

Teorija razvoja znanosti - rast fizikalnih paradig

dr. STANISLAV JUŽNIČ,
Fara 2, SI-1336 Vas

IZVLEČEK

Relativno moč posameznih fizikalnih paradig sem ocenil v obdobjih, ko so si z različnimi razlagami nasprotovale pri pojasnitvi določenih problemov. Uporabil sem model razvoja znanstvenih paradig v petih stopnjah, ki sem ga z nekaj nujnimi spremembami priredil po Toynbeejevem razvoju civilizacij. Obravnaval sem le rast; prvo od petih stopenj razvoja fizikalnih paradig. Omejil sem se predvsem na rast statistične mehanike po krizi v razvoju starejše mehanične teorije toplote zaradi težav pri opisu atomov in molekul ter entropije v drugi polovici 19. stoletja. Dogajanje sem preučeval na več ravneh, upoštevajoč raziskave, objavljene v publikacijah različne odmevnosti. Stopnjevanje je končno pripeljalo do podrobnosti, ki so zajele prav vse objave o atomizmu, povezane s habsburško monarhijo, katere del smo bili tudi Slovenci. S takšno podrobno analizo sem izpostavil doslej pogosto zanemarjen slovenski prispevek k zgodovini fizike. Opisal sem splošne zakonitosti rasti fizikalnih paradig. Ugotovil sem, da se raziskovalna prispevka v stari in v novi paradigmi zmanjšata v kratkem obdobju neposredno po tem, ko nova paradigma s svojim raziskovalnim prispevkom prekosí prispevek stare. Raziskovalno delo med rastjo različnih paradig sem razdelil na teorijski, eksperimentalni in tehnološki del in ocenil razmerja med njimi. Nakazal sem ovire, ki onemogočajo analitični filozofiji večji vpliv na razvoj sodobne znanosti.

Ključne besede: Kuhn, znanstvene revolucije, znanstvene paradigme, zgodovina fizike, Toynbee

ABSTRACT

THE THEORY OF SCIENCE DEVELOPMENT - THE GROWTH OF PHYSICAL PARADIGMS

The article deals with a model of the science development distributed in five stages which was borrowed from Toynbee's research of the development of civilizations with some necessary modifications. We estimated relative strength of physical paradigms in the periods, when they compete with each other by opposite descriptions of particular problems. We researched just the first of the five stages of development, the growth of physical paradigms. We limited ourselves mostly on the growth of statistical mechanics during the crisis of development of older mechanical theory of heat dealing with the atoms and entropy in the second half of 19th century. We researched this event by considering the publications in the media of different influence. At the end we used all published works connected with Habsburg monarchy including the lands inhabited by Slovenes. By such

details we also exposed Slovene part in the development of physics, which was often underestimated in the past. Above all we tried to discover the laws, that should hold good by the growth of physical paradigms. We found that the total research contributions of the old and new paradigm diminished shortly after the research contribution of the new paradigm surpassed it's older competitor. The research contributions were divided among the theory, experiment and technology. The ratios among them were estimated for the growths of different paradigms. We pointed out the obstacles that prevent analytical philosophy from having greater influence on the development of modern science.

Key words: Kuhn, scientific revolutions, scientific paradigms, history of physics, Toynbee

1) UVOD

Po Hermanu von Helmholtzu (1821-1894) je bilo fiziko mogoče razdeliti na štiri panoge: **Mehaniko**, optiko ali nauk o Svetlobi, **Elektriko** in **Magnetizem** ter nauk o **Toploti**. V njih se je razvilo trinajst paradigem: antična mehanika (M1), Newtonova, pozneje analitična mehanika (M2), Newtonova korpuskularna optika (S1), transverzalna valovna optika s teorijo polja (S2), elektrostatika (EM1), elektrodinamika (EM2), elektromagnetizem s teorijo polja (EM3), Blackova in Laplaceova teorija toplote s Fourierovo teorijo prevajanja (T1), mehanična teorija toplote s kinetično teorijo molekul (T2) ter statistična in kvantna mehanika (T3). Zadnja je v 20. stoletju skupaj s teorijo relativnosti vplivala tudi na razvoj vseh drugih panog fizike v paradigmah M3, S3 in EM4.

2) METODA RAZISKOVANJA

Raziskovanje je potekalo v treh stopnjah:

(1) Delo 740 fizikov (Asimov, 1978) sem razporedil v 4 fizikalne panoge.¹ Vsaki panogi sem pripisal 3 ali 4 paradigme, ki so se razvijale skozi 5 bolj ali manj ločenih stanj: *rast*, *zlom*, *univerzalnost*, *krizo* in *prevrat* ali *revolucijo*. Obdobje pred uveljavitvijo katerekoli paradigme v določeni panogi sem po Kuhn uimenoval pred-paradigmatsko, obdobje nastajanja prve paradigme pa genezo (Toynbee, 1962; Južnič, 1985a; Ule, 1992, 148; Kuhn, 1998). V štirih fizikalnih panogah sem spremljal 8 polno razvitih paradigem. Druge še niso dosegle končne stopnje razvoja, začetna stanja prve paradigme mehanike pa spadajo v antiko.

(2) Raziskovanje sem stopnjeval tako, da sem uporabil Brushov (1976) popis objavljenih del med rastjo paradigme T3 ter tisti del rasti, zloma in predvsem univerzalnega stanja paradigme T2, ki je obravnavala atomistiko. Število in kakovost objavljenih del natančneje ponazarjata razvoj, saj je posamezne razprave lažje oceniti od njihovih avtorjev.

¹ Asimov popis sem dopolnil še z osmimi fiziki: Benjamin Wilson (1708-1788, EM), Rudjer Bošković (1711-1787, M), William Watson (1715-1788, EM), Pierre-Charles Lemonnier (1717-1790, EM), Denis Poisson (1781-1840, T in S), Gabriel Lamé (1795-1870, T), Emile Clapeyron (1799-1832, T) in Carl Holtzmann (1811-1865, T).

(3) Podrobneje sem raziskal dogodke ob zamenjavi paradigme T2 s T3. Brushov popis sem dopolnil z deli, tiskanimi na območju habsburške monarhije in z drugje objavljenimi deli raziskovalcev iz teh dežel med leti 1855-1875 (vključno). Tako sem opazil manj znano jalo rast atomizma v T2, ki je sledila zlomu paradigme T2 ob problemih entropije ter eksperimentalnega raziskovanja atomov in molekul. Vzporedno sem raziskal še razvoj atomizma v T3 ter medsebojne vplive med raziskovalci paradigme T2 in T3 na območju habsburške monarhije.

Že površni pregled brez obravnave objavljenih del kaže zveze in sorodnosti med posameznimi paradigmami ter ideje in poskuse, ki so botrovali nastanku in razvoju novih stanj paradigme. Popis Asimova (1) omogoča primerjavo posameznih paradigem oziroma njihovih stanj po moči in trajanju. Brushov popis (2) sem uporabil za raziskovanje razvoja fizikalne atomistike v T2 in T3 ter vzrokov in okoliščin za prevlado T3. Dopolnjen Brushov popis z objavami, povezanimi s habsburško monarhijo (3), je sliko še dopolnil.

Natančnost obravnave sem povečeval v treh korakih:

(1) Vse panoge in njihova stanja ($8 \cdot 5$ (+5 nepopolnih)) med leti 1650-1900.

(2) Del razvoja paradigme T2 in rast T3 med leti 1800-1900.

(3) Del dezintegracije univerzalnega stanja T2 (atomistike) in zgodnja rast T3 med leti 1855-1875 (vključno) v habsburški monarhiji.

Najprej sem obravnaval fizikalne ideje, za njimi avtorje našete pri Asimovu (1) in nato še njihova objavljena dela po Brushu ter dopolnjene Brushove ocene njihove kakovosti (2). Za konec sem si prihranil še popoln popis objavljenih del v habsburški monarhiji med leti 1855-1875 (3).

Nasprotje med T2 in T3 se je najprej pokazalo ob razlikah med mehaničnim in statističnim opisom entropijskega zakona. Statistični pristop je z delom Škota Jamesa Clerka Maxwella (1831-1879) in Avstrijca Boltzmann (1844-1906) prevladal nad idejami Nemca Clausiusa (1822-1888), ki jim je na začetku raziskovalne poti sledil tudi Boltzmann (1866). Opis tekmovanja med paradigmami se v osnovnih potezah ni oddaljil od pričakovanj, razen kolikor sem kinetično teorijo plinov z razpravami o atomih v prvotnem modelu štel k T3 (Južnič, 1985a, 286), po obravnavi Brushovega (1976, 705-769) popisa pa jo opisujem kot univerzalno paradigmo T2. V popravljenemu modelu je bil skupni teorijski in eksperimentalni raziskovalni prispevek v T2 skoraj trikrat večji od T3.² Še večje so bile razlike med številoma raziskovalcev obeh paradigem. Del razlike je nastal zaradi razvoja paradigme T3 v 20. stoletju, ki ga po Brushu (1976) nisem upošteval in sem tako zanemarl celotno revolucijo in raziskovalne prispevke ob koncu drugih stanj T3.

3) MOČ RASTI IN DRUGIH STANJ PARADIGEM

Če so bili novo odkriti oziroma predparadigmatski pojavi enako tuji osnovnim postavkam paradigem, ki so si prizadevale za njihovo razlago, je izid tekmovanja določal relativno moč (elan) paradigem. Takšna soočanja nasprotujočih si teorij omogočajo sestavo "elanske vrste" paradigem (Južnič, 1985a, 288-289; Ule, 1998, 207).³

² Raziskovalnega prispevka v tehnologiji Brush ni obravnaval.

³ Z začetnicami so označena tudi stanja paradigem v *Biologiji* in *Kemiji*.

Leto	Pojavi (tehnologije)	Relativna moč nasprotujočih si paradig
1600-1619; 1687	Privlačna sila med nebesnimi telesi	$M1k < M1u; M1u < M1p$ (Galileo; Newton)
	Svetlobni eter	$M1u < S1p$
1700-1750	Gorenje in segrevanje	$K1u < M2r$
1750; 1789-1800	Elektrika v ozračju in pod površjem	$M2r < EM1r; B2u < EM1u$
1801-1810	Nevidni infrardeči in ultravijolični žarki	$K2z < T1r < S1k = S1r$
1800-1830	Elektroliza	$K2u \leq EM3r$
1808-1811	Atomizem	$M2u < T1z < K2z$
1819-1835	Telegraf	$M2u < EM3r$
1831-1845	Valovna teorija toplote	$T1k < S2r$ (Brush, 1976)
1835; 1854-1876	Notranjost Zemlje	$T1u < B2k; T2u < B2k = B3r$ (W. Thomson)
1842-1848	Ohranitev energije	$M2u < T1p$
-1860	Teorija elastičnosti	$M2u < T1u$ (Lamé, 1861)
1860-	Spektroskopija	$K2z < S2u$
1864-1872	Kinetična teorija	$M2u < K2k = K2p < T2u$
1873	Enotna teorija sil in polj	$T2k < S2z = S2u < EM3z = EM3u$ (Maxwell)
1895-	Nevidni žarki ob radioaktivnem razpadu	$S2u = EM3u = T3z < K3z$ (Becquerel, Curie)
1900	Sevanje črnega telesa	$S2u = EM3u < T3u$ (Planck)
1905-1915	Kozmologija	$M2k < EM3k = S3k$ (Einstein)
1918-1931	Televizija	$M3r < EM3p$ (Zworykin)

Paradigme kažejo večjo ali manjšo moč ob medsebojnih stikih. Močnejše prevladajo nad teknicami s prepričljivejšim opisom novo odkritih ali predparadigmatskih pojavov.

Ob merjenju moči lahko med seboj primerjamo posamezna stanja paradig. Paradigme so med razpadom (univerzalno stanje, kriza) vedno šibkejše od tistih, ki še *rastejo*. Moči paradigme ne opredeljuje širina njenih vplivov v fiziki, temveč notranja dograjenost, ki omogoča pomembne raziskovalne uspehe. Tako npr. razširitev mehanicizma v 19. stoletju ni bila znak moči paradigme M2, temveč je kazala le širino nje-nega razpada (Ule, 1992, 232). Mehanicizem je bil zato zelo sprejemljiv za opis novih odkritij in mejnih pojavov v fiziki. Še posebno se je zdela privlačna filozofija, ki ga je podpirala, saj je svoj čar obdržala do današnjih dni.

4) RAST FIZIKALNIH PARADIGEM

Pred poldrugim desetletjem sem objavil vrsto razprav o *znanosti o razvoju znanosti* (Ule, 1998, 204, 208). Popisal sem dosedanje fizikalne paradigme in jih primerjal med seboj. Premajhno poznavanje zgodovine fizike sem v naslednjih letih odpravil s številnimi raziskavami posameznih odkritij in jih sproti vključeval v svoj model

razvoja znanosti. Bogatejši za številna dognanja se s tem prispevkom vračam k prvotni temi. Po genezi fizikalnih paradigem (Južnič, 1985a) tokrat opisujem njihove rasti.

Za rast je značilno prepletanje izzivov novih pojavov z razmeroma popolnimi in hitrimi objavami razlag zanje. Rast sama po sebi nima ne cilja ne smeri, prinaša pa napredek v poznavanju raziskovanih pojavov. Novi izzivi črpajo vedno globlje iz notranjih problemov paradigme. Paradigma se med rastjo izpopolnjuje in postaja vedno bolj svoje lastno okolje.

Rast paradigme je "normalno znanstveno raziskovanje" (Kuhn, 1998, 40) in obsega tri področja:

1) Reševanje ugank, ki so jih raziskovalci že ob nastanku paradigme razglasili za pomembne.

2) Raziskovanje sorodnih dejstev, ki se nanašajo na osnovne postavke (trdno jedro) paradigme.

3) Urejevanje notranje strukture (jedra) paradigme z določanjem konstant in zakonov ter raziskovanjem mejnih pojavov.

Normalno raziskovanje se razvija in raste tako, da vsak odgovor (odziv) sproži naslednje vprašanje (izziv), ki je še pomembnejše za notranjo zgradbo paradigme.

4.1) Značilnosti rasti fizikalnih paradigem

Rast paradigem:

a) *Sledi genezi* iz predparadigmatskega okolja.

b) Začne se kot *odgovor na zlom* starejše paradigme ob problemih, ki presežejo njene zmogljivosti. Med rastjo nove paradigme raziskovalci iščejo boljše odgovore na izzive teh problemov.

Vzporeden razvoj različnih predlogov za novo paradigmo ni bila izjema v različnih šolah, razvitih znotraj dežel civilizacije, ki jo je Toynbee (1962) imenoval Western Catholic. Številnost predlogov je spodbujala tudi univerzalna usmeritev stare paradigme, npr. po zlomu mehanične teorije toplote (T2) ob problemih molekul in atomov ter entropije. Med ponujenimi teorijami se je najbolj uveljavila kinetična teorija plinov (T2u); razširitev mehanične teorije toplote v novo področje raziskovanja majhnih nevidnih sestavin snovi. Omogočila je razširitev območja veljavnosti T2 v širše območje fizike ali celo vsega naravoslovja. T2u je bila uporabljana tudi daleč zunaj fizikalnih problemov, za katere je bila prvotno sestavljena.

K splošni veljavnosti so si pred T2u prizadevale tudi starejše teorije, razvite v paradigmi T2: zakon o ohranitvi energije pri Mayerju (1814-1878) (Mayer, 1842; Ule, 1992, 259) ter domneva o toplotni smrti vesolja pri Clausiusu in Thomsonu (1824-1902), poznejšem lordu Kelvinu (Thomson, 1852; Clausius, 1867). Ideja o toplotni smrti vesolja je bila eden izmed jalovih (abortivnih) poskusov razvoja univerzalne paradigme mehanične teorije toplote, ki jo je med drugimi odklanjal tudi Boltzmann.

4.2) Rast statistične mehanike (T3r) iz kinetične teorije plinov (T2u)

4.2.1) Kinetična teorija plinov kot univerzalna paradigma mehanične teorije toplote

Za mehanično teorijo toplote so v angleškem jeziku uporabljali splošnejši naziv thermodynamics. Izraz je v nemškem zapisu prvi uporabil Andreas Baumgartner (1793-1864) v učbeniku, ki so ga v petdesetih letih 19. stoletja uporabljali tudi na gimnazijah v Ljubljani, Celovcu in Novem mestu (Baumgartner, 1837; Brush, 1976, 322; Kangro,

1976, 229). Univerzalna teorija "gibanja, ki mu pravimo toplota (T_2u)" je imela več raziskovalnih programov (Ule, 1996, 102), ki so se razlikovali po opisu atomov in molekul ter njihovega gibanja:

a) Vrtinčni model Rankina (1820-1872) z atomi kot vrtinci v etru ali snovi (Rankine 1859).

b) Valovni model s toploto kot valovanjem, podobnim svetlobi. Med zapoznelimi zagovorniki tega modela je bil tudi Slovenec iz Ježice pri Ljubljani Karel Robida (1804-1877), ki je Jožefa Stefana (1835-1894) učil fiziko na gimnaziji v Celovcu. Danes vemo, da se valovanje toplote v resnici samo po valovni dolžini razlikuje od svetlobe.

c) Dynamida, snovno atomsko jedro, obdano z atmosfero etra (Redtenbacher, 1857).

d) Modeli gravitacijske oziroma električne sile z ali brez etra. Nasprotniki etra so pogosto zavračali tudi vse podobne s poskusi nedoločljive snovi.

Med modeli atomov je bila za razvoj fizike gotovo najpomembnejša kinetična teorija gibanja atomov in molekul, ki sama po sebi ni reševala vprašanja obstoja etra. Prve razprave o kinetični teoriji so bile pozneje pozabljene, saj so jih objavljali že: Daniel Bernoulli (1700-1782) leta 1738, John Herapath (1780-1868) leta 1821, John James Waterston (1811-1883) leta 1845, James Prescott Joule (1818-1889) leta 1848 in drugi. Sodobno renesanso kinetične teorije je prinesla razprava, ki jo je objavil Krönig (1822-1879) iz Berlina, profesor fizike na realki in urednik osrednjega referenčnega časopisa *Fortschritte der Physik*. Krönigovo delo je naslednje leto vzbudilo k objavi pomembnejšega Clausiusa, profesorja fizike na univerzi v Zürichu med leti 1855-1867 (Krönig, 1856; Clausius, 1857).

Krönig je zapisal osnovne enačbe kinetične teorije plinov. V njegovi izpeljavi so bile napake in tudi sama ideja ni bila povsem nova. Odmevnost njegove razprave kaže novo usmeritev k iskanju enostavnih matematičnih zvez med vidnimi (makroskopskimi) in nevidnimi (sub-mikroskopskimi) fizikalnimi količinami.

Krönigov dosežek sprva ni imel praktičnega pomena, saj je bilo mogoče eksperimentalno opazovati le makroskopske količine. Opisal je trke molekul plina ob stene posode. Bil je eden bolj zagrizenih zagovornikov stroge kinetične teorije. Tako je še leta 1864 zanikal obstoj privlačnih sil med molekulami plina v kritiki dve leti starejšega dela dunajskega, pozneje graškega srednješolskega profesorja fizike in izrednega profesorja na univerzi v Gradcu Šubica (1830-1903) iz Poljanske doline pri Škofji Loki (Šubic, 1862; Krönig, 1864). Kljub Robidovi napovedi Šubic ni javno odgovoril na Krönigovo kritiko (Robida, 1865, 228).

Clausius je že pred Krönigovo objavo raziskoval kinetično teorijo toplote. Vendar njene napovedi niso bile preverljive, zato je odlašal z objavo. Uporabil je splošnejši pristop, saj se ni omejeval na pline. Ob translaciji je vpeljal še rotacijo in vibracijo atomov in molekul. V večjem delu razprave ni uporabil zahtevne matematike. To se je spodobilo za avtorje, ki so odpirali nove strani razvoja fizike, saj sta svoja dognanja v podobni poljudni obliki objavila tudi odkritelja zakona o ohranitvi energije (Mayer, 1842; Helmholtz, 1847). Prav zato sta imela težave pri iskanju izdajatelja, ki se jim je bolj uveljavljeni raziskovalec Clausius lahko izognil.

Na koncu razprave je Clausius dodal matematične izpeljave in zapisal zgodnjo inačico 2. Gay-Lussacovega zakona (Kuščer, 1974, 26), po katerem se razmerja med energijami posameznih vrst gibanja ohranjajo zaradi medsebojnih trkov molekul.

Clausius (1857) je sprožil veliko polemik, saj je že prej zaslovel s številnimi razpravami o termodinamiki. V nemško govorečih deželah je bilo še veliko drugih opisov atomov, tudi pod vplivom nemške idealistične filozofije. Najpomembnejši je bil sistem Dynamid J.F. Redtenbacherja (1809-1863), ki je bil rojen v Zgornji Avstriji.

Študiral je pri Andreasu von Ettingshausnu (1796-1878) na dunajski Politehniki med leti 1825-1829 in nato prav tam asistiral pri strojniških predmetih do leta 1833. Od tod velik vpliv Redtenbacherjevih idej na habsburške, med njimi tudi na slovenske dežele. J.F. Redtenbacherjev bratranec Joseph Redtenbacher (1810-1870) je bil profesor kemije na Dunajski univerzi in član Dunajske akademije od ustanovitve 14. 5. 1847. Med leti 1833-1841 je J. F. Redtenbacher predaval na visoki industrijski šoli v Zürichu. Tam so 14 let po Redtenbacherjevem odhodu sprejeli za univerzitetnega profesorja prav toliko let mlajšega Clausiusa, na katerega je gotovo močno vplival.

Redtenbacherjeve ideje so upoštevali tudi raziskovalci naslednje generacije. Navajal jih je tudi Šubičev prijatelj Sekulić (1833-1905) iz Like (Sekulić, 1874, 110), ki je Clausiusovi kinetični teoriji pripisal prednost pred Dynamidami.

Več let po Clausiusovi objavi iz leta 1857 so v Ann. Phys. objavljali polemike o kinetični teoriji. Clausiusove ideje so prevladale potem, ko sta jih Maxwell in Boltzmann spremenila v novo paradigmo, po Američanu Gibbso (1839-1903) imenovano statistično mehaniko (Gibbs, 1902).

Za bralce z anglosaškega področja je John Tyndall (1820-1893) sproti prevajal Clausiusove razprave za Philosophical Magazine. Na Angleškem so sicer večkrat kritizirali Clausiusovo pojmovanje entropije, ne pa njegove kinetične teorije. Vodilna britanska raziskovalca Thomson in Peter G. Tait (1831-1901) sta se nekajkrat potegovala za prioriteto proti sočasnim Clausiusovim odkritjem. Skupaj z Maxwellom sta se tudi norčevala iz Clausiusovih nazivov za termodinamične funkcije. Kljub temu smo med celo vrsto Clausiusovih skovank ohranili vsaj energijo in entalpijo.

4.2.2) Rast statistične mehanike (T3r)

V šestdesetih letih 19. stoletja mehanična teorija toplote ni več imela tiste kreativne moči, iz katere je črpala pred dvajsetimi leti ob prvih matematičnih zapisih zakona o ohranitvi energije. Njena raziskovalna ost se je zlomila ob prizadevanjih za dosleden opis entropije in atomov z enačbami klasične mehanike.

Že Sadi Carnot (1796-1832) je objavil prve zamečke pojma entropije (Carnot, 1824), ki sta jih v sodobno matematično obliko razvila Clausius in Thomson četrto stoletja pozneje. Entropija je bila nova vrsta fizikalne spremenljivke, ki je lahko le naraščala ali ostajala enaka. Mnenja o pomenu absolutne vrednosti entropije so si nasprotovala še globoko v 20. stoletju (Darrigol, 1991, 237-298). Kritiki so pogosto navajali paradokse, ki naj bi jih stroga uporaba entropijskega zakona sprožila pri obravnavi znanih pojavov v mehaniki. Med njimi je najbolj znan paradoks Stefanovega sodelavca Čeha Loschmidta (1821-1895), ki ga je že pred njim obravnaval Robida (Loschmidt, 1876; Robida, 1864).

Raziskovalcem se je zdelo zelo pomembno izpeljati drugi (entropijski) zakon termodinamike iz mehanike, podobno kot prvega (Planck, 1887). Boltzmann je poskusil že v svoji disertaciji leta 1866 z uporabo istega leta objavljenega principa najmanjšega dejstva Karla Gustava Jacoba Jacobija (1804-1851). Neodvisno od Boltzmannja je splošnejšo razpravo priobčil Clausius leta 1870. Zato sta se med leti 1871-1872 oba raziskovalca potegovala za prioriteto.

Kljub delnim uspehom se je pokazalo, da pojma entropije ni mogoče izpeljati iz klasične mehanike. Prepričanje se je uveljavilo zaradi poznejšega Clausiusovega in predvsem Boltzmannovega dela, v katerem se je uveljavil statistični pristop. Ta je kot nova univerzalna metoda prerasel mehanično teorijo toplote in postal orodje, s katerim so zgradili novo statistično fiziko in pozneje kvantno mehaniko.

Boltzmann (1866) in Clausius (1870) nista vedela, da z mehanično interpretacijo

entropije opravljata Sizifovo delo, kar je Maxwell spoznal v pismu Gabrielu Stokesu (1819-1903) leta 1859. Tako je za Maxwella mogoče trditi, da je že ob začetku svojega dela raziskoval novo paradigmo T3. Leta 1873 in 1875 je kritiziral determinizem mehanične univerzalne paradigme M2u (Plato, 1991, 83).

Boltzmann se je moral novi paradigmi T3 šele priučiti. Clausius je samo v eni izmed svojih razprav obravnaval Maxwell-Boltzmannovo porazdelitev, sicer pa je vse-skozi raziskoval mehanično teorijo toplote (T2).

Šubicu je mogoče pripisati stališče podobno Clausiusovemu. Šubic je bil še strožji zagovornik univerzalnosti mehanične teorije toplote (T2), zato je Clausiusa tudi kritiziral v letih 1863 in 1864.

Težko je določiti ustrezno mesto Stefanu. Po zgodnjih delih (Stefan, 1858 in 1863) ni več objavljajal teorijskih razprav o naravi toplote, še posebej ne o entropiji. Vendar občasne Stefanove obravnave kažejo (Stefan, 1872), da je Boltzmannovim raziskovanjem sledil in jih sprejemal, čeravno jih je podpiral predvsem s poskusi. Težje je opredeliti Stefanovo mnenje o Loschmidtovem paradoksu.

Nova teorija statistična mehanika (T3) se je sprva razvijala predvsem v dveh središčih. Prvo je bilo na Dunaju in v Gradcu z Loschmidtom, Stefanom ter Boltzmannom, drugo pa v Londonu z Maxwellom med leti 1860-1865. Pozneje so začeli nove ideje razvijati tudi na drugih univerzah: v Budi (Szily, 1872-1876), v Berlinu (Helmholtz, 1884) itd.

Med leti 1866-1894 je poskuse izpeljave entropijskega zakona iz mehanike izpodrinil uspešnejši statistični pristop. Udomačil se je predvsem v Veliki Britaniji, medtem ko je Boltzmann ostal razmeroma osamljen v Avstriji. Središče raziskovanja se je deloma preselilo v Anglijo, konec stoletja pa v Berlin, kjer je Planck (1859-1947) po letu 1900 statistično mehaniko (T3r) razvil v kvantno mehaniko (T3u). Rast T3 se je zlomila med leti 1925-1927, ko je med nasprotujočimi si interpretacijami za več kot tri četrtine stoletja prevladala "köpenhagenska", razmeroma pozitivistična in indeterministična.

Nova paradigma T3 je nastala znotraj starejše paradigme T2. Med raziskovalci v obeh paradigmah opazimo celo iste osebe. Vlogi oseb se v našem in v Toynbeejevem (1962) objektu raziskovanja močno razlikujeta. Pri Toynbeeju ista oseba ne more delovati v več različnih prostorsko in časovno ločenih civilizacijah. Poznamo pa veliko raziskovalcev, ki so raziskovali v različnih fizikalnih paradigmah, med njimi sta bila tudi Stefan in Boltzmann. Tako pojem raziskovalca v našem modelu ustreza širšemu pojmu pri Toynbeeju. Podoben je institucijam, ki se po krizi⁴ razvijajo naprej v naslednji civilizaciji. Posamezne zgodovinske osebe seveda nimajo te možnosti.

4.2.3) Preučevanje rasti paradigem na Brushovem (1976) vzorcu

Zamenjavo paradigme T2 s paradigmo T3 si lahko ogledamo v Brushovem (1976) popisu objavljenih del. Podrobnejši ogled nam bodo omogočile dopolnitve z razpravami avtorjev, ki so bili rojeni ali so objavljali v habsburški monarhiji med leti 1855-1875 (vključno).

Rast nove paradigme se je v tem in drugih primerih začela že med zlomom stare. Višek je dosegla v krizi, ko je nova paradigma po tehtnosti objavljenih raziskav prvič presegla delež stare. Žal ima model pomanjkljivosti:

1) Ena sama paradigma nikoli povsem ne prevladuje, ker vzporedno z zlomi prihaja do rasti novih paradigem.

⁴ Medvladje, interregnum, smutnoe vremja (Toynbee, 1962, 290-393).

2) Posamezne panoge fizike so doslej zamenjale le po tri ali štiri paradigme, kar je premalo za povsem prepričljiv model razvoja.

3) Večina zgodovinarjev znanosti meni, da raziskovalni prispevek eksponentno narašča s časom. Vendar tako hitre in enostavne rasti ne moremo pripisati prav vsem raziskovalnim usmeritvam. Tako se npr. med krizo, ko nova paradigma doseže prispevek stare, skupni raziskovalni prispevek poveča. Po prevladi nove paradigme se skupni raziskovalni prispevek zmanjša tako glede števila objav, kot glede njihove kakovosti.

Ob zamenjavi kinetične teorije (T2u) z novo paradigmo, statistično mehaniko (T3r), je prišlo do krize. Med krizo se je prispevek obeh paradigmem izenačil okoli leta 1874. V tem letu sta obe paradigmi dosegli vrh po številu objav in po njihovi skupni kakovosti. Maksimum je trajal skozi vsa sedemdeseta leta. Sledilo je zmanjšanje raziskovalnega prispevka v zgodnjih osemdesetih letih, ki je trajalo le okoli pet let. Videti je, kot da so si raziskovalci nekoliko oddahnili od velikih naporov.

Boj med obema paradigmapa T2 in T3 za prevlado na mejnem področju atomizma in entropijskega zakona je spodbujal številne raziskave. Ko so postale prednosti statistične mehanike T3 očitne večini raziskovalcev, se je zanimanje za raziskovanje atomov močno zmanjšalo. Pozneje se je raziskovanje nadaljevalo s prejšnjo močjo le v novi paradigmi T3.

V razvoju fizike ni bilo jalovih novih idej, ki bi resno ogrozile staro paradigmo po številu in kakovosti razprav, ne da bi pozneje prerasle v prevladujoče paradigme. Pri znanstvenih sporih okoli manjših problemov se to pogosto dogaja, pri celotnih paradigmah pa ne. ***Tekmica, ki doseže prispevek stare paradigme, nad njo pozneje vedno tudi prevlada.***

Ugotovitve odpirajo naslednja vprašanja:

1) Kako prihodnja nova paradigma "ve", da se mora roditi šele po zlomu stare ?

2) Zakaj raziskovalci med krizo ne ugotovijo, da je njihov trud pri ohranitvi stare paradigme zaman ?

3) Naša dognanja bi lahko neposredno uporabili in bi zagovorniki starih idej v dobi krize opustili jalovo početje in se pridružili zmagoviti novi paradigmi. Vendar so raziskovalci pogosto z zdravo konservativnostjo zapisani idejam, ki so se jih priučili v šoli. S štetjem raziskovalnih prispevkov bi se morda dalo dovolj natančno napovedati, katera paradigma (ali celo manjši sklop idej) ima prihodnost. Če bi prispevek raziskovalcev nove paradigme presegel npr. prispevek zagovornikov posebne teorije relativnosti (Strnad, 2000), bi slednji lahko kar prenehali s svojimi prizadevanji. Vendar je zamenjava paradigme le navidez pregleden dogodek. Sodobni raziskovalci ne poznajo celotnega področja svoje panoge. Zato težko zaznajo celo velike spremembe na dovolj oddaljenih področjih raziskovanja. Same zgodovinske vzporednice, brez fizikalnih argumentov, bi težko prepričale fizika v problematičnost njegovega raziskovalnega dela. Ne moremo predvideti sprememb v razvoju, ki bi jih povzročili zagovorniki stare paradigme s prehitrim priznanjem premoči novih idej. Raziskovalec stare paradigme bi bil v položaju človeka, ki pozna del svoje prihodnosti.

Brush (1976) ni popisal vseh objav o teoriji toplote v T2. Naštel je objavljena dela o toploti kot gibanju (etra, atomov, valov), izpustil pa je obravnave prevajanja toplote (Fourier 1822; Lamé, 1861), zakona o ohranitvi energije (Mayer, 1842; Joule po letu 1848; Helmholtz pred letom 1884) in drugega zakona termodinamike (Carnot, 1824; Clapeyron, 1832; deloma Clausius).

Tako je Brush (1976) obravnaval:

- Del objavljenih razprav o toploti, saj je upošteval le tisto smer raziskovanja, ki je prevladala po letu 1870.

- Večino raziskovanj v T3 pred letom 1900, vendar *le del*, približno četrtnino, raziskav v T2.

Po Brushu lahko določimo dobo okoli leta 1874, ko je nova paradigma statističnega raziskovanja T3 prekosila prispevek starejše T2 v omejenem področju raziskovanja toplotnih pojavov, povezanih z gibanjem atomov in molekul. Prevlada statističnega pristopa v celotni teoriji toplote se je kot sprememba paradigme zgodila pozneje, predvsem ob razpravah o entropiji.⁵

Zmaga novega pristopa na določenem področju panoge še ne pomeni dokončne spremembe paradigme. Tako kvantna mehanika leta 1900 ni pomenila veliko več kot poseben pristop k problemom sevanja črnega telesa, vsaj zunaj Planckovega kroga ne. Šele po prvem Solvayevem kongresu leta 1911 je večina fizikov in kemikov zvedela za globino sprememb, ki jih je v znanost prinašala kvantna mehanika. Ta zavest še ni pomenila priznanja statističnega opisa atomov in molekul kot nove paradigme in obenem nove univerzalne metode v fiziki in kemiji.

Število objavljenih razprav o toploti kot gibanju je med leti 1800-1900 eksponentno naraščalo, podobno kot pozneje število raziskujočih avtorjev v kvantni mehaniki oziroma v posameznih njenih področjih (Kuhn 1998 in 1978, 208). Raziskovanje toplote kot gibanja je bilo priljubljeno v sedemdesetih letih devetnajstega stoletja in je zanj hitra rast gotovo pričakovana. Tako hitre rasti ne moremo pripisati vsoti vseh razprav o toploti.

O toploti kot gibanju pričakujemo razmeroma zapleteno obliko rasti števila razprav, seštevkov ocen njihove kakovosti ali števila avtorjev, ki so objavljali. Več različnih odgovorov na izziv atomistike je sprožilo hitro naraščanje števila objavljenih razprav. Med njimi so bile tudi razprave o kinetični teoriji, pozneje prevladujoči univerzalni paradigmi mehanične teorije toplote. Druge neuspešne (abortivne) paradigme niso imele izrazite eksponentne rasti, saj so bile prehitro opuščene. Izrazito eksponentno rast opazimo kvečjemu pri statistični in kinetični teoriji. V obeh so se raziskovalni prispevki močno znižali okoli leta 1880. Pozneje so prejšnjo raven dosegla le raziskovanja v novi paradigmi statistični mehaniki (T3).

4.2.4) Padec raziskovalnega prispevka v stari in v novi paradigmi po prevladi nove

Padec intenzitete raziskovanja pomeni, da je raziskovani problem za nekaj časa postal manj zanimiv. Po Brushovem (1976) popisu lahko raziščemo znižanje le ob zamenjavi paradigmi T2 in T3. To je le eden med devetimi podobnimi dogodki v dosedanjem razvoju fizike in ni nujno povsem enak ostalim. Prehod od T2 k T3 so lahko povzročile naslednje okoliščine:

- Mehanična teorija toplote (T2u) je slabše od statistične mehanike (T3r) opisala atome in entropijski zakon. Ko so konec sedemdesetih let opustili statistični mehaniki nasprotno poskuse mehaničnega opisa sveta atomov, je pomanjkanje tekmovalne spodbude za nekaj let zmanjšalo zanimanje za probleme entropije in atomov.

- Paradigmi T2 in T3 sta konec sedemdesetih let reševali nalogo, ki je presegala njune idejne, matematične in eksperimentalne moči. Lotili sta se *meritev v teoriji predvidenih velikosti mase, hitrosti, energije in predvsem entropije v novoodkritem svetu atomov*. Boltzmannova statistična mehanika je dodala še problem *težavnega matematičnega pristopa*, ki ga večina sodobnikov ni zmogla. Boltzmann je tudi po prevladi T3 nadaljeval s pogostim objavljanjem razprav v statistični mehaniki. Povprečno je

⁵ Morda je Fourierova (1768-1830) teorija prevajanja toplote (T1u) s svojim neopredeljenim odnosom do narave toplote imela nekaj podpore vse do razvoja kvantne mehanike skoraj stoletje pozneje.

objavljaj skoraj poldrugo razpravo na leto v obdobju 1875-1885.⁶ Vendar po letu 1877 zaradi ustvarjalne krize v raziskovalnem delu ni več obravnaval statistične opredelitve entropije, ki jo je prebudil iz pozabe šele Planck 22 let pozneje.

Prevlada T3 je prinesla manj sprememb v Boltzmannovo delo kot v raziskovanja njegovih rojakov, med katerimi sta med leti 1881-1886 le dva objavila razpravi o statistični mehaniki. Še bolj se je raziskovanje T3r v tem obdobju zmanjšalo v Veliki Britaniji, deloma zaradi Maxwellove smrti leta 1879. Sočasen padec nemškega raziskovalnega prispevka je trajal celo leto dni dlje (1877-1883). Podobnega padca ni bilo pri Francozih, ki so razmeroma malo objavljali o kinetični in statistični teoriji toplote.

Opuščanje preiskovanja gibanja, imenovanega toplota, v Veliki Britaniji, je pomenilo manj raziskovanja o njem po vsem svetu. Britanci so namreč med leti 1800-1900 objavili okoli 40% vseh razprav o tej temi. Njihov prispevek je ponovno narasel po srečanju BA leta 1894 v Oxfordu, kjer je sodeloval tudi Boltzmann.

Povzemimo zadnje ugotovitve:

- Zmanjševanje raziskovalnega prispevka v T2 in v T3 opazimo pri Britancih med leti 1881-1886.

- Padec raziskovalnega prispevka v T2 in T3 opazimo tudi v Nemčiji med leti 1877-1883.

- V habsburški monarhiji je padec prispevkov leta 1881 prizadel le raziskovanje v T2. V T3 je Boltzmann osamljen raziskoval naprej z enako prizadevnostjo oziroma z rahlo eksponentno rastjo.

Razprave pri BA leta 1894 so bile labodji spev raziskovanja atomov v T2. Z njimi se je v tem in naslednjem letu močno povečalo število objavljenih razprav. Na koncu obravnavanega obdobja je Brush (1976) med leti 1896-1900 naštel komaj 19 britanskih, habsburških, nemških in francoskih razprav o T2. V petih letih pred tem so sami Britanci objavili dvakrat toliko, med leti 1876-1880 pa je bilo toliko britanskih in nemških razprav o T2 vsakih zase. Tako je z novim stoletjem pešala paradigma T2. Pred tem je dolga leta branila mejno področje raziskovanja atomov in entropijskega zakona pred vplivi drugih raziskovalnih metod, saj se je lahko sklicevala na dolgoletne uspehe na drugih področjih teorije toplote.

Britanski prispevek je bil odločilen ob menjavi paradigem T2 in T3 med leti 1875-1895. Do leta 1873 so ga Nemci še dosegali predvsem s Clausiusovimi raziskavami. Po letu 1895 so ga Avstrijci celo presegli z Boltzmannom.

4.2.5) Brushov popis, dopolnjen za habsburško monarhijo

Po Brushu (1976) so avtorji s področja habsburške monarhije v drugi polovici devetnajstega stoletja objavili kar četrtino vseh del o "gibanju, ki mu pravimo toplota". V povprečju so objavljali dvakrat več od drugih, tretjino svojih del pa so objavili v tujini. Med leti 1855-1875 je mehanično paradigmo raziskovanja toplotnih pojavov obravnavalo nad 80% vseh objav avtorjev s področja habsburške monarhije. V zadnji četrtini stoletja se je položaj močno spremenil v korist statistične mehanike. Zaradi velikega pomena habsburških raziskovalcev T2u in T3r sem jih podrobno obravnaval. Raziskal sem vsa objavljena dela v obdobju med leti 1855-1875 (vključno), celo tista iz srednješolskih izvestij.

Pod takšnim drobnogledom se je pokazalo, da se v habsburški monarhiji med leti 1855-1875 raziskovalno delo v T2 še ni zmanjševalo. Rezultat je pričakovano, saj celo Brushov popis (1976) kaže opuščanja raziskovanja v T2 šele v osemdesetih letih 19.

⁶ Vzporedno s pomembnimi razpravami o elektromagnetizmu iz let 1879, 1880, dve razpravi leta 1881 itd.

stoletja po prodornih raziskovanjih T3 v sedemdesetih letih 19. stoletja. Vendar je Brush popisal samo najpomembnejša dela, natisnjena v habsburški monarhiji. Po dopolnitvi z ostalimi objavljenimi deli vidimo:

1) Da je vse do leta 1868 v habsburški monarhiji povsem prevladovala T2 in je svojo prednost obdržala vsaj do srede sedemdesetih let.

2) Število objavljenih razprav o atomistiki (toplota kot gibanju) v habsburški monarhiji med leti 1855-1875 kaže:

a) Rahel višek med leti 1860-1863 (vključno), predvsem zaradi razprav o uporabnosti kinetične teorije toplote v glasilih Dunajske akademije in v Ann.Phys.

b) Posebno Boltzmann je ob koncu obravnavanega obdobja po letu 1870 objavjal več razprav, tudi bolj kakovostnih. Napredek pripisujemo eksponentni rasti, ki je značilna za pojave te vrste.

c) Naš drobnogled je preveč natančen, habsburška znanstvena srenja premajhna in obdobje prekratko za nedvoumen opis posebnosti razvoja objavljenih raziskovalnih del v paradigmah T2 in T3. Pri obeh paradigmah imata krivulji raziskovalnega prispevka izraziti vrh med leti 1871-1872. Maksimum je viden tako pri raziskavah, ki jih je ocenil Brush, kot pri mojih dopolnitvah; vendar ga ni pri številu objavljenih razprav. Torej se je povečala predvsem kakovost objavljenih del, ne pa njihovo število.

V drugih obdobjih sta se krivulji raziskovalnih prispevkov v paradigmah T2 in T3 medsebojno dopolnjevali, kot da bi raziskovalci ene paradigme več objavljali takrat, ko so manj objavljali njihovi tekmeči, zagovorniki nasprotna paradigme.

4.2.6) Razprava o rasti paradig

Število objavljenih raziskovalnih del o posameznem problemu in ocena njihovega prispevka k teoriji, eksperimentu in tehnologiji je (eksponentno) rasla v dobi "medvladja". Ko je večina raziskovalcev v sedemdesetih letih dognala, da sta si za prevlado prizadevali le Clausiusova kinetična teorija (T2u) in statistična mehanika (T3r), sta obe za nekaj let sprejeli močno raziskovalno spodbudo. V vseh obravnavanih deželah je število objav in njihova pomembnost v obeh paradigmah močno narasla, saj je presegla 200% povprečnih vrednosti v prejšnjih letih. V nemških deželah se je dvig raziskovanja obdržal nekoliko dlje, saj so tam kritične razprave o T2 dosegle vrh pet let pozneje kot v ostali Evropi.

Med pomembnejšimi deželi le maloštevilne francoske razprave o "gibanju, imenovanem toplota" ne kažejo posebne rasti raziskovalnega dela, saj njihov višek v sedemdesetih letih opazimo kvečjemu v T3. Druga izjema je število avtorjev iz habsburške monarhije, kjer ne opazimo vrha v raziskovanju T2 ali T3, le rahlega pa v junji vsoti med leti 1870-1880. Manjši maksimum okoli leta 1874 in minimum leta 1883 opazimo pri raziskovalnem prispevku habsburških avtorjev, tako vseh skupaj kot raziskovalcev T3 samih.

Število objav vseh in tudi habsburških avtorjev v T3 je imelo okoli leta 1880 kvečjemu prevoj, ne pa minimuma. T3 je prevladala okoli leta 1883, ko je raziskovanje v T2 doseglo najnižjo raven, število objav v T3 pa se ni znižalo.

Drugačno sliko dobimo z ocenami raziskovalnih prispevkov objavljenih razprav. Vsote ocen v obeh paradigmah T2 in T3 ter število razprav o T3 imajo v habsburški monarhiji minimume, slednje manj izrazitega. Tekmovanje T2 in T3 med prvim izenačenjem raziskovalnih prispevkov leta 1866 in zadnjim izenačenjem leta 1878 je bilo neodločeno. Po minimumih okoli leta 1883 je sledil dvig raziskovalnih prispevkov obeh. Rast se je v T3 nadaljevala, medtem ko je v T2 kmalu razvodenela, kot je značilno za razpad paradigme.

Razvoj raziskovanja "gibanja imenovanega toplota" je bil v habsburški monarhiji drugačen kot drugod po svetu. Brush (1976) je naštel le malo avstrijskih raziskovalcev T2. Predvsem je izpusil veliko del benediktinca Karla Puschla (1825-1912) objavljenih v Wien.Ber. Zato je bil po Brushu v habsburški monarhiji boj še pred letom 1870 odločen v prid T3. Prihodnjim rodovom bolj znani avstrijski fiziki: Stefan, Loschmidt in Boltzmann so se zelo hitro odločili za novo paradigmo T3, podobno kot Maxwell v Veliki Britaniji.

Slika se spremeni, če Brushov (1976) popis 32 objavljenih del raziskovalcev atomistike iz habsburške monarhije med leti 1856-1875 (vključno) dopolnimo na 94. Statistična mehanika T3 si je pridobila odločilno prednost šele po tem obdobju, predvsem glede števila objavljenih razprav. Brush (1976) je popisal predvsem raziskovalce, ki so hitreje sprejeli novo paradigmo T3 in so prav zato danes bolj znani od svojih tedanjih nasprotnikov. Pomen raziskovalcev stare paradigme T2 v zadnji četrtini 19. stoletja je bil tudi objektivno manjši, saj so objavljali v manj pomembnih revijah. Zato so bile njihove razprave tudi pri sodobnikih manj brane od Boltzmannovih. Kljub temu so na nemškem govornem področju objavljali knjige z naslovom "mehanična teorija toplote" še v 20. stoletju.

Pomembnejše akademske položaje v habsburški monarhiji so postopoma zasedali zagovorniki T3:

Ustanova	Leto zasedbe	Raziskovalec T3, ki zasede mesto	Raziskovalec T2, ki je pred tem zasedal mesto
Univerza Dunaj	1857-	von Ettingshausen, Grailich, Stefan	
(Pod)predsednik Akademije, Dunaj	1885	Slovenec Stefan	von Baumgartner (1851-64)
Univerza Gradec	1864-1865, 1869	von Lang, Boltzmann	Mach (1865-67), Šubic (1866-1902)
Tehnična visoka šola Gradec	1865-1874	Ferdinand Lippich (1838-1913)	
Štajersko prirodoslovno društvo Gradec	1869-	Boltzmann	Šubic
Politehnika Buda	1872	Koloman Szily (1838-1924)	
(Nemška) Univerza Praga	1874-	Lippich	Mach (1867-1895)
Politehnika Praga	T2: 1865-		Gustav Leopold Schmidt
Akademija Praga	T2: 1852-1864		von Baumgartner
Univerza Lvov	T2: 1862-1872		Alois Handl (1837-1915)
Univerza Czernowitz (Černovci)	T2: 1876-1906		Handl
Univerza Innsbruck	1895	Slovenec Ignac Klemenčič (1853-1901)	

Dunaj je bil samostojen vir novih statističnih idej v T3, podobno kot Maxwellov krog v Veliki Britaniji. Zato tam statistične ideje niso imele resnega tekmeca, posebej ne na univerzi. Tam je Ettingshausnov program, še posebno v Stefanovi izvedbi po letu 1863, peljal neposredno k Boltzmannovi statistični mehaniki.

Počasneje je šlo pri Dunajski akademiji. Leta 1848 so med akademike sprejeli tudi Karla von Reichenbacha (1788-1869), katerega stališča in metode raziskovanja so imele kaj malo skupnega s tedanjjo (in sodobno) fiziko. Od leta 1851 je Akademiji predsedoval von Baumgartner, ki je bil v prvi polovici petdesetih let tudi minister. Čeprav Ettingshausnov svak, je zagovarjal bolj "strpne" ideje, v katerih je bilo dovolj prostora celo za Šubičevo inačico atomizma. Zato so med leti 1862-1864 pri Akademiji tiskali Šubičeve razprave, leta 1867 pa so med dopisne akademike sprejeli Ernsta Macha (1835-1916), ki je pozneje postal vodilni kritik atomistov.

Med zunanje dopisne člane so že leta 1860 sprejeli Helmholtza, leta 1862 pa Gustava Kirchhoffa (1824-1887), oba pomembna zagovornika T3 na Nemškem. Leta 1869 so med dopisne člane sprejeli še Mayerja, ne pa Clausiusa.

Leta 1865, 1867 in 1870 je Dunajska akademija drugega za drugim sprejela med redne člane Stefana, Victorja von Langa (1838-1921) in Loschmidta. Ob meteorologih Juliusu Hannu in Karlu Jelineku so imeli tako konec šestdesetih let zagovorniki T3 že večino med fiziki Dunajske akademije. Puschlove razprave so sicer še naprej objavljali kljub Stefanovi kritiki, morda tudi zaradi spoštovanja do starega oslepelega avtorja.

Drugače je bilo v Pragi. Med člani Akademije je bil od pomembnih fizikov le domačin von Baumgartner, vendar tudi njega ni mogoče šteti med zagovornike T3. V sedemdesetih letih je bila Praga z Machom in Gustavom Schmidtom (1826-1883) kot otok mehanične teorije T2 v prevladujočem raziskovanju T3 v habsburški monarhiji.

4.3) Raziskovalno delo med rastjo fizikalne paradigme (Asimov, 1978)

Med desetimi obravnavanimi rastmi paradigem je bila rast T3 povprečno dolga. Njen skupni prispevek je bil več kot dvakrat manjši od povprečja, še posebno v teoriji. Raziskovalce, ki so delovali v rasti T3, sem ocenil s povprečnimi ocenami. Vendar je bilo njihovo število več kot dvakrat manjše kot v raste drugih paradigem. Rasti paradigem so imele naslednje značilnosti:

Paradigme:	M2	M3 ⁷	S1	S2	EM1	EM2	EM3	T1	T2	T3
Leta trajanja	110	22	12,5	69	34	11	99	156	27	40
PRISPEVKI:	65,5	65	1	58	14	4	55	35	23	10
Teorija										
Eksperiment	20	9	4	50	26	10	80	29,5	38	16
Tehnologija	10	2	2	12	1	3,5	45	35	6	3
Število raziskovalcev	9	2	0,5	11	4	14	18	8,5	6	3

Rasti so najbolj plodni deli razvoja paradigem. Njihov prispevek je največji tako absolutno, kot na enoto časa. Tretje paradigme vseh štirih fizikalnih panog presegajo ostale tako po številu raziskovalcev, kot po šestih ocenah njihovih raziskovalnih prispevkov. Le po trajanju so druge paradigme v povprečju daljše. Ugotovitve so deloma plod subjektivnih ocen, saj so tretje paradigme v dveh izmed obravnavanih štirih

⁷ Paradigma, ki še traja.

fizikalnih panog tudi zadnje, torej veljavne še danes. Zato so po naših meritvah krajše od svojih naslednic. Raziskovalci sodobnih paradigem so višje ocenjeni zaradi večje teže, ki jo pripisujemo raziskavam sodobnikov. Po Asimovu (1978) je med sodobnejšimi raziskovalci tudi večje število pomembnih.

5) ZAKLJUČEK

Rast je najbolj ustvarjalno obdobje fizikalne paradigme. Vendar se prej ali slej loti pretežkega izziva teorije ali poskusa in omaga med stanjem, ki ga imenujemo zlom. Obravnavali ga bomo v nadaljevanju razprave, prav tako predvsem na primeru mehanične teorije toplote (T2).

6) LITERATURA

- Asimov Isaac (1978), *Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, London, Pan Books Ltd.
- Baumgartner Andreas (1837), *Anfangsgründe der Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande mit Rücksicht auf mathematische Begründung*, Vienne.
- Boltzmann Ludwig (1866), *Über die mechanische Bedeutung der zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie*, Wien. Ber., 53, Dunaj, str. 195-220.
- Brush Stephen S. (1976), *The kind of motion we call heat*, 2. del, Amsterdam-New York-Oxford, North-Holland.
- Carnot Sadi (1824), *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, Paris, Chez Bachelier Libraire.
- Clapeyron Emile (1834), *Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur*, Journ.de l'École Polytechnique, 14/23, Pariz, str. 153-190.
- Clausius Rudolf (1857), *Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen*, Ann. Phys. 100, Leipzig.
- Clausius Rudolf (1864), *Ueber den Einfluss der Schwere auf die Bewegungen der Gasmoleküle*, Z. Math. Phys., 9, Leipzig, str. 375-376.
- Darrigol Oliver (1991), *Statistics and combinatorics in early quantum theory*, part 2, HSPS, 21, str. 237-298.
- Fourier Jean Baptiste Joseph (1822), *Théorie Analytique de la Chaleur*, Paris.
- Gibbs Josiah Willard (1902), *Elementary principles in statistical mechanics*, New York.
- Helmholtz Herman von (1847), *Über die Erhaltung der Kraft, Eine physikalische Abhandlung*, Berlin, G. Reimer.
- Helmholtz Herman von (1884), *Studien zur Statik monocyclischer Systeme*, Berlin.Ber., 159, Berlin, str. 311 in 755.
- Joule James Prescott (1847), *On matter, living force, and heat*, Manchester Courier, 5. in 12. 5. 1847.
- Južnič Stanislav (1983), *Zgodovina znanosti (fizike) in jezik*, Anthropolos, št. 5-6, str. 398-418.
- Južnič Stanislav (1985a), *Teorija znanosti-geneze fizikalnih paradigem*, Anthropolos 1985, št. 1-2, str. 276-285.
- Južnič Stanislav (1985b), *Fizikalizem kot splošna znanstvena metoda*, Anthropolos 1985, št. 3-4, str. 147-156.
- Kangro Hans (1976), *Le développement de la thermodynamique de Clausius à Planck. V: Sadi Carnot et l'essor de la thermodynamique*, Paris, Editions CNRS.
- Krönig August Karl (1856), *Grundzüge einer Theorie der Gase*, Ann. Phys. 99.
- Krönig August Karl (1864), *Ueber die Concentration der Luftarten*, Ann. Phys., (2) 123, Leipzig, str. 299-332.
- Kuhn Thomas S. (1978), *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity 1894-1912*, New York, Oxford University Press.
- Kuhn Thomas S. (1998), *Struktura Znanstvenih Revolucij*, Ljubljana, Krtina.
- Kuščer Ivan in Žumer Slobodan (1974), *Termodinamika*, Ljubljana, DMFA.
- Lamé Gabriel (1861), *Leçons sur la theorie analytique de la chaleur*, Paris.
- Loschmidt Joseph (1876), *Über den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines Systems von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft*, Wien. Ber., 73, Dunaj, str. 128-142 in 336.
- Mayer Julius Robert (1842), *Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur*, (Liebig's) Annalen der Chemie und Pharmacie, 42, str. 233-240.

- Planck Max (1887), *Das Princip der Erhaltung der Energie*, Leipzig, Duck und Verlag von B. G. Teubner.
- Plato Jan von (1991), *Boltzmann Ergodic Hypothesis*, AHES, 42, Berkeley, University of California Press, str. 83.
- Rankine William John Macquorn (1859), *A Manual of the Steam Engine and other Prime Movers*, London and Glasgow, Griffin.
- Redtenbacher Jakob Ferdinand (1857), *Das Dynamiden-System. Grundzüge einer mechanischen Physik*, Mannheim, Verlagsbuchhandlung von Friedrich Bassermann.
- Robida Karl (1864), *Zur Theorie der Gase*, Z. Math. Phys., 9, Leipzig, str. 218-221.
- Robida Karl (1865), *Einige Bemerkungen zur Abhandlung des Prof. Dr. Krönig in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. 123, s. 299 ff.: "Condensation der Luftarten"*, Z. Math. Phys., 10, Leipzig, str. 227-232.
- Sekulić Martin (1874), *Fizika atoma i molekula*, Rad, 26, Zagreb, str. 109-152.
- Stefan Jožef (1858), *Über das Dulong-Petit'sche Gesetz*, Wien. Ber., 36, Dunaj, str. 85-118.
- Stefan Jožef (1863), *Bemerkungen zur Theorie der Gase*, Wien. Ber., 47, Dunaj, str. 81-97.
- Stefan Jožef (1872), *Über die dynamische Theorie der Diffusion der Gase*, Wien. Ber., 65, Dunaj, str. 323-363.
- Strnad Janez (2000), *Presenečenja niso izključena, a za zdaj jih še ni*, Delo, Znanost, 26.7.2000.
- Šubic Simon (1862), *Grundzüge einer Molekular-Physik und einer mechanischen Theorie der Electricität und des Magnetismus*, Dunaj, Wilhelm Braunmüller.
- Toynbee Arnold (1962), *A study of history*, London 1921-1961, ponatis New York.
- Ule Andrej (1992), *Sodobne teorije znanosti*, Ljubljana, Znanstveno in publicistično središče.
- Ule Andrej (1996), *Znanje, znanost, stvarnost*, Ljubljana, Znanstveno in publicistično središče.
- Ule Andrej (1998), *Kuhnova paradigma in revolucija v teoriji znanosti*, spremna beseda h Kuhn (1998).

7) UPORABLJENE OKRAJŠAVE

- Ann. Phys. - *Annalen für Physik und Chemie*, Leipzig.
- BA - British Association.
- Wien. Ber. - *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften II*, Wien.
- Z. Math. Phys. - *Zeitschrift für Mathematik und Physik* (uredniki O. Schömling, E. Kahl in M. Cantor), Leipzig.