

Razpad paradigme

STANISLAV JUŽNIČ

Fara 2

SI-1336 Vas

IZVLEČEK

Obravnavali smo dezintegracijo (razpad), tretjo od petih stopenj razvoja fizikalnih paradigem. Osredotočili smo se na univerzalne paradigme in univerzalne raziskovalne metode. Odkrili smo splošne zakonitosti razpada fizikalnih paradigem. Naš model smo primerjali z opisom nasprotij med kemično-termično tradicijo Helmholtzove šole, h kateri štejemo Einsteina, in dinamiko delcev Cavendishove in kopenhagenske šole.

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

ABSTRACT

THE THEORY OF SCIENCE DEVELOPMENT AND THE DISINTEGRATION OF PARADIGMS

The article deals with disintegration; the third of the five stages of the development of physical paradigms. We researched the characteristics of universal paradigms and universal methods and laws that govern their development. We compared our model with interesting hypothesis about the chemico-thermal tradition of Helmholtz' school with Einstein included, and the particle-dynamical tradition of Cavendish and Copenhagen schools.

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

1) UVOD

Čeprav fizika ni več tako temeljna znanstvena veda od kar gre več denarja za raziskovanje genoma, so zakonitosti njenega razvoja nadvse poučne. Prav posrečen se zdi razpad, najdaljši del razvoja fizikalne paradigme. Je obdobje po koncu rasti znanstvenega raziskovanja, ki večini delujočih raziskovalcev ne vzbuja občutka stagnacije.

2) ZAKAJ PARADIGMA RAZPADE

Zlomu sledi dezintegracija in razpad med rastjo skrbno zgrajenega notranjega ustroja paradigme. Model izziva-in-odziva opredeljuje razpad podobno kot rast, le pozitivne predznake nadomestijo negativni. Smer razpada je jasno določena. Razpadanje lahko traja zelo dolgo, denimo pri mehaniki 19. stoletja. Zlomljeno paradigmo med razpadom razkrojita dve vrsti krivovernosti (šizma, herezije):

- navpični, med raziskovalnimi področji panoge, katerim znanstveniki neupravičeno pripisujejo obrobni pomen;
- vodoravni, med idejami, ki nasprotujejo prevladujoči paradigmi in so prav tako zmožne samostojnega razvoja.

Krivoskopsko raziskovanje pojavov in idej zunaj glavnega toka znanosti omogoči *univerzalno paradigmo in univerzalno metodo* ter povzroči *prodor eksperimentalnih in teorijskih vplivov iz predparadigmatske okolice* panoge. Med naštetimi tvorbami lahko le univerzalna metoda preživi razpad in (p)ostane orodje raziskovanja med rastjo nove paradigme, po krizi in revoluciji.

3) UNIVERZALNE PARADIGME

Staro in novo paradigmo povezujejo univerzalne paradigme in metode ter prodor vplivov iz predparadigmatskih področij. Nobena med univerzalnimi paradigmami ni bila nikoli povsem splošno uveljavljena, vendar se je takšna zdela številnim sodobnikom, denimo občudovalcem mehanicizma M2. Univerzalne paradigme pogosto še zelo dolgo živijo v spominu raziskovalcev, ki jih še priznavajo, čeprav v resnici več ne raziskujejo po njihovih vzorcih. Veličastne zgradbe univerzalnih paradigem se še posebej bleščijo opazovalcem zunaj glavnih središč, denimo nam Slovencem. Privlačijo tudi raziskovalce manj razvitih panog fizike in sorodnih znanosti.

Po Kuhnu je univerzalna paradigma, ne glede na trajanje, vedno zadnji stadij normalnega razvoja paradigme. S svojim delovanjem zgleda pot naslednicam. Te se razvijajo iz idej in eksperimentov znotraj območja stare paradigme, ali pa zunaj meja, ki jih je stara paradigma obvladovala.

Univerzalna paradigma naredi prostor svoji naslednici, novi paradigmi. Razvije se kot odziv na zaplete ob koncu dobe rasti (Toynbee, 1962, 2: 290-393). Tedaj med seboj tekmujejo zagovorniki različnih kandidatov za univerzalno paradigmo, ki raziskujejo sorodne pojave. Univerzalna paradigma da obravnavanim pojavom skupen imenovalec, ne zahteva pa globlje enotnosti pri njihovem opisu. Zunanja enotnost, ki družijo raziskovalno delo v univerzalnem stanju paradigme, pride najbolj prav raziskovalcem zastavljenih in manj priznanih idej. Ob splošnem soglasju glede temeljev fizikalne panoge razvijajo matematično ali eksperimentalno metodo, ki jo sčasoma začno uporabljati raziskovalci različnih območij znanosti. Takšne univerzalne metode so bile denimo mehanicizem v 18. in 19. stoletju (B), pri (al)kemikih izposojena uporaba tehtnice za poskuse sredi 18. stoletja (I) ter matematična fizika v astronomiji in raziskovanju prevladanja toplote v začetku 19. stoletja (D).

Metoda, razvita med univerzalno paradigmo, postane prav tako univerzalna. Raziskovalci med univerzalno paradigmo dolgo utrjujejo sloves svojega načina dela. Zato njihovi nasprotniki pozneje ne zavržejo metod stare paradigme, temveč jo s pridom uporabijo za razvoj teorijske in eksperimentalne zgradbe nove paradigme. Za razliko od zloma, pri katerem rezultati novih poskusov kot novo vino ne zdržijo v sodih stare teorije, je stari uveljavljeni način raziskovanja pogosto edina učinkovita izbira tudi za zagovornike nove paradigme.

Ko se rast konča z zlomom, je dograjena notranja struktura paradigme z metateorijo in eksperimentalnim jedrom. Kljub razpokam, med katerimi je gotovo največja tista ob kateri se je zlomila rast, se lahko paradigma v univerzalnem stanju obdrži več generacij, navzlic kritikam manj prilagodljivih raziskovalcev.

Raziskovalci med univerzalno paradigmo niso pripravljeni sprejeti novih temeljnih odkritij, ki bi utegnili spremeniti njihova prepričanja. Zato univerzalna paradigma privlači raziskovalce sosednjih panog, ki iščejo trdno oporno točko za svoja dela. Univerzalna paradigma je s svojo prepričljivostjo in konzervativnostjo primerna za velik del tistih znanstvenikov, ki radi vztrajajo na raziskovalnih vzorcih priučenih v šoli.

Univerzalna paradigma lahko dovolj uspešno prodira v mejna področja okoli svojega jedra, za katero je bila definirana med rastjo. Pogosto poskusi razširiti svoj vpliv na sosednje panoge. Tako se je valovna teorija S2 za kratko obdobje uveljavila pri opisu toplote in drugih panog prirodoznanosti. M2 je vplivala na EM1 in na fiziko v celoti. Po letu 1867 se je zdel splošno veljaven W. Thomsonov (1824-1907) in Clausiusov (1822-1888) opis entropijskega zakona iz T2 kot toplotne smrti celotnega vesolja. Pod njegovim vplivom se je Clausiusova skovanka "entropija" uveljavila v sodobnih družbenih vedah.

Mehanicizem, utemeljen na Newtonovi paradigmi M2, je bil gotovo najbolj prodoren med devetimi obravnavanimi paradigmi. Univerzalno stanje mehanicizma je bilo daljše od stoletja. Njegove vplive srečujemo se danes, več kot dve stoletji po zlomu ob natisu Analitične mehanike Josepha Louisa Lagrangeja (1736-1813) leta 1788. Mehanicizem je s svojo razširjenostjo, priljudnostjo ter z zelo dobro teorijsko in eksperimentalno raziskanimi pojavi v svojem ožjem območju stoletja kljuboval razvoju paradigem-tekmic. Zato je mehanika doslej razvila eno paradigmo manj od drugih fizikalnih panog. Einstein je novo paradigmo mehanike lahko uveljavil le na področjih, ki med rastjo Newtonove paradigme raziskovalcem niso bila dosegljiva. To sta bili predvsem preučevanje snovi pri hitrostih dovolj blizu svetlobni in pri razdaljah primerljivih z atomi. V Einsteinovem duhu lahko pričakujemo rast nove paradigme na širnih razdaljah astrofizike, ali pa med delci veliko manjšimi od atoma. Novosti se obetajo tudi v interdisciplinarnih mejnih področjih nanotehnologij, predvsem genoma.

Opisali smo model, po katerem se paradigma spremeni zaradi rezultatov poskusov na novih raziskovalnih področjih. To je stališče pozitivistično naravnane fizike. Zdi se, da mu pritrjuje konec klasične mehanske slike sveta, oziroma raje raziskovanje njenih mejnih področij, ki so jih v 20. stoletju opisali s teorijo relativnosti in kvantno mehaniko.

a) Popis univerzalnih metod in paradigem fizikalnih panog:¹

Fiziki so po Aristotelovi logiki razvili še naslednje univerzalne raziskovalne programe:

A = *poskusi določajo veljavnost teorije*:

A' = Francis Bacon in Galilei sta resnice peripatetične fizike presojala z dejanskimi in miselnimi poskusi;

A'' = delčno-dinamična tradicija eksperimentalnih fizikov iz Cavendishevih laboratorijev, ki s svojim načinom raziskovanja opišejo tudi dotlej teorijske probleme.

B = *mehanicizem*, ki se kot dolgoživo univerzalno stanje prelevi še v univerzalno metodo:

B1 = kartezijski model vrtincev, ki ga Newton zavrne;

B1' = vrtinci Helmholtzove šole.

B2 = sila je obratno sorazmerna s kvadratom razdalje;

¹ Stanja paradigme so: r = rast; z = zlom, u = univerzalnost; k = kriza; p = revolucija.

$B2' = I' =$ meritev sile s torzijsko torzijska tehtnico.

$B3 =$ Boškovičeva sila.

$C =$ **Ohranitni zakoni:**

$C1' =$ Buridanov impetus kot zasnova štiri stoletja poznejše gibalne količine, energije in vztrajnosti:

$C1'' =$ ohranitev gibalne količine;

$C1''' =$ ohranitev žile sile, pozneje (kinetične) energije v kemijsko-termični tradiciji Helmholtzove šole, kjer teorijski fiziki razširijo svoj način raziskovanja na dotlej eksperimentalne probleme.

$C2' =$ Faradayjevo polje sil z vrtinci ($B1'$), v katerem se gostota silnic **ohranja**:

$C2'' =$ univerzalna teorija polja.

$C3' =$ entropija se **ne ohranja**:

$C3'' =$ entropija kot puščica časa;

$C3''' =$ statistična definicija entropije.

$D =$ **Infinitesimalni račun** z analitično mehaniko:

$D' =$ Fourierjeve vrste in Fourierjeva analiza.

$E =$ **atomizem**:

$E' =$ povprečne vrednosti molekulskih veličin se kažejo kot makroskopske količine;

$E'' (= C3''') =$ statistična metoda.

F uporaba **elektrolize** v tehnologiji elektromagnetov in v kemijski industriji.

$G =$ **valovanje**:

$G' =$ Fresnelev opis interference in superpozicije valov v valovni teoriji svetlobe vzpodbudi rast jalove valovne teorije toplote med letoma 1830-1845;

$G'' = B1 =$ vrtinci.

$H =$ **vakuum**:

$H' =$ katodne elektrone.

$I =$ iz kemije izposojena uporaba tehtnice pri poskusih sredi 18. stoletja:

$I' =$ torzijska tehtnica, daleč najbolj natančna merilna naprava z vrtljivim zrcalom.

$J =$ sistematizacija in simetrija:

$(J1 =$ razvrščanje živali, rastlin in mineralov od Agricole do Linnéja);

$(J2 =$ (periodni) sistem kemijskih elementov med Lavoisierjem in Mendelejevim);

$(J3 =$ vrste astronomskih teles);

$J4 =$ razvrščanje "osnovnih" delcev (resonanc) v zadnji polovici stoletja;

$J5 =$ simetrija kot prihodnji kriterij za veljavnost znanstvenih teorij.

Uveljavitev univerzalnih metod so omogočale univerzalne paradigme:

$M1$ Aristotelova (384 pr.n.št. – 322 pr.n.št.) fizika;

$M2$ analitična mehanika Josepha Louisa Lagrangeja (1736-1813);

$S1$ korpuskularna optika Isaaca Newtona (1642-1727);

$EM3=S2$ elektromagnetna teorija svetlobe Jamesa Clerka Maxwella (1831-1879);

$EM1$ matematizacija elektrostatike po zgledu Newtonove gravitacije v delih Charlesa Augustina de Coulomba (1736-1806);

$EM2$ uporaba elektrodinamike v kemiji, zunaj področja fizike;

$T1$ Fourierjeva (1768-1830) teorija prevajanja toplote v teoriji elastičnosti in pri opisu trdne snovi nasploh;

$T2$ kinetična teorija toplote;

$T3$ kvantna mehanika.

Kvantna mehanika je univerzalna paradigma statistične mehanike. Ne predstavlja temeljne novosti, temveč izdelano metodo statistične mehanike uporabi na novih področjih majhnih razdalj. Trditev seveda ni splošno sprejeta, saj raziskovanj v kvantni mehaniki še ni mogoče ocenjevati iz potrebne zgodovinske razdalje.

Po drugi strani si teorijo relativnosti Alberta Einsteina (1879-1955) delijo kar tri paradigme različnih panog: M3, S3 in EM4. Po Lelasu sicer na metateoretsko raven paradigme nastop teorije relativnosti še zdaleč ne prinese toliko novosti kot kvantna mehanika. Kvantna mehanika je namreč temeljito spremenila dotedanji pojem determinizma, medtem ko teorija relativnosti s spremembami razumevanja prostora in časa ni sprožila tako globokih filozofskih misli in spremenjenih opisov sile (Ule, 1986, 167-169).

b) Lastnosti univerzalnih paradigem:

	M2	S1	S2/EM3	EM1	EM2	T1	T2	T3
Leto zloma	1788	1750	1833/1860	1765	1806	1810	1868	1900
Začetek univerzalne	1788	1760	1823/1847	1777	1806	1785	1853	1897
Višek univerzalne	1830	1820	1890	1780	/	1820	1890	/
Konec univerzalne	1920	1860	1910/1915	1799	1810 ²	1860	1900	1915+
Trajanje univerzalne	132	100	87/68	22	4	75	47	18+
Skupni prispevek v univerzalnem stanju	120	84	41/189	24	9	58	72	10
Teorija	43	26	12/46	7	2	21	16	9
Eksperiment	57	44	15/85	15	4	9	19	1
Tehnologija	20	14	14/58	2	3	28	37	0
Raziskovalcev	13	7	12/21	2	1	7	10	1
Moč paradigme (I) = trajanje • prispevek	15840	8400	3567/12784	528	36	4350	3384	180+
Trajanje nadpovprečne rasti (A)	66	16	46/26	12	/	0	13	18
Trajanje nadpovprečne dezintegracije (B)	27	10	30/15	13	/	0	20	32
Čas med to in naslednjo nadpovprečno rastjo (C)	60	106	30/26	24	21	18	0	/
B + C	87	116	60/41	37	21	18	20	32
Raziskovalni prispevek v celotni paradigmi	158	79	139/175	105	37	50	115	130
Moč imperializma paradigme (II) ³	13746	9164	8340/7175	3885	631	900	2300	4800
Vrstni red po moči po meritvah I (II)	1(1)	3(2)	5(3)/2(4)	7(5)/(8)	4(7)	6(4)	(3)	

Obravnavali bomo le sedem od skupno devetih naštetih univerzalnih paradigem v fiziki. Poleg stare Aristotelove mehanike bomo izpustili še sodobno kvantno mehaniko. Mnogo prekmalu je za nepristransko vrednotenje sodobnih raziskav v kvantni mehaniki, ki postaja ena najdaljših univerzalnih paradigem v zgodovini fizike.

Nismo upoštevali trajanja univerzalne paradigme elektrodinamike (EM2), ki so jo fiziki raziskovali prekratek čas in jo nato prepustili elektrolitski, pozneje fizikalni kemiji. Univerzalni paradigmi EM3 in S2 smo šteli vsako zase. Tako univerzalne paradigme trajajo v povprečju 76 let, pri čemer je relativna napaka sedmih meritev 15%. Med vsemi stanji paradigme prav dezintegracije trajajo najdlje.

Rezultat je pričakovan, saj je celo sam pojem univerzalne paradigme pisan na kožo stoletni prevladi mehanicizma. Vera v splošno veljavnost zakonov klasične mehanike je bila med vsemi najbolj trdoživa. Pokazala je največjo moč svojega imperializma, ki ga včasih čutimo še v sodobni znanosti.

² Nadaljuje se v kemiji.

³ Skupno trajanje paradigme pomnoženo z njenim skupnim raziskovalnim prispevkom.

Druga stanja paradigem v povprečju niso toliko krajša od univerzalnega, kot bi marala biti. Naše meritve raztegnejo celo nekatere revolucije in zlome nad tri desetletja, čeprav gre po definiciji za kratkotrajna stanja v razvoju paradigme. Raziskovalci v zemljepisno oddaljenih krajih so si včasih dovolj počasi izmenjavali novosti; zato so lahko sočasno raziskovali različna stanja paradigme ali celo med seboj nasprotujoče si ideje. Tako so Kranjec Hallerstein in drugi jezuitski znanstveniki v Pekingu svoje meritve pošiljali v Evropo z ruskimi karavanami in predvsem z ladjami, tako da so z objavami zamujali po več let. Po opuščanju latinščine kot jezika pretoka znanstvenih informacij so zamude pri pretoku znanja stopnjevale še jezikovne ovire, še posebno pri Faradayju.

Razpadi univerzalnih paradigem so trajali daljši čas pri starejših paradigmah mehanike in svetlobe. Ugotovitev ne drži za elektriko, saj je univerzalna paradigma elektrostatike (EM1u) med vsemi najkrajša. Prav tako pravilo odpove pri kvantni mehaniki (T3u), ki bo trajala dlje kot doslej najdaljši mehanicizem (M2u).

Raziskovalni prispevek Maxwellove elektromagnetne teorije je presegal dosežke mehanicizma, čeravno je bil objavljen v dvakrat krajšem obdobju. Za obe ti doslej daleč najmočnejši univerzalni paradigmi je značilen velik relativen prispevek eksperimentalnega raziskovanja, ki dosega polovico celotnega prispevka. Prav tako visoka je vsota raziskovalnih prispevkov teorije, eksperimenta in tehnologije.

Daleč največ fizikov je objavljalo o Maxwellovi elektromagnetni teoriji (EM3). Toliko manj jih je objavljalo o obeh starejših univerzalnih paradigmah elektrike in magnetizma.

V prvem delu tabele smo vsakemu raziskovalcu pripisovali enak delež v vseh stanjih paradigme, kjer je raziskoval. Gotovo je takšna trditev mestoma napačna, vendar bi podrobnosti račun preveč zapletle.

Drugi del tabele nam ponuja drugačno meritev univerzalne paradigme. Vsakemu raziskovalcu določimo le paradigmo, ne pa stanja, v katerem raziskuje. Takšna določitev je smiselna, saj le najpomembnejši raziskovalci objavljajo o dveh različnih paradigmah iste panoge; sprememba paradigme je ravno glavna značilnost njihove pomembnosti. Lahko narišemo prispevke posameznih paradigem v odvisnosti od časa (Južnič, 1985, 283-286). Trajanje dezintegracije univerzalne paradigme ocenimo kot vsoto dveh členov:

1) trajanja nadpovprečne dezintegracije, ki sledi maksimumu raziskovalnih prispevkov ob zlomu;

2) časovnega intervala med točko, kjer raziskovalni prispevek stare paradigme pade pod povprečje in točko, kjer rast nove paradigme to povprečje preseže.

Če je dobljeni rezultat mogoče imeti za trajanje dezintegracije univerzalne paradigme, potem se rezultati razlikujejo od prejšnjih. Povprečno trajanje univerzalne paradigme je 54 let, pri čemer je relativna napaka sedmih meritev 24%. Rezultat je precej nižji od prejšnjega pri obeh univerzalnih paradigmah raziskovanja toplote.

Moč imperializma univerzalne paradigme je produkt med njenim trajanjem in raziskovalnim prispevkom. Pri tem smo najprej (I) upoštevali le raziskovalni prispevek znanstvenikov med razpadom univerzalne paradigme, nato (II) pa raziskovalni prispevek celotne paradigme. Kot je bilo mogoče pričakovati, ima pri obeh meritvah največjo moč univerzalna Newtonova mehanika (M2). Vendar je v drugi meritvi kvantna mehanika (T3) že do leta 1915 dosegla tretjino moči mehanicizma (M2). Ker sodobni raziskovalci še objavljajo o kvantni mehaniki, bo njena moč kmalu preseгла moč Newtonove mehanike (M2). Moč teh dveh univerzalnih paradigem za polovico presega najmočnejšo med preostalimi. Zato sta bili Galilei-Newtonova in kvantna pomembnejši od drugih revoluciji v zgodovini fizike (Lelas, 1990). Vendar so Newtonovi Principi del rasti M2, Max

Planck (1858-1947) in njegovi nasledniki pa so kvantno mehaniko razvili kot univerzalno paradigmo T3.

Razvrstitev moči drugih univerzalnih paradigem je manj gotova. Ni se bilo mogoče izogniti netočnostim, zaradi katerih se nekatere univerzalne paradigme, med njimi T1, začenjajo tudi po četrto stoletja pred zlomom. Zato bomo namesto vrstnega reda moči raje popisali skupine paradigem s približno enako močjo univerzalne paradigme:

(I) mehanicizem (M2), kvantna mehanika (T3);

(II) korpuskularna optika (S1), elektromagnetno polje (EM3, S2);

(III) Fourierjeva teorija prevajanja (T1), kinetična teorija toplote (T2), elektrostatika (EM1);

(IV) elektrodinamika (EM2), ki so jo nadalje razvijali kemiki.

Raziskovalni prispevek je pri obeh meritvah največji v elektromagnetni teoriji polja (EM3). Univerzalno stanje elektromagnetne teorije polja (EM3u) ni bilo veliko daljše od polovice stoletja. Kljub izredno velikemu raziskovalnemu prispevku zato ta paradigma ni imela tolikšne moči kot mehanicizem ali kvantna mehanika. Tudi poskusi določitev mase in drugih temeljnih pojmov mehanike z elektromagnetnim poljem so, zaradi kratkotrajnega imperializma EM3, ostali le pri jalovih poskusih elektromagnetne definicije mase elektrona.

Pri oceni moči univerzalne paradigme elektromagnetnega polja (EM3) moramo upoštevati njeno uporabo zunaj izvirne panoge, pri raziskovanju valovnih lastnosti svetlobe (S2). To je bil edini primer te vrste pred 20. stoletjem, čeravno so zametki podobnih dogodkov vidni tudi drugje, posebno med prevladujočimi vplivi mehanicizma v elektrostatiki in zgodnji teoriji toplote.

Elektromagnetno polje je postalo univerzalna paradigma v dveh fizikalnih panogah. Vendar je svoje trdno jedro črpalo predvsem iz elektromagnetnih raziskav. Univerzalni paradigmi EM3 in S2 se zato nista enako razvijali. Zloma obeh paradigem sta bila celo generacijo vsaksebi, podobno pa velja za začetka njunih univerzalnih stanj. Obe univerzalni paradigmi sta se obdržali približno enako dolgo. Velike razlike so bile v raziskovalnih prispevkih, še posebno pri eksperimentalnem delu. V EM3u je raziskovalo skoraj dvakrat toliko znanstvenikov kot v S2u, pa še njihov povprečni raziskovalni prispevek je bil višji.

Po prvi oceni (I) je bila EM3 skoraj trikrat močnejša od S2. Ko po drugi metodi (II) poleg raziskovalcev univerzalne paradigme upoštevamo še prispevke iz ostalih stanj iste paradigme, se zdita paradigmi EM3 in S2 približno enako močni. Velika razlika v rezultatu nas opozarja, da močna univerzalna paradigma ni vedno povezana z veliko močjo drugih stanj iste paradigme.

O univerzalnosti teorije elektromagnetnega polja govorimo po Maxwellovi objavi Razprave o elektriki in magnetizmu leta 1873. V nemško govorečih deželah je treba letnico premakniti vsaj do uspešnih poskusov Heinricha Hertza leta 1888 ali pa celo do Hertzove in Oliver Heavisideve (1850-1925) predelave Maxwellovih enačb. Helmholtzov učenec Hertz je v pretežno germanskem kemijsko-termičnem duhu katodne žarke opisoval kot valove, William Crookes in drugi iz predvsem anglosaške delčno-dinamične tradicije eksperimentalcev-empiristov pa kot delce ali celo kot posebno četrto agregatno stanje. Narodnostno obarvan spor je motila Faradayju naklonjena bonnska skupina Juliusa Plückerja v hudem osebnem sporu z berlinskimi raziskovalci, pozneje pa matematični fiziki Göttingenskega seminarja za teorijo elektronov: Wiechert, Abraham in predvsem Arnold Sommerfeld. Helmholtzova kemijsko-termična šola je v domnevni valovni katodni žarki iskala napovedano longitudinalno komponento elektromagnetnega valovanja. Röntgen se je zdelo, da je desetletja pogrešano komponento konec leta 1895 našel v novih žarkih, ki danes nosijo njegovo ime. Seveda pa zgolj zaradi

zaverovanosti v valovno raziskovalno metodo pripadniki kemijsko-termične tradicije ni-
so nasprotovali atomom Helmholtzovega prijatelja Boltzmannu. Boltzmannovi spori za
atome z Ostwaldovimi energisti in Machovimi pozitivisti v Tk2 se tako kažejo predvsem
kot prepričanja znotraj iste kemijsko-termične hiše (Abiko, 1991, 5-6). Prepričanje med atomisti
in njihovimi nasprotniki ni bilo tako globoko, so ga pa globokega narisali poznejši zma-
govalci atomisti, kot se to v zgodovini idej rado pripeti.

Na poseben način sta se delčno-dinamična in kemijsko-termična tradicija križala
pri Škoti na daljšem obisku v Angliji, kot sta bila Maxwell in deloma William Thom-
son, poznejši lord Kelvin. Po eni strani so bile Škoti njune generacije vzgojeni v duhu
Boškovičeve dinamike (B3) profesorja naravoslovja Johna Robisona (1739-1805) in
profesorja matematike in od leta 1785 moralne filozofije Dugalda Stewarta (1758-1828)
z univerze v Edinburghu, kjer je pozneje študiral Maxwell. Boškovičev nauk je bil blizu
vodilnemu eksperimentalnemu fiziku Faradayju (EM3r), katerega ideje sta Thomson in
Maxwell tem lažje prevedla v matematični jezik. Thomson in Maxwell sta razvila
matematično fiziko obeh termodinamskih ohranitvenih zakonov vzporedno s Clausi-
usom in Boltzmannom v kemijsko-termični tradiciji. Vmes je bil Maxwell skoraj devet
let do svoje smrti prvi profesor eksperimentalne fizike in direktor Cavendishevih labora-
torijev univerze v Cambridgeu, ki so jih njegovi nasledniki John Rayleigh, J.J. Thomson
in Rutherford razvili v najpomembnejše središče delčno-dinamične tradicije.

Einstein je v svoji teoriji relativnosti izhajal iz Helmholtzove kemijsko-termične
tradicije uporabe statistične mehanike (T3r, C3) za opis dotlej predvsem eksperi-
mentalno raziskovanih toplotnih pojavov. Statistični mehaniki je prerokoval večno pra-
vilen opis pojavov, seveda v njenem definicijskem območju. Trditev sicer po svoje velja
za vsako priznano teorijo, vsaj v sodobni fiziki. Kakorkoli že, T3r je bila za Einsteina
bolj sprejemljiva od Maxwellove univerzalne teorije polja (EM3u), saj je že leta 1904
ugotovil, da Maxwellov opis nasprotuje Planckovi kvantni domnevi. Leta 1905 je z
relativističnimi postulati omejil veljavnost Newtonove mehanike. Klasični opis sveta
atomov je postal dokončno dvomljiv po Bohrovem modelu vodikovega atoma iz leta
1913, ki je revolucionarju Einsteinu kmalu zagrenil začetno navdušenje nad kvantno
mekaniko. Revolucija pač žre lastne otroke.

Rutherford je kot vodilni eksperimentalni raziskovalec dinamike delcev v Caven-
dishevih laboratorijih na predvečer novega prevrata v fiziki (EM3p) ponovno odigral
Galilejevo (M1p) vlogo demoklejevega meča med prepričanja teoretikov (M1u). Vremena so
se medtem zjasnila, tako da ni bilo govora o Galilejevem procesu iz leta 1633;
visokoraslega Avstralca Rutherforda so skoraj tri stoletja po Galileju raje še povišali v
prvega barona Nelsona. Medtem ko je Galileo svoje novotarije dokazoval s poskusi
predvsem zato, ker mu je logičnih argumentov proti peripatetikom zmanjkalo, so bili v
Rutherfordovem času eksperimentalni dokazi prav tako ali pa še bolj čislani. Fizika je
bila že dolgo eksperimentalna znanost; Planck je kot prvi zapriseženi teorijski fizik
dobil (izredno) katedro v Kielu šele leta 1885.

Rutherfordov varovanec, teoretik Bohr, je v kopenhagenski sliki dinamike kvan-
tnih delcev razviti ob geografski meji med anglosaškim in nemškim vplivom vsaj za
nekaj časa združil nasprotujoči si tradiciji z obeh strani Rokavskega preliva. Uspešnejša
Bohrova kopenhagenska šola (Abiko, 2003, 204-205, 211) je po letu 1926 začasno ome-
jila razvoj splošne teorije polja (C2") na vedno ožji krog Einsteinovih sodelavcev.
Kvantna mehanika je kot univerzalna paradigma in metoda (T3u, A") razširila območje
veljavnosti, ki si ga je pred njo lastila Maxwellova elektromagnetna teorija polja.
Predvsem pa je središče raziskovanja ter z njim po Drugi svetovni vojni tudi pozornost
laikov preusmerila od nevidnih radijskih, televizijskih in drugih valovanj elektro-
magnetnega polja k raziskovanju vedno številnejših "osnovnih" delcev. Seveda so se

časi medtem že spremenili in na prvem kamnu (Einsteinu) številni drugi danes gradijo nove splošne teorije polja.

4) UNIVERZALNE METODE

Univerzalna metoda je edini del stare paradigme, ki lahko preživi zamenjavo paradigme. Univerzalna metoda je pogosto uspešnejša izven panoge znanosti, v kateri je nastala. V izvorni panogi se ne uveljavi vedno kot edina prevladujoč način raziskovanja, zamujeno pa nadoknadi v paradigmi-naslednici.

Po peripatetični razdelitvi snovi iz M1u, uporabljeni v naših jezuitskih šolah do srede 18. stoletja, sta bila le dela mehanike in optike predavana kot matematični vedi, druge panoge prirodoslovja pa so bile del Aristotelove fizike. Mehanika in optika sta imeli zato več priložnosti za razvoj univerzalnih metod, pozneje pa so se različne metode raziskovanja razvile tudi ob opisih toplotnih pojavov. Med njimi sta se Fourierjeva analiza in statistična mehanika pozneje uveljavili v domala vseh panogah fizike, podobno kot polje sil in katodne elektronke iz EM3. Univerzalne metode lahko razvrstimo po fizikalnih paradigmah, v katerih so jih raziskovalci razvili:⁴

M1 *atomizem* (E).

M2 *Galilejev eksperiment in teorijska idealizacija* (A'); infinitezimalni račun; *ohranitveni zakoni* (C) in *sil obratno sorazmerna kvadratu oddaljenosti* (B2) z *analitično teorijo* (D), katere uporabnost so najprej dokazali v astronomiji; *Boškovičev model sile* (B3), razvit na jezuitskih kolegijih, je vplival na britanske raziskovalce EM3 in na opis sil kratkega dosega v T3u; *vakuumske črpalke* (H') za katodne elektronke v EM3k.

M3 *relativistična transformacija* Einsteina in Hermana Minkowskega (1864-1909), *četverci*, univerzalna teorija polja (C2"), (ki vpliva na fiziko delcev in astrofiziko).

S1 Newtonov "Hypotheses no fingo", (Galilejevi poskusi iz M2), *valovanje* (G).

S2 trigonometrija, *interferenca* transversalnih valov v jalovi valovni teoriji toplote (T2, B2'), (teorija polja iz EM3).

EM1 tehnika (iz kemije), posebno *torzijska* (B2').

EM2 *elektroliza* (F), (vpliva na kemijo).

EM3 *polje sil* (C2'), statistična mehanika (E") iz teorije toplote, *katodna elektronika* (H').

T1 termometrija in kalorimetrija, (kemijski principi, Galilejevi poskusi), *Fourierjeva analiza* (D').

T2 fizika kot nadgradnja tehnologije parnih strojev, (vpliv *zakona ohranitve* (energije) iz M2), *entropijski zakon* prvi upošteva puščico časa (C3"), *povprečne vrednosti* količin (E'), (Galilejeva) idealizacija fizikalnih pojavov v plinih.

Raziskovanja povprečnih vrednosti lastnosti nevidnih delcev (E') v T3 so se razvila v *statistično metodo* (E"). Statistična metoda je odprla nova raziskovalna področja z novimi fizikalnimi pojavi odkritimi med raziskovanjem nizkih temperatur, majhnih razdalj in visokih hitrosti. Walther Nernst (1864-1941) je z nedosegljivo absolutno temperaturno ničlo na zanimiv način omejil termodinamiko, podobno kot je pozneje Einstein z nedosegljivostjo svetlobne hitrosti omejil posebno teorijo relativnosti, Heisenberg pa je z načelom nedoločenosti omejil svojo lastno univerzalno raziskovalno metodo (A") v univerzalni paradigmi (T3u). Podobnost ni bila naključna, temveč del Boltz-

⁴ Krepro so natisnjene metode, ki preživijo paradigmo v kateri nastanejo. Podčrtali smo metode, ki na novo nastanejo v paradigmi, ne najdejo pa (še) uporabe izven njenega območja. V oklepajih so metode, ki si jih je paradigma sposodila od drugih.

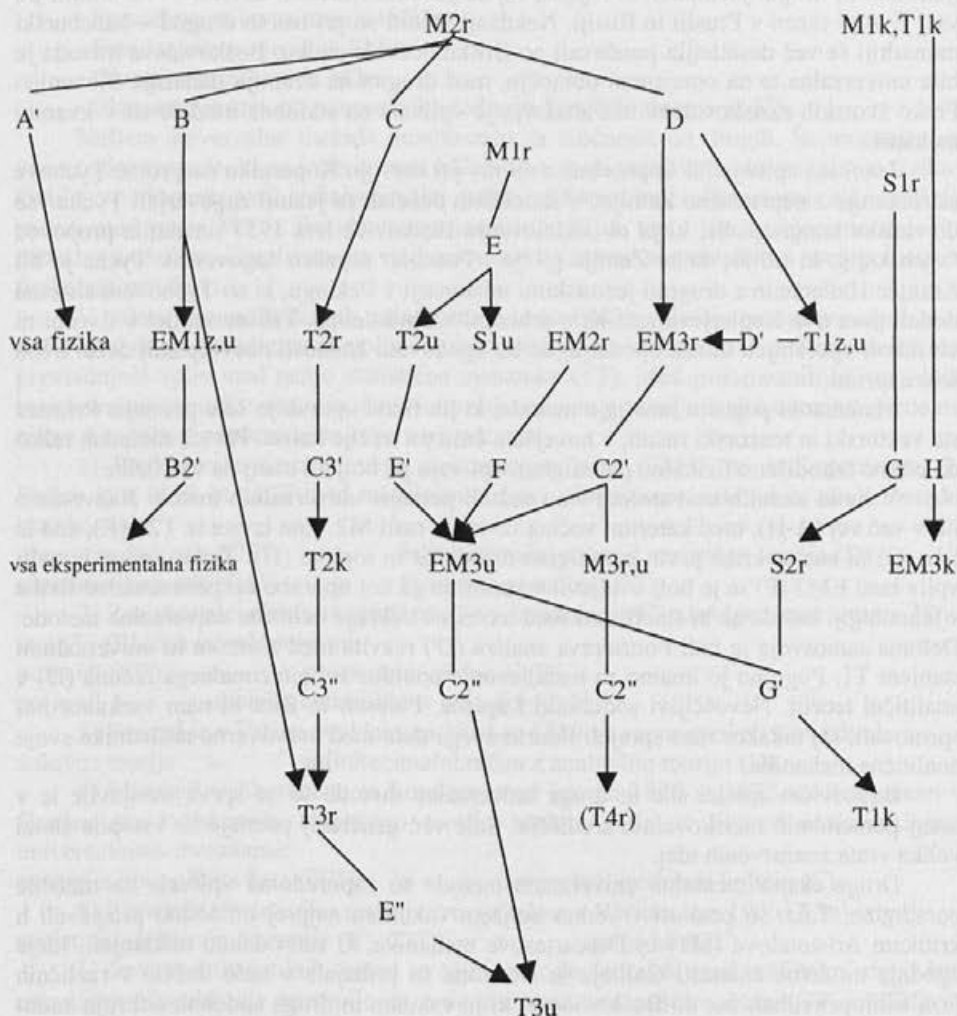
mannovega kemijsko-termičnega raziskovalnega programa (C), v katerem je Einstein s kvantno teorijo specifičnih toplot podprl Nernstov tretji zakon termodinamike. Heisenbergu se je zdelo, da nadaljuje Einsteinovo reformo, in je bil iskreno presenečen, ker mu Einstein ni hotel slediti tako daleč v indeterminizmu.

Newtonova korpuskularna teorija svetlobe (S1) edina med paradigmi ni razvila posebne univerzalne metode. Opis gibanja in trkov delcev je povzela po Galilejevih poskusih (M2), podobno kot pozneje kinetična teorija plinov (T2u). V tem oziru šibka struktura paradigme S1 ne pomeni njene majhne moči, saj je njen raziskovalni prispevek in trajanje univerzalnega stanja primerljivo z drugimi. Brez lastne univerzalne metode Newtonova optika delcev (S1) ni prepričljiva izrinila Hookevih in Huygensovih valov, temveč je prevladala predvsem zaradi Newtonove avtoritete med znanstveniki. Posebno v nemškem delu Evrope Bernoullijev in Leonarda Eulerja (1707-1783) se valovi svetlobe nikoli niso povsem umaknili delcem. Neporaženi so čakali na svojo priložnost, ko so se s transvezalnimi valovi in z interferenco znova uveljavili – namesto na Nemškem pač v Thomas Youngovi Angliji in Fresnelevi Franciji.

Med drugimi devetimi paradigmi je mogoče najti več univerzalnih metod, ki so preživele dezintegracijo paradigme. Oglejmo si tabelo, ki kaže izvorno paradigmo, način dela (Eksperiment, Matematika ali Teorija), območje veljavnosti in oceno moči devetih univerzalnih metod. Mehanska teorija toplote je ponujala več novih univerzalnih metod, ki so se pozneje izkazale za dokaj različne:

Univerzalna metoda	Čas rojstva univerzalne metode, stanje paradigme v katerem se rodi	Način raziskovanja	Paradigme-otroci v katerih metoda preživi oziroma se vzporedno razvija
Galilejev idealni poskus A'	M1k, M2r (1600-1650)	E, T	S1r, EM1z, M2u, T2u
Infinitezimalni račun D z analitično teorijo in ohranitvenimi zakoni	M2r, M2z (1680-1788)	M, T	EM3r, T1u (Fourier), S2r, T2r
Univerzalna teorija polja C2'	Rast, univerzalna M3 1907-1940	T, M	Domnevna prihodnja "T4r"
Valovna teorija G	S1r, 1660	T	S2r (Fresnel)
Trigonometrija z interferenco valov G'	S2r, 1814-1829	T, M	T1k (jala) valovna teorija 1830-1845
Torzijska tehtnica B2'	EM1z, EM1u (1789), tehtnica E iz Lavoisierjeve kemije	E	Vpliva na vso eksperimentalno fiziko
Boškovičeva sila B3	M2r	T	Modeli sil EM3 in T3u
Elektroliza F	EM2r	E	Elektrokemija, pozneje fizikalna kemija, tehnologija v EM3u
Polje sil C2'	Rast EM3 (Faraday), univerzalna EM3 (Maxwell)	T	T3u (kvantna mehanika), M3r (Einsteinova univerzalna teorija polja)
Fourierova analiza in vrste D'	Zlom in univerzalna T1	T, M	S2r (interferenca, superpozicija valov), EM3r (Ohmska prevodnost)
Entropijski zakon s puščico časa C3'	T1k (Carnot), T2r, T2k (Clausius)	T	T3r (statistični opis entropije) v vseh znanostih
Povprečne vrednosti količin v atomih E'	T2u (kinetična teorija)	T	T3r (statistika), EM3u (povprečja parametrov polja)
Statistična metoda E''	T3r	T	T3u (kvantna mehanika) v vseh panogah znanosti
Vakuumski poskusi H	M1k (črpalka)	E E	Parni stroji v T1k in T2 EM3 (katodna elektronika), EM4r (elektronika)

a) Veje drevesa paradigem povezujejo enake univerzalne metode:



Stanja paradigem, med katerimi pride do vplivov univerzalne metode:

Rasti (M2, M3, T2, EM2, EM3, S2, T3, ("T4"))	=	8
Zlomi (EM1, T1, M3)	=	3
Univerzalna stanja (EM1, T1, T2, EM3, M3)	=	5
Krize (M1, T1, T2)	=	3
Revolucije	=	0

Pri analizi razvoja univerzalnih metod gotovo ne moremo mimo *jalovih* (abortivnih) primerov. Mednje spadajo kvaternioni, ki si jih je zamislil Irski matematik in optik Willam Rowan Hamilton (1805-1865) leta 1843. Pod vplivom na Irskem delujočega Škota Petera Guthrie Taita (1831-1901) so postali kvaternioni obvezno in obetajoče orodje irskih študentov. Pozneje se je izkazalo, da je Tait pretirano hvalil njihovo

uporabnost. Prav tako je bil jalov model Boškovičeve sile (1758) uporabljan na ljubljanskem in drugih jezuitskih kolegijih, saj so jezuitsko družbo do leta 1773 ukinili po vsej Evropi razen v Prusiji in Rusiji. Nekdanji jezuiti so pri nas in drugod v habsburški monarhiji še več desetletjih poučevali po Boškovičevem nauku. Boškovičeva metoda je bila univerzalna le na omejenem območju, med drugim na ozemlju današnje Slovenije. Preko škotskih raziskovalcev in Faradayja je vplivala na sodobne modele sil v kvantni mehaniki.

Jezuitski vpliv je bil še posebno zanimiv pri razvoju Koperniku nasprotne Tychove astronomije z nepremično Zemljo. V katoliških deželah so jezuiti zagovarjali Tycha vse do rimske kongregacije, ki je ob sodelovanju Boškoviča leta 1757 umaknila prepoved "vseh knjig, ki trdijo, da se Zemlja giblje". Posebno uspešen zagovornik Tycha je bil Kranjec Hallerstein z drugimi jezuitskimi misionarji v Pekingu, ki so Tychovem sistemu dodali prva dva Keplerjeva zakona z orbitami v obliki elips. Takšen model v Evropi ni bil nikoli uporabljen in nas opozarja, da bo zgodovino znanosti neevropskih dežel treba še napisati.

Matematiki pogosto razvijajo metode, ki jih fiziki uporabijo šele pozneje. Primera sta vektorski in tenzorski račun, v novejšem času pa teorije kaosa. Pri teh metodah težko določimo izhodiščno fizikalno paradigmo, vplivajo pa bolj ali manj na vse fizike.

V fiziki zadnjih treh stoletij smo našli petnajst univerzalnih metod. Razvrstimo jih v več vej (A-H), med katerimi večina izvira iz rasti M2. Ena izvira iz T2u (E), ena iz S1r (G) in ena iz krize prvih paradigem mehanike in toplote (H). Zadnji, manj izraziti vpliv rasti EM2 (F) se je bolj uveljavil v kemiji in ga kot uporabo eksperimentalne fizike v tehnologiji morda ne bi smeli šteti med temeljna odkritja oziroma univerzalne metode. Deloma samosvoja je tudi Fourierjeva analiza (D') razvita med zlomom in univerzalnim stanjem T1. Pogojno jo imamo za nadaljevanje uporabe infinitezimalnega računa (D) v analitični teoriji. Nevoščljivi sodobniki Laplace, Poisson in Biot bi nam vsekakor nasprotovali, saj nikakor niso sprejeli Fourierjevega dela med pravoverne naslednike svoje analitične mehanike.

Boškovičev model sile in druge univerzalne metode so se sprva uveljavile le v manj pomembnih raziskovalnih središčih. Šele več generacij pozneje so vstopile skozi velika vrata znanstvenih idej.

Druge eksperimentalne univerzalne metode so zaporedoma vplivale na različne paradigme. Tako so poskusi v vedno boljšem vakuumu najprej odločilno prispevali h kritikam Aristotelove (M1) in Descartesove mehanike, ki sta vakuum odklanjali. Ideje zgodnje moderne znanosti Galileja in Newtona so prihajale v naše dežele v različnih jezuitskih priredbah vse do Boškovičeve, ki je vakuum in druga sodobna odkritja zadovoljivo prepletla s peripatetično logiko. Poznavanje lastnosti nizkih tlakov in vakuumu je prišlo prav številnim britanskim izumiteljem parnih strojev v T1 in T2. Končno so vakuumske katodne elektronke, razvite med rastjo EM3, postale del domala vseh eksperimentalnih pripomočkov sodobne fizike in industrije razen prikazovalnikov na tekoče kristale. Tako je Torricellijev opis vakuumu v barometru bolj kot kateri koli drug izum v zgodovini zaporedoma vplival na teorijo, tehnološko uporabo in fizikalne poskuse.

b) Moč univerzalne metode

Univerzalne metode so skoraj v polovici primerov vplivale na rasti drugih paradigem. Štiri univerzalne metode, razvite med rastjo M2, so vplivale na različne paradigme oziroma na fiziko v celoti. Šest univerzalnih metod je hkrati vplivalo na po dve različni paradigmi:

- Atomizem iz M1r;
- Fourierjeva analiza iz T1z;
- Fresneleva valovna teorija iz S2r;
- Faradayjevo polje sil iz EM3r;
- Ohranitveni zakoni iz M2r;
- Clausiusova metoda povprečnih vrednosti lastnosti atomov iz T2u.

Nášete univerzalne metode imamo zato za močnejše od drugih. Še močnejše so univerzalne metode, ki so izšle iz rasti M2 in so več ali manj vplivale na celotno fiziko: Galilejevi eksperimenti, infinitezimalni račun, deloma tudi ohranitveni zakoni (C1) razviti med rastjo M2 iz Buridanovega impetusa. Kljub temu jim ne moremo določiti metod – naslednic. Z vplivom na višji metateoretski ravni so postale del vseh poznejših fizikalnih raziskav.

V našem vzorcu fizikalnih paradigem je le na EM3u vplivalo pet univerzalnih metod. Na tri druge paradigme so vplivale po tri metode, na štiri pa po dve. Težje določimo prevladujoči vpliv med rastjo statistične mehanike (T3). Moč posameznih univerzalnih raziskovalnih metod v prostoru, času in raziskovalnem področju lahko ocenimo glede na njihove uspehe v neposrednem boju s teknicami:

1) Raziskovalci Oerstedovega elektromagnetizma (EM3r) so v Kopenhagenu in Parizu leta 1819 in 1820 med teknicami izbrali ohranitvene zakone za svoji metodo raziskovanja:

ohranitev žive sile (C1'') > infinitezimalni račun z analitično teorijo (D);

ohranitev žive sile (C1'') > Fourierjeva analiza (D').

2) Raziskovalci elektromagnetizma so v Londonu in Cambridgeu med letoma 1864 in 1873 (EM3u) izbrali polje sil:

polje sil (C2') > povprečne vrednosti (E);

polje sil > uporaba elektrolize v tehnologiji (F).

3) Fresnel je v Parizu med letoma 1814 in 1819 za svojo optiko (S2r) izbral:

valovna teorija > infinitezimalni račun z analitično teorijo (D).

4) Maxwell v Aberdeenu in Londonu med letoma 1859 in 1872 ter Boltzmann v Gradcu sta raziskovala statistično teorijo toplote (T3r) z dvema enakovrednima univerzalnima metodama:

entropija kot puščica časa (C3'') = povprečne vrednosti količin (E).

5) Planck je za statistiko sevanja črnega telesa v Berlinu leta 1900 (T3u) izbral:

statistična definicija entropije (E', C3'') > polje sil (C2').

V drevesu univerzalnih metod so se tri metode dedovale med različnimi stanji iste paradigme. Izgubljanje entropije in opis entropije kot puščice časa (C3' in C3'') so raziskovali na prehodu iz rasti v krizo T2. Skupaj sestavljata eno samo univerzalno metodo. Ločili smo ju za nazornejši opis povezav med (ne)ohranitvenimi zakoni in statistično metodo.

Pomembnejšo vlogo je igrala Maxwelllova univerzalna metoda polja sil (C2'), ki je vplivala na posebno (M3r) in splošno (neuspešna jalova M3u) teorijo relativnosti.

Oglejmo si vejo D'. Fourierjeva analitična metoda razvita med letoma 1807 in 1822 v zlomu in univerzalnem stanju T1 je vplivala na rast elektromagnetizma (EM3) Georga Simona Ohma (1787-1854) leta 1827. Že v naslednji generaciji so postale Fourierjeve vrste standarden del matematične fizike, posebno pri obravnavi trdne snovi.

Fourierjev rojak Fresnel je skoraj istočasno med letoma 1814 in 1819 omogočil renesanso valovnega opisa svetlobe (G), razvitega med rastjo S1. Med Fourierjevim in Fresnelevim delom je mogoče najti določene vzporednice, saj sta oba raziskovala v Franciji brez podpore prevladujoče Laplaceve šole. Vendar sta področji in metodi obravnave dovolj različni in čas njunega nastanka med seboj preblizu, da bi lahko tvegali

sodbo o tesnejši sorodnosti njunih univerzalnih metod. Širjenje valov v praznem prostoru opisujemo z diferencialno enačbo drugega reda po času. Fourierjeva enačba za prevajanje toplote v snovi uporablja odvode prvega reda po času. Res je že med letoma 1825 in 1835 Andre Marie Ampère (1775-1836) je upal, da bo obe teoriji mogoče združiti ob upoštevanju ohranitve "žive sile" v sistemu (Brush, 1976, 316). Sorodnost med Fourierjevimi trigonometričnimi vrstami in sinusnim transverzalnim valovanjem je bila očitna tudi površnemu opazovalcu.

Ideja atomizma (E) iz M1r je v različnih obdobjih zaporedoma vplivala na vse panoge fizike: na Newtonovo korpuskularno teorijo svetlobe (S1u) leta 1672, kinetično teorijo plinov (T2u) leta 1857, teorijo elektronov (EM3u) leta 1897 in kvantno mehaniko (T3u) leta 1900. Valovna teorija (G) iz S1r je prevladala predvsem v 19. stoletju, ko se je uveljavila v: transverzalnem valovanju (S2r) med letoma 1814 in 1894, valovnih teorijah toplote (Tk1 oziroma jalova T2r) med letoma 1830 in 1845, Hertzovem elektromagnetnem valovanju (EM3u) leta 1888 ter dualizmu val-delec kot jalovom poskusu T3u, ki ga je predlagal Louis de Broglie (1892-1987) v doktoratu leta 1923.

Mimo časovne raztresenosti prevladujočih vplivov atomizma in osredotočenega vpliva valovnih idej v 19. (in 20.) stoletju opazimo še drugo zanimivo razliko med obema metodama. Vsi vplivi atomizma so povezani z univerzalnimi paradigmi panog, valovanje pa je vplivalo tudi na rasti paradigme. Rast je med vsemi stanji paradigme gotovo najbolj dovzetna na vplive univerzalnih metod. Zato tvegamo trditev, da je valovna hipoteza v fiziki (ne v kemiji!) plodnejša od atomizma. Sodobnim odkritjem množice delcev manjših od atoma pred ustavitvijo gradnje trkalnika v Teksasu spomladi 1993 ni bilo videti konca. Danes se zdi, da bo prihodnost morda prijaznejša solitonom, valovom gravitacijskih polj in drugim valovnim idejam, saj velja: valovna hipoteza (G) > atomizem (E)

c) Pregled ugotovljenih razmerij moči med univerzalnimi metodami paradigme

Dosedanje ugotovitve razvrstimo v tabelo:

Močnejša metoda	Šibkejša metoda	Čas tekmovanja med metodama	Stanje panoge v kateri tekmuje	Vrsta ⁵	Kraj in raziskovalec, ki je izbral močnejšo metodo
C(M2r)	D(M2r)	1819	EM3r	-/-	Kopenhagen-Oersted, Pariz
C(M2r)	D'(T12u)	1819	EM3r	-/-	Kopenhagen-Oersted, Pariz
G(S1r)	D(M2r)	1814-1819	S2r	+/-	Pariz-Fresnel
C3"(T2k) = E(T2u)	B(M2r)	1859-1872	T3r	+/-	London-Maxwell, Gradec-Boltzmann
C2'(EM3r)	E'(T2r)	1864-1873	EM3u	++/-	London, Cambridge-Maxwell
C2'(EM3r)	F(EM2r)	1864-1873		+++	
E"C3"(T3r)	C2'(T2M3u)	1900	T3u	+++	Berlin-Planck
G	E	19.-20. stoletje	vse panoge	++/-	
B = D'	F ⁶				

⁵ Dva zaporedna znaka (++) označujeta paradigmo, ki s svojo raziskovalno metodo vpliva na svoj poznejši razvoj. En sam znak (+) označuje celotno fizikalno panogo, ki s svojo raziskovalno metodo vpliva na svoj poznejši razvoj. Z znakom (/) sta ločena vpliva močnejše in šibkejša metode.

⁶ Ker sta B in D' posledica uporabe infinitezimalnega računa in imata vpliv na vso fiziko, F pa predvsem na kemijo

Zadnjo ugotovitev bomo posebej utemeljili. Univerzalni metodi B s silami obratno sorazmernimi kvadratu razdalje in Fouriereva analiza D' sta se razvili z uporabo infinitezimalnega računa in analitične teorije v fiziki (D). Oba načina raziskovanja so uporabljali v vsej matematični fiziki, čeprav sta se kot prevladujoči univerzalni metodi uveljavili le v Coulombovi EM1u oziroma Ohmovi EM3r. Ne moremo naravnost primerjati moči univerzalnih metod B in D', ki sta približno enaki. Morebitno zavračanje ene izmed njiju je povzročilo nujno tudi zavračanje druge.

Univerzalna metoda elektrolize (F) je po dezintegraciji EM2 vplivala predvsem na merilne naprave v fiziki. Njeno splošno veljavo je utemeljil kemik Dmitrij Ivanovič Mendelev (1834-1907). Raziskovalci univerzalne metode elektrolize so bili tako predvsem kemiki, zato je njihov prispevek k fiziki zelo majhen.

Najmočnejši orodji fizike med renesanso in kvantno mehaniko sta bila Galilejev eksperiment z zanemarjanjem motilnih vplivov trenja in nepopolnega vakuumu (A') ter uporaba infinitezimalnega računa v analitični mehaniki (D). Obe univerzalni metodi sta še danes vplivni v vsej fiziki, zato sta imeli neprimerno večjo moč od ostalih načinov raziskovanja. Le pri genezi EM3 z Oerstedovim poskusom leta 1819 je ideja zakona ohranitve energije (C1'') prevladala nad matematičnimi orodji analitične mehanike (D). Vendar je že Ampère med letoma 1820 in 1834 dokazal premoč univerzalne metode D, ki ji je dodal ponovno oživiljene Descartesove vrtnice (B1).

Kritična analiza dobljenih rezultatov primerjanja moči devetih univerzalnih metod nas je zapeljala mimo resne ovire. Skušali smo namreč primerjati moč metod, ki jih uporabljajo pri poskusih, teoriji in celo v sami matematiki. Seveda eksperimentalne in teorijske metode med seboj le težko tekmujejo, še posebej ne v moderni fiziki. Obravnavali smo le malo univerzalnih eksperimentalnih metod: vakuumsko črpalko (H), ki je bila vsaj pri florentinskih akademikih povezana z Galilejevo raziskovalno metodo (A'), torzijsko tehtnico (B2') in elektrolizo (F). V resnici je bilo v fiziki več univerzalnih eksperimentalnih metod, ki so si jih fizikalne paradigme oziroma panoge med seboj spsojale: poleg najpomembnejše uporabe vakuumskih elektronskih naprav v vsej sodobni fiziki in tehnologiji (H') še termometrično določanje intenzitete električnega toka ali svetilnosti, itd. Svoje prvotne meje je preseglo tudi merjenje temperature telesa glede na barvo izsevane svetlobe pri Johnu Tyndallu (1820-1893). Njegove rezultate je naš Jožef Stefan uporabil pri odkritju svojega slovitega zakona leta 1879.

d) Težavno merjenje moči univerzalnih metod

Razmerje moči med paradigmami pri naši meritvi v vseh obravnavanih časih in prostorih kaže enako sliko. Izjemi sta:

1) Polje sil (C3') je prevladalo nad metodo povprečnih vrednosti količin v svetu atomov (E') pri Maxwellovi univerzalni paradigmi EM3 med letoma 1864 in 1873. Ta prevlada je še zanimivejša, ker je sam Maxwell raziskoval z obema metodama: prvo je podedoval od Faradayja, drugo pa od Clausiusa. Pri raziskovanju elektromagnetizma je dal prednost Faradayjevi metodi, saj je šlo za raziskovanje v isti fizikalni panogi in celo v isti paradigmi le-te.

Trideset let pozneje je Planck pripisal statistični Boltzmannovi definiciji entropije večjo težo kot univerzalni raziskovalni metodi s polji sil. Razmerje moči veljavno v Maxwellovih časih se je pri Plancku obrnilo, kar ni presenetljivo. Planck je dal Boltzmannovi univerzalni metodi prednost pred Faraday-Maxwellovo, saj je svoje raziskave nadaljeval prav tam, kjer jih je pustil Boltzmann. Trditev velja kljub Planckovi mladostni nagnjenosti k Machovemu dvomu v atome, ki mu je nakopala Boltzmannove očitke.

Tako se Maxwellu in Plancku ni bilo težko odločiti. Oba sta za raziskovanje v svoji panogi izbrala domačo, že potrjeno raziskovalno metodo. Njuni odločitvi sta med seboj le na videz v nasprotju.

Iz naše tabele vidimo, da med konkurenčnimi dvema ali tremi univerzalnimi metodami vedno prevlada tista, ki se je v določeni panogi že uveljavila. Če sta obe metodi iz iste panoge, prevlada tista, ki so jo že uporabili v isti paradigmi. Zato je Maxwell (EM3u) uporabil Faradayjevo polje sil iz EM3r in ne elektrolizo (F) Aleksandra Volte (1745-1827) iz EM2r, ki je bila novi paradigmi bolj tuja. Maxwell v Razpravi iz leta 1873 sploh ni upošteval zakonov elektrolize in tudi ne številnih optičnih pojavov (Darigol, 1996, 266).

Med teknikama prevlada tista metoda, katere vir je bližji panogi, za katero tekmuje. Tako je bil zakon o ohranitvi energije (C1'') kot ena izmed univerzalnih metod M2r idejno bližje elektromagnetizmu (EM3r) od druge univerzalne metode iste panoge, infinitezimalnega računa z analitično mehaniko v M2r. Ohranitveni zakoni iz M2r so bili bližje EM3r tudi v primerjavi s Fourierjevo analizo iz T1z oziroma T1u.

2) Drugi problem pri določanju vrstnega reda moči univerzalnih metod najdemo pri analitični mehaniki (D), ki je poleg Galilejevih poskusov (A') gotovo najmočnejša univerzalna raziskovalna metoda v vsej fiziki. Kljub temu sta med letoma 1814 in 1819 nad njo prevladala tako ohranitev žive sile (C1''), kot valovanje (G)! Vendar so se v naslednjih desetletjih razmere spremenile.

Meritve moči univerzalnih metod v treh različnih časovnih obdobjih dajejo skladne rezultate. Tako lahko zapišemo za vsako obdobje podoben vrstni red moči univerzalnih metod v fiziki:

Obdobje med letoma 1814 in 1819:

$$A > G = C > D > D' > B = F > E$$

Obdobje med letoma 1859 in 1873:

$$A = D > G > C2 > E = C3' > B = D' > F$$

Obdobje okoli leta 1900:

$$A = D > G > E = C3' > C2 > B = D' > F$$

e) Razmerja moči univerzalnih metod glede na število vplivov

Vsaka dosedanja paradigma je razvila vsaj eno univerzalno metodo. Le valovanje se je kot univerzalna raziskovalna metoda rodilo med rastjo paradigme ko sta Hooke in Huygens z valovnim modelom neuspešno nasprotovala Newtonovi univerzalni paradigmi delcev svetlobe.

Na razpolago imamo enajst paradigem, med katerimi so se v mehanski teoriji (M2) razvile štiri univerzalne metode, v kaloriki (T2) pa dve. Tako dobimo več deset univerzalnih metod. Razvrstimo jih v deset vej, med katerimi sta dve metodi klasične mehanike (Galilejeva A in Lagrangejeva D) pravzaprav obvladovali vso fiziko in tako nista povsem uporabni za našo analizo.

Neposredni konflikti univerzalnih metod ne dajejo vedno neoporečne slike razmerij moči med njimi. Ugotovitev:

$$C > D > D'$$

velja za obdobje od leta 1814 do leta 1819, sicer pa ne. Pri vseh drugih primerih so prevladale tiste univerzalne metode, ki so se že uveljavile v isti panogi ali celo paradigmi.

Zato vpeljimo drugačen kriterij. Mera za moč univerzalne metode naj bo število paradigem, v katerih se le-ta uveljavi! Uspešen prodor v novo panogo šteje 10 točk, neuspešen 5. Če vpliv na tujo paradigmo ni izrazit, kot pri metodah A in B, se točkuje za polovico nižje. Za uspešen prodor v drugo paradigmo izvirne panoge bomo pripisali 4 točke, za neuspešen pa 2 točki. Pomemben vpliv na drugo stanje izvirne paradigme prinese eno točko.

	Število tujih paradigem nad katerimi:		Paradigme pod splošnim vplivom	Vplivi na naslednjo paradigmo panoge	Vplivi na izvorno paradigmo	Število točk	Vrstni red moči
	Prevlada	Ne prevlada					
A'	0	10	8	0	/	32	2
B	1	1	1	0	0	18	6
C1	2	0	0	0	0	20	5
C2	2	1	0	0	1	26	4
C3	0	0	0	1	1.5	5.5	8
D	0	3	5	0	0	35	1
D'	0	1	0	0	0	5	9
E	2	1	0	1	0.5	29.5	3
F	0	0	0	1(ne prevlada)	0	2	10
G	0	2	0	1	0	14	7
H			2			5	9
Skupaj	7	19	16	3 (1)	3		

Veje univerzalnih metod raziskovanja fizike razvrstimo po moči za čas do 20. stoletja:

Vsi ohranitveni zakoni (C1+C2+C3) z energijo, entropijo in poljem >>

infinitesimalni račun z analitično mehaniko (D) >

Galilejevi poskusi z idealizacijami (A') >

atomizem (E) s statistično metodo >

polje sil (C2) >

ohranitev energije (C1''') >=

valovanje (G) >>

entropijski zakon (C3) >

Fourierova analiza (D') >

elektroliza (F)

Pri raziskovanju nismo upoštevali relativnih časovnih sprememb v razmerjih med močmi vej univerzalnih metod. Po tej plati so dobljeni rezultati manj uporabni od prejšnjih. Zato je tu uporabljeni način določanja moči veliko bolj objektivni. Razen relacije večji (>) lahko tu vpeljemo še relaciji malo večji (>=) in veliko večji (>>). Dobljeni vrstni red moči univerzalnih raziskovalnih metod je podoben tistemu, ki smo ga s prejšnjo metodo dobili za obdobje med letoma 1859 in 1873. Spremembi sta dve:

1) univerzalno metodo valovanja (G) smo tokrat postavili na mesto, ki ga je prej zavedel atomizem (E).

2) Metodo (B2) s silami sorazmernimi z obratno vrednostjo razdalje smo premaknili za dve mesti naprej.

Vrstni red, ki smo ga s prejšnjo metodo dobili za leto 1900, dosežemo z eno samo novo spremembo: polje sil (C2) pomaknemo za dve mesti naprej.

Za obdobje med letoma 1814 in 1819 obe metodi ne dajeta primerljivih rezultatov razen:

C > D in C > D'

Razmislimo o časovni dinamiki spreminjanja moči v vejah univerzalnih metod. Pred

19. stoletjem sta prevladovali metodi iz M2 (A' in D). Atomizem (E) in ohranitveni zakoni (C) so vplivali le na posamezne raziskovalce. Sredi 19. stoletja so se uveljavile nove pomembne univerzalne metode: energijski zakon (C1'''), polje sil (C2) in entropijski zakon (C3) kot veje ohranitvenih zakonov (C) ter statistična metoda kot veja atomizma (E). Pri tem entropijski zakon (C3) v skupnem seštevku ne zavzame visokega mesta, ker šele v 20. stoletju začne vplivati izven področja svoje izvirne panoge, teorije toplote.

5) MOČ PARADIGEM KOT MOČ NJIHOVIH UNIVERZALNIH METOD

Dokazali smo, da se univerzalne metode razvijajo po lastni logiki. Lahko jih preučujemo in raziskujemo kot samostojne objekte, podobno kot paradigme. Razvijajo se v vejah, ki so le ponekod podobne vejam paradigem, saj univerzalna metoda iz določene panoge vedno prevlada nad morebitnimi tehnicami iz drugih panog.

Skupaj so se univerzalne metode devetkrat uspešno uveljavile zunaj izvirne paradigme, štirikrat pa znotraj nje. Izven izvirne paradigme naštejemo devet neuspešnih poskusov uveljavitve, znotraj iste paradigme pa le dva. Elektrolizi se ni posrečilo pomembneje vplivati na razlago elektromagnetizma, saj je Maxwell zanj raje uporabil teorijo polja. Boškovičev model sile zaradi ukinitve jezuitskega reda ni pomembneje vplival na mehanicizem pariških raziskovalcev, čeprav je sam Bošković med njimi preživel desetletje med letoma 1773 in 1782.

Med devetimi metodami, uveljavljenimi izven izvirne panoge, so jih kar sedem razvili mehaniki iz M1r in M2r. Oba preostala prehoda univerzalne metode izven matičnega področja sta bila usmerjena v univerzalno teorijo polja (M3r, M3u in "T4r") v 20. stoletju, ko je postala Helmholtzova razdelitev fizike na štiri panoge že zastarela. Če ne upoštevamo korenin večine metod v antični (M1) ali renesančni (M2) mehaniki, lahko vsaki izmed univerzalnih metod pripišemo fizikalno panogo, katere raziskovalci so jo prvi uporabili:

Galilejevi poskusi (A'), infinitezimalni račun (D) in ohranitveni zakoni (C1'', C1''') v mehaniki (M2);

sila obratno sorazmerna kvadratu razdalje (B2) in ohranitev gibalne količine (C1'') v mehaniki (M2) ter s torzijsko tehtnico (B2=I') v EM1;

Descartesovi vrtinci (B1) v M2, v Ampèrevi in Faradayjevi priredbi (EM3) ter v Helmholtzovi priredbi (B1') v T3;

Boškovičeva sila (B3) neuspešno v (M2), kot zanimiva predhodnica močne jedrske sile v kvantni mehaniki (T3u);

ohranitveni zakoni za energijo in entropijo (C1''', C3) v kaloriki (T1, T2);

polje sil (C2) (in vrtinci (B1'=G'')) v elektromagnetizmu (EM3);

infinitezimalni račun (D) v klasični mehaniki (M2);

Fourierjeva analiza (D') v kaloriki trdne snovi (T1);

atomi (E) v mehaniki (M1) in kaloriki (E', T2);

elektroliza (F) v elektro(magnetizmu) (EM2).

valovanje (G) v optiki poskuša v S1 in uspe v S2;

vakuumski poskusi (H) v (M1k), pri parnih strojih (T1k, T2) in pri elektronkah (H') v T3;

Med letoma 1842 in 1848 je zakon o ohranitvi energije (C1''') povezal mehaniko s kaloriko in z drugimi deli fizike, kar je bila še zadnja voda na mlin mehanicizma. Energijski zakon se je uveljavil v vsej fiziki.

Štiri veje univerzalnih metod (A', B, C1, D) so bile razvite v M2, več drugih pa v mehanski teoriji toplote T2 (C3', C3'', E'). Tako so v dosedanjem razvoju fizike prav raziskovalci mehanskih teorij razvili največ novih vej univerzalnih metod.

Nobena nova veja univerzalnih raziskovalnih metod ni nastala v valovni optiki (S2), elektrostatiki (EM1) ali statistični mehaniki (T3). Paradigmi valovanja in statistične mehanike sta bili tesno navezani na enako imenovani univerzalni metodi G in C3", razviti med prevlado njunih predhodnic S1 in T2k. Coulomb je v elektrostatiki izpopolnil torzijsko tehtnico ($B2' = I'$) in uzakonil silo, ki se je z razdaljo spreminjala po vzoru na silo teže (B2).

Če lahko veje univerzalnih raziskovalnih metod pripišemo posameznim panogam fizike, je moč metod tudi mera za moč paradigem v panogah. Devet uspešnih in devet neuspešnih prodorov metod izven matične panoge je takole porazdeljenih:

M1 (3 uspešni prodori), M2 (4 uspešni (vključno z Boškovičevo v T3u), 4 neuspešni), S2 (2 neuspešna), EM3 (2 uspešna, 1 neuspešen), T1 (1 neuspešen), T2 (1 neuspešen).

Če uspešne prodore univerzalnih raziskovalnih metod v nova področja ovrednotimo dvakrat višje kot neuspešne, dobimo naslednji vrstni red moči paradigem:

M2 >> M1 > EM3 >> S2 > T1 = T2

V zgornji vrsti smo izpustili najšibkejšje paradigme. Morda lahko tvegamo celo zapisi vrstnega reda relativnih moči fizikalnih panog:

M >>> EM >> S = T

Vsa upoštevana stanja paradigem so tu rasti razen pri univerzalnih stanjih paradigem T1 in T2, ter EM3, pri katerih samo eden izmed uspešnih prodorov izvira iz rasti. Zato zgornja razporeditev moči paradigem ni v skladu z razporeditvijo moči imperializmov univerzalnih paradigem, ki smo jo na dva načina izračunali na začetku razprave. Med najmočnejšimi namreč manjka T3, med srednje močnimi pa S1.

T3 težko ovrednotimo, saj vpliv njene univerzalne metode sega zunaj naše obravnave v 20. in 21. stoletje. Majhen vpliv univerzalnega modela valovanja razvitega v rasti S1 pojasnimo z nasprotnimi prizadevanji Newtonove univerzalne paradigme S1, ki je uporabljala delce svetlobe.

V mehaniki razvite metode raziskovanja so bile veliko prodornejše od ostalih. Tudi prodornost sodobne teorije polja (C2), univerzalne metode mehanike 20. in 21. stoletja (M3u), dolguje del svoje moči Einsteinovi splošni teoriji relativnosti. Energijski zakon (C1") se je uveljavil celo nad poskusi (A), ko je Wolfgang Pauli (1900-1958) leta 1931 pojasnil beta razpad z nevtrini, ki so se četrto stoletja zdeli neulovljivi. Istočasno je onstran Rokavskega preliva Paul Dirac (1902-1984) leta 1930 napovedal pozitron in druge antidelce na osnovi simetrije (J4), ki je medtem postala nova univerzalna fizikalna metoda. V znanost je vstopila z raziskovanjem kristalov v 17. stoletju in je najmočnejši kandidat za univerzalno metodo 21. stoletja (J5).

6) ZAKLJUČEK

Razpad med rastjo skrbno zgrajenega notranjega ustroja paradigme spremljata univerzalni videz dotedanjih dosežkov in uveljavljanje splošne raziskovalne metode. Notranja šibkost razpadajoče paradigme omogoči prodore eksperimentalnih in teorijskih vplivov iz predparadigmatske okolice panoge, ki jih bomo opisali v nadaljevanju razprave.

7) LITERATURA

- Abiko Seiya (1991), On the Chemico-Thermal Origins of Special Relativity, HSPS, 22/1, str. 1-24.
 Abiko Seiya (2003), On Einstein Distrust of the Electromagnetic Theory: The Origin of the Light-Velocity Postulate, HSPS, 33/2, str. 193-215.

- Brush Stephen S. (1976), *The Kind of Motion We Call Heat*, 2. del, Amsterdam-New York-Oxford, North-Holland.
- Darrigol Oliver (1996), *The Electrodynamics Origins of Relativity Theory*, HSPS 26, str. 241-312.
- Južnič Stanislav (1985), *Teorija znanosti – geneze fizikalnih paradigem*, *Anthropos*, št. 1-2, str. 276-293.
- Kuhn Thomas S. (1998), *Struktura Znanstvenih Revolucij*, Ljubljana, Krtina.
- Lelas Srđžan (1990), *Topology of Internal and External Factors in the Development of Knowledge*, Hrvaški prevod: Promišljanje znanosti, Zagreb, Hrvatsko filozofsko društvo.
- Toynbee Arnold Joseph (1962), *A Study of History*, New York, Oxford University Press.
- Ule Andrej (1986), *Od filozofije k znanosti in nazaj*, Ljubljana, Državna založba Slovenije.