa na opis  $n$  telies  $3n$ -rozmerný konfiguračný priestor, stav systému zadáva poloha a rýchlosť bodu v tomto priestore a pôsobenie opisuje pomocou *Lagrangeovej funkcie*, zadávajúcej rozdiel medzi kinetickou a potenciálnou energiou systému) a *paradigmu reformulácie*, ktorá je tvorená súborom vzorových riešení konkrétnych príkladov.<sup>39</sup>

Jednotlivé typy vedeckých revolúcií spočívajú v zmene príslušného typu paradigmy. Tak *ideácia* mení paradigmu idealizácie, *re-prezentácia* mení paradigmu reprezentácie a *objektácia* mení paradigmu objektácie. Pritom v priebehu *ideácie* sa mení aj paradigma reprezentácie a objektácie; podobne

<sup>39</sup> Kuhn pri zavádzaní pojmu paradigmy vymedzil paradigmu práve týmto spôsobom, ako súbor vzorových riešení určitých problémov. Keď však zoberieme konkrétny príklad, napríklad *Newtonovo odvedenie gravitačného zákona z Keplerových zákonov*, je zrejme, že tento príklad je „paradigmatický“ tromi rôznymi spôsobmi. Jednak predvádza *newtonovskú ideáciu*, keď ukazuje, ako je možné pomocou pohybových rovníc dostať tvar trajektórie. Po druhé predvádza *newtonovskú reprezentáciu*, keď zavádza opis stavu a konkrétnu podobu pohybovej rovnice. A po tretie predvádza *newtonovskú objektáciu*, teda absolútny priestor, hmotný bod a sily pôsobiace na diaľku. Okrem toho predvádza aj *Newtonovo majstrové riešenie* tohto konkrétneho problému. Táto mnohovrstvosť paradigmatického textu sa prejavovala v tom, že sme *Newtona* uvádzali ako ilustráciu pri *ideácii*, *re-prezentácii* aj *objektácii*. Text fixujúci nový paradigmatický *ideácie*, t.j. prinášajúci nové ideálne objekty, musí tieto nové objekty uviesť v ich plnej konkrétnosti, teda musí súčasne fixovať aj reprezentáciu a objektáciu.

ako v priebehu *re-prezentácie* sa mení aj paradigma objektácie. To umožňuje presnejšie opísať štruktúru vedeckej revolúcie toho ktorého typu. Revolúcia nie je jednorazový akt, ale skôr postupný proces zmien, obsahujúci okrem hlavnej ruptúry, ktorá určuje typ príslušnej revolúcie, aj viaceré ruptúry menších rádo. Pri každom type revolúcií majú iný charakter anomálie a inú hĺbku má príslušná kríza. Je možné, že po tom, ako oddelíme od seba jednotlivé typy vedeckých revolúcií, podarí sa pre každý z nich opísať jeho kognitívnu dynamiku.