

A. KUNCINAS

GAMTOTYROS TEORIJS SANDARA (SISTEMINIS POZIŪRIS)

Kiekviena mokslo teorija¹ yra sudėtingas darinys, ir šiuolaikinis mokslas dar neatskleidė daugelio jos sandaros bei evoliucijos pusių. Nors literatūroje dar neprieita vieningos nuomonės dėl mokslo teorijų sandaros, bet visi šios problemos tyrinėtojai pripažįsta, kad svarbiausia kiekvienoje teorijoje yra tam tikra teorinė konstrukcija, sudaryta iš abstrakčių idealizuotų elementų. Remiantis I. Kuznecovo pasiūlyta tipologine schema, galima išskirti šias svarbiausias mokslo teorijos dalis: pagrindą, branduolį, konkretybės atkūrimą sąvokomis bei interpretaciją. Teorijos pagrindu jis supranta idealizuotą tikrovės modelį, kuris „specifine forma įkūnija tiriamos reiškinių srities specifiką, jos esmines, gilumines savybes“². V. Stiopino nuomone, teorija apima keturias sudedamąsias dalis: 1) matematinės lygtis, 2) teorinę schemą, kuriai galioja šios lygtys, 3) sudėtingus ir netiesioginius šios schemas elementų atvaizdus, sudarančius schemą empirinėje medžiagoje, 4) teorinės schemas atvaizdus pasaulio supratime. Svarbiausia dalimi, kuri būdinga kiekvienai gamtotyros teorijai, V. Stiopinas laiko teorinę schemą, kurią jis supranta kaip tiriamos realybės sisteminį atvaizdą³. Panašios nuomonės laikosi ir A. Zotovas, kuris teigia, kad kiekvienos teorijos pagrindas yra idealizuotas modelis, ir tiria, kokie reikalavimai turi būti keliami šiam modeliui⁴, bei G. Ruzavinas, svarbiausiuoju, lemiančiuoju teorijos komponentu pripažįstąs abstrakčių objektų sistemą, sudarančią teorijos konceptualinę bazę⁵.

¹ Mokslo teorijos paprastai skirstomos į *empirines* (faktines) ir *logines-matematines*. Mus domina *gamtotyros* teorijos, kurias su patyrimu sieja genetinis ir verifikacinis ryšys. Šiame straipsnyje analizuojama *empirinių* teorijų sandara, sąvokos „mokslo teorija“ ir „gamtotyros teorija“ vartojamos kaip sinonimai.

² Кузнецов И. В. Избранные труды по методологии физики.— М., 1975, с. 30.

³ Стёпин В. С. Становление научной теории.— Минск, 1976, с. 97.

⁴ Зотов А. Ф. Идеализированная модель как основа научной теории.— Вопросы повышения эффективности теоретических исследований в педагогической науке (тезисы докладов...), М., 1976, ч. I, с. 4—19.

⁵ Рузавин Г. И. Научная теория.— М., 1978, с. 46.

Tiesa, loginėje-filosofinėje mokslo kalbos analizėje ši teorijų sandaros dalis dažnai lieka nepastebėta. Tai galima paaiškinti tuo, kad šiuo atveju mokslo teorijos paprastai nagrinėjamos kaip žinios, sukurtos aksiominio-dedukcinio metodo pagalba. Tokiu aspektu nagrinėjant mokslo teoriją, ji suprantama kaip vienu teiginių išvedimas iš kitų pagal logikos taisykles. Tačiau mokslo (ypač gamtotyros) teorijos tik labai sąlygiškai gali būti laikomos aksiominėmis-dedukcinėmis sistemomis. Net ir teorijose, plačiai naudojančiose formalizuotus dedukcinius metodus, šalia formalios aksiominės dalies visuomet egzistuoja ir neformali dalis, sukurta remiantis kitais metodais, visų pirma genetiniu-konstruktiniu. Nagrinėjant mokslo teorijas būtent šiuo požiūriu, išryškėja teorinių konstrukcijų būtinumas, įmanoma atskleisti jų vaidmenį mokslo teorijų kūrime bei plėtojime.

Taigi nepaisant įvairių požiūrių, terminologijos skirtingumų, mokslo teorijų sandaroje visuomet išskiriamos dvi dalys. Pirmoji — įvairios teorinės konstrukcijos, sudarytos iš abstrakčių idealizuotų elementų; ši dalis apibūdinama kaip idealizuotas tikrovės modelis (tai V. Stiopino „teorinė schema“, I. Kuznecovo „pagrindas“, A. Zotovo „idealizuotas modelis“). Klasikinėje mechanikoje tokia teorinė konstrukcija yra materialių taškų sistema, judanti veikiant išorinėms jėgoms, elektrodinamikoje — elektrinės ir magnetinės įtampų bei srovės tankio vektorių sistema. Antroji dalis — teorijos matematinis aparatas, kuris kartais apibūdinamas kaip matematinis tikrovės modelis (V. Stiopino „matematinis formalizmas“, I. Kuznecovo „branduolys“ ir t. t.). Be matematinio aparato, vien teorinių konstrukcijų analize neįmanoma pasiekti gilesnio mokslo teorijų atitikimo materialiam pasauliui. Ne veltui dar I. Kantas teigė, jog kiekvieno mokslo apie gamtą moksliskumas priklauso nuo to, kiek jame naudojamosi matematika⁶. Norint įsitikinti šio teiginio teisingumu, pakanka peržvelgti pagrindines fizikos teorijas. Klasikinėje mechanikoje materialių taškų judėjimą veikiant jėgoms aprašo trys Niutono dėsniai, o elektrodinamikoje elektrinės ir magnetinės įtampų bei srovės tankio vektorių sąveiką aprašo Maksvelio lygtys, nereliatyvistinėje kvantinėje mechanikoje — Šredingerio lygtys, reliatyvistinėje kvantinėje mechanikoje — Dirako lygtys ir t. t. Visi šie autoriai supranta, įvertina bei nagrinėja teorinių konstrukcijų santykį su teorijos matematinio aparatu; paprastai teorinė konstrukcija ir matematinis aparatas apibūdinami kaip santykiškai savarankiškos mokslo teorijos sandaros dalys.

Tačiau kalbant apie teorinės konstrukcijos ir teorijos matematinio aparato santykius, jokių būdu negalima apsiriboti vien teiginiu, jog šios teorijos dalys yra glaudžiai tarpusavyje susijusios. Mūsų nuomone, ir teorinė konstrukcija, ir teorijos matematinis aparatas išreiškia skirtingas vienos ir tos pačios sistemos dalis. Todėl šias abi mokslo teorijos sandaros dalis tikslinga sujungti į vieną ir, nagrinėjant teorijos sandarą kaip jos sudėtinę dalį, išskirti *teorinę sistemą*, kuri apima ir teorinę konstrukciją, ir matematinį aparatą. Toks požiūris padeda giliau suprasti teorinių sistemų (o drau-

⁶ Кант И. Сочинения.— М., 1966, т. 6, с. 59.

ge ir mokslo teorijų) santykį su materialiuoju pasauliu, leidžia tiksliau atvaizduoti tų sistemų kūrimo procesą.

Pradėdami analizuoti teorinės sistemos sampratą, bent trumpai apsisostosime ties pagrindinėmis sąvokomis, kuriomis operuosime šioje analizėje. Visų pirma — tai *sistema*, *sandara*, *struktūra* bei *funkcija*. Jos nėra visiškai naujos sąvokos, kaip kartais teigiama. Įvairiose filosofinėse sistemose galima aptikti skirtingus terminus, kurie savo prasme daugiau ar mažiau sutampa su šiomis sąvokomis. Sistemos sąvokos turinys iš esmės sutampa su antikos filosofų „harmonija“, I. Kanto „architektonika“, G. Hegelio „totališkumu“, vienybės principu ir jo įgyvendinimu, K. Markso „organinė vienybe“, „vientisumu“, F. Engelso „visuminiu kūnų sąryšiu“. Tačiau pastaruoju metu sistemos, struktūros, funkcijos sąvokos išreiškiamos žymiai tiksliau, apibrėžčiau, nes remiamasi kibernetika, bendrąja sistemų teorija.

Sistema gali būti laikomas kiekvienas tiek objektyvios, tiek ir subjektyvios realybės daiktas (tarp jų ir tiesiogiai mus dominantis objektas — mokslo teorijos). Tik suprantant objektyvios realybės daiktus kaip sistemas, galima „įveikti“ materialiojo pasaulio sudėtingumą, racionaliai jį įvaldyti. Tačiau nereikia suprasti, kad sąvokos „sistema“ ir „daiktas“ visiškai sutampa. Tai reiškia tik tai, kad sąvoka „sistema“ išreiškia tam tikrą esminį bet kokios prigimties daikto aspektą. Sistemos sąvoka nusako, kad kiekvienam daiktui, kurį galima nagrinėti kaip sistemą, viena vertus, yra būdinga tam tikra funkcija, o antra — apibrėžta sandara kaip objektyvus šios funkcijos pagrindas. Sistemos sandaros specifiška sąlygoja šios sistemos funkcijos ypatumus, galiausiai sistemos sąvoka apima ir tai, jog tarp sistemos funkcijos ir sandaros visuomet egzistuoja objektyvus ryšys. Taigi sistemos sąvoka yra dviejų priešingų sąvokų — „sandara“ ir „funkcija“ — sintezė, todėl siekiant apibrėžti sistemos sąvoką, visų pirma reikia išsiaiškinti sąvokų „sandara“ ir „funkcija“ turinį.

Dar dažnai literatūroje sistema apibūdinama kaip aibė tarpusavyje susijusių, vienas nuo kito priklausančių elementų. Pavyzdžiui, S. Biro nuomone, sistema yra kiekvienas objektas, sudarytas „iš tarpusavyje susijusių dalių“⁷. Nors čia ir fiksuojami kai kurie esminiai sistemos sąvokos ypatumai, bet iš principo tokį supratimą visiškai išreiškia kita sąvoka — „sandara“. Ši sąvoka išreiškia tai, kad kiekviena sistema sudaryta bent iš dviejų elementų, be to, ši sąvoka apima ir jos elementų tarpusavio ryšius — struktūrą. Kaip tik struktūra, kuri suprantama kaip konkrečios sistemos elementų ryšio būdas, kaip vidinė sistemos forma, ir nulemia sistemos skirtumą nuo paprastos elementų sąkaupos. Dėl struktūros sistemos vidiniai ryšiai dominuoja išorinių ryšių atžvilgiu, todėl sistemai būdingas vientisumas, neadityviškumas. Dėl kokių nors priežasčių pakitus kuriam nors sistemos elementui, pakinta ir kiti šios sistemos elementai. Kitaip tariant, reaguodama į išorės poveikius, sistema tarsi persitvarko iš vidaus. Todėl vien atskirų elementų savybės jokių būdu dar nesudaro visų sistemos savybių,

⁷ Бир С. Кибернетика и управление производством.— М., 1963, с. 22.

nes jas nulemia ne tik jas sudarantys elementai, bet ir jų tarpusavio ryšiai — struktūra. Jau Aristotelis teigė, jog visuma didesnė už ją sudarančių dalių sumą. Kalbant apie sistemą, galima teigti, jog kiekviena sistema turi ir tokias savybes, kokių neturi nė vienas atskiras šios sistemos elementas. Antai molekulei (sistemai) būdingos ir tokios savybės, kokių neturi ją sudarantys atomai (elementai), o visuomenei (sistemai) būdingos tokios savybės kaip gamybinės jėgos, švietimas ir pan., kokių neturi nė vienas šios visuomenės narių (elementų) atskirai.

Taigi analizuojant sistemą statiškai, visų pirma akcentuojama jos sandaros ypatumai — elementai bei jų tarpusavio ryšiai — struktūra. Tuo tarpu nagrinėjant sistemą dinamiu požiūriu, išryškėja ir kita, ne mažiau svarbi kiekvienos sistemos ypatybė — jos funkcija, kurios sandaros sąvoka jau nebeapima. Struktūra charakterizuoja konkrečios sistemos *egzistavimo būdą*, o funkcijos sąvoka išreiškia sistemos *veiklos būdą*. Ši sąvoka susijusi, visų pirma, su judėjimu, su šio objekto kitimu, jo sąveika su kitais objektais, kurių visuma ir sudaro sistemos aplinką. Judėjimas, įvairiausi sistemos pokyčiai yra būtini jos funkcijos komponentai, bet vien jų visuma dar nesudaro sistemos funkcijos. Sąveikos rezultatų nustatymas yra vienas svarbiausių aspektų tiriant bet kokios sistemos funkciją. Tačiau galutinai sistemos funkcija gali būti nustatyta tik tuomet, jei tiriama ir pati sąveika su kitais objektais, o ne tik šios sąveikos rezultatai. Todėl sistemos funkcija apima tiek joje vykstančius pokyčius, tiek ir tuos pokyčius sukėlusią priežastį. Taigi funkcijos sąvoka gnoseologiniu požiūriu atspindi ryšį tarp sistemos vidinių pokyčių ir juos sukeliančių priežastinių poveikių.

Kaip matyti, funkcija charakterizuoja ne sistemą pačią savaime, o jos veiklą apibrėžtoje aplinkoje. Analizuodamas funkcinę kibernetinio modeliavimo prigimtį, I. Novikas pažymi, jog kibernetiniam modeliavimui reikalingi du objektai: *sistema* ir *aplinka*. Šių objektų pagrindu (nors jų struktūra gali būti ir nežinoma) kuriamas trečias tarpinis objektas — jų *funkcinių ryšių sistema*. Todėl kibernetiniame modeliavime „mes sutelkiame dėmesį ties trečiuoju tarpiniu nariu — funkcinių ryšių sistema, kuriai būdingas objektyvus, santykiškai savarankiškas egzistavimas“⁸.

Sistemos funkcija gali būti apibūdinama dvejopai. Išreiškiant funkciją pirmuoju būdu, jos nusakymas visiškai neliečia sistemos struktūros. Tokios funkcijos išraiškos prielaidas sudaro santykinis funkcijos savarankiškumas struktūros atžvilgiu. Šiuo atveju funkcijos žinojimas reiškia, kad žinomos atitinkamos priklausomybės tarp sistemos pokyčių ir išorinių poveikių, sukėlusių šiuos pokyčius. Išreiškiant sistemos funkciją šiuo būdu, ją galima apibrėžti fiksuojant jos parametų tarpusavio priklausomybes. Vieni šių parametų charakterizuoja sistemos ryšius su aplinka (įėjimo parametrai), kiti — vidines sistemos savybes (išėjimo parametrai). Tokiu atveju sistemos funkcija suprantama kaip sistemos vidinis persitvarkymas, išėjimo parametų kitimas, pakitus įėjimo parametrams aplinkos poveikių išdavoje. Suprantama, skirstymas į *išėjimo* ir *įėjimo* parametrus yra sąlygiškas, jį

⁸ Новик И. Б. О моделировании сложных систем.— М., 1965, с. 152.

lemia konkreči situacija. Todėl bendru atveju sistemos funkciją galima apibūdinti kaip sistemos parametrų tarpusavio koreliacijas. Kita vertus, toks skirstymas leidžia suprasti, jog funkcija priklauso ne tik nuo konkretaus objekto, bet ir nuo objekto ryšių su aplinka situacijos, kurioje ši funkcija fiksuojama.

Toks funkcijos žinojimas leidžia nustatyti sistemos veiklos ypatybes tam tikroje aplinkoje. Jei sistemos tyrimo tikslas yra vien jos valdymas (kaip antai kibernetikoje), tai poreikis giliau tirti šią sistemą gali ir neiškilti, nes šis tikslas gali būti pasiektas vien tokiu funkcijos (o ir sistemos apskritai) žinojimu. Atrodytų, iš viso galima būtų apsiriboti vien tokiu funkcijos žinojimu. Tačiau vien tokia funkcijos išraiškos forma dar neleidžia atsakyti į klausimą: kodėl konkrečios sistemos funkcija yra tokia, o ne kokia nors kitokia? Šis klausimas aiškiai nurodo sistemos pažinimo funkcinio etapo ribą, jo galimybes. Tik pereinant prie sistemos apskritai, prie jos sandaros tyrinėjimo galima peržengti šią ribą.

Antruoju būdu sistemos funkcija yra nusakoma per sistemos sandarą. Kadangi sistemos funkcija priklauso nuo jos sandaros, tai šios sandaros atskleidimas yra galutinis jos funkcijos pažinimo tikslas. Funkcijos nusakymas atsižvelgiant į jos objektyvaus pagrindo — sistemos sandaros — ypatumus yra šios sistemos veiklos būdo, jos judėjimo, pokyčių aiškinimo aukščiausias tipas. Žinoti, *kaip* funkcionuoja sistema, galima ir neatskleidus jos vidinės sandaros, o suprasti, *kodėl* ji funkcionuoja taip, o ne kaip nors kitaip, galima tik atskleidus jos vidinę sandarą.

Tuo tarpu sistemos sandaros žinojimas visuomet yra susijęs su funkcijos žinojimu. Priešingu atveju, sistemos sandara būtų išreiškiama kaip paprastas elementų ir jų ryšių aprašymas. Tačiau toks sistemos sandaros žinojimas paliktų tiriamą sistemą už praktinės žmonių veiklos, kuri yra funkcinės prigimties. Todėl jei sistemos funkcija ir gali būti išreikšta „grynu pavidalu“, nesiremiant sistemos sandara, tai sandaros išreiškimas tokiu „grynu pavidalu“ apskritai neturi jokios praktinės vertės. Sandaros žinojimas vertingas tik tuomet, kai jis leidžia paaiškinti konkrečios sistemos veiklą, kai padeda kurti kitokios sandaros naujas sistemas, kurių veikla atitinka praktinius žmogaus poreikius.

Sugrįžtant prie tiesiogiai mus dominančios problemos, galima pažymėti, jog ir teorinei sistemai — svarbiausiajai mokslo teorijos daliai — yra būdinga tam tikra sandara bei funkcija. Teorinės sistemos sandara apima idealizuotus struktūrinius elementus bei šių elementų tarpusavio ryšius, sudarančius šios sistemos struktūrą. Vadinasi, tai, ką mes vadiname teorinės sistemos sandara, iš esmės sutampa su tuo, ką I. Kuznecovas vadina teorijos pagrindu, V. Stiopinas — teorine schema, A. Zotovas — idealizuotu modeliu. Teorinės sistemos funkcija gali būti išreikšta dvejopai. Pirmuoju atveju teorinės sistemos funkcija aprašoma teiginiais (pavyzdžiui, „jėga pakeičia materialaus taško judėjimo būklę“) arba išreiškiama matematinėmis formulėmis. Tai atitiktų I. Kuznecovo „teorijos branduolį“, V. Stiopino „matematinį formalizmą“. Toks yra pirminis teorinės sistemos funkcijos

išraiškos būdas, kuris iš principo gali būti sukurtas dar nesuformavus teorinės sistemos struktūros. Paimkime, pavyzdžiui, teorinę sistemą, kurios funkciją išreiškia Boilio dėsnis $pV = \text{const}$. Tokią matematinę išraišką galima suformuoti eksperimentiškai tiriant įvairius dujų kiekius, o po to matematiškai apibendrinant ir išreiškiant šių eksperimentų rezultatus. Žinant teorinės sistemos funkcijos matematinę išraišką, galima vienareikšmiškai apibūdinti šios sistemos būseną bet kokių laiko momentu, galima atsakyti į klausimą, *kaip* veikia ši teorinė sistema, koks yra jos veiklos būdas. Tačiau vien tokia teorinės sistemos funkcijos išraiška dar neleidžia paaiškinti, kodėl ši teorinė sistema veikia taip, o ne kitaip.

Zymiai nuodugniau ir išsamiau teorinės sistemos funkcija gali būti išreikšta antruoju būdu — per šios sistemos sandarą. Šiuo atveju teorinės sistemos pokyčiai, sukelti išorės poveikių, aiškinami teorinės sistemos struktūrinių elementų prigimtimi bei jų tarpusavio ryšiais. Taigi teorinės sistemos funkciją, matematiškai aprašomą Boilio dėsniu, galima išreikšti ir per šios sistemos sandarą. Pastaroji susideda iš dviejų elementų: idealių dujų, kurios suprantamos kaip apibrėžtas kiekis idealiai stangrių ir be galo mažų dalelių, susiduriančių tarpusavyje, ir idealaus indo, kurio tūrį galima keisti. Mintinio eksperimento pagalba galima nustatyti tokius šių elementų santykius: idealiai stangrios dalelės, kurių judėjimą galima aprašyti klasikinės mechanikos dėsniais, kartas nuo karto atsitrenkia į indo sienelės. Bendra šių smūgių visuma į ploto vienetą charakterizuoja dujų slėgį. Keičiant indo tūrį (išorės poveikis), nesunku paaiškinti kaip ir kodėl kis dujų slėgis (vidinis pokytis). Tiksliai matematiškai aprašant dalelių judėjimą, galima išvesti priklausomybę $pV = \text{const}$. Šiuo atveju ta pati teorinės sistemos funkcija yra paaiškinama per šios sistemos sandarą, paaiškinama, *kodėl* šiai sistemai charakteringas toks, o ne kitoks veiklos būdas.

Taigi teorinę konstrukciją galima suprasti kaip teorinės sistemos struktūrą, o matematinį aparatą — kaip formalizuotą teorinės sistemos funkcijos išraišką. Toks požiūris leidžia paaiškinti sudėtingus ryšius tarp matematinio aparato ir teorinės konstrukcijos, kuri pastaruoju metu vis dažniau formuojama semantiškai interpretuojant matematinį aparatą. Šie ryšiai, kaip ir apskritai funkcijos ir struktūros ryšiai, yra nevienareikšmiški, nes tas pats matematinis aparatas gali būti sėkmingai taikomas įvairių teorinių sistemų funkcijoms išreikšti. Analizuojant įvairias mokslo teorijas, išaiškėja, kad matematinis aparatas (formalizuota funkcijos išraiška) yra santykiškai savarankiška, o jo ryšys su teorine konstrukcija nėra vienareikšmiškai determinuotas.

Vienas ir tas pats matematinis aparatas gali būti siejamas su skirtingomis teorinėmis konstrukcijomis. Kartu tas pats matematinis aparatas gali būti vienodai efektyviai panaudojamas įvairiems materialiojo pasaulio daiktams, procesams atvaizduoti. Visiems žinoma, jog tas pats matematinis aparatas tinka ir elektriniams, ir mechaniniams svyravimams aprašyti, ta pati matematinė išraiška naudojama ir elektros krūvių, ir gravitacinei traukai atvaizduoti. Kita vertus, labai dažnai tiems patiems materialiojo pasau-

lio reiškiniams aprašyti gali būti panaudojamos skirtingos teorinės sistemos funkcijos matematinės išraiškos. Antai elementarių dalelių vieningos lauko teorijos fundamentali lygtis gali būti išreikšta keliais skirtingais pavidalais: panaudojant Paulio matricą izospininėje erdvėje, įvedant Dirako keturių komponentų spinorą ir t. t. Visos šios išraiškos eksperimentinių duomenų atžvilgiu yra ekvivalentiškos, vienos ar kitos parinkimą nulemia vien paprastumo sumetimais⁹. Kvantinėje mechanikoje taip pat egzistuoja du ekvivalentiški matematiniai aparatai. Šredingerio banginėje mechanikoje naudojamas diferencialinių lygčių su dalinėmis išvestinėmis metodas. Jos pagrindą sudaro — funkcija, kuri gali būti interpretuojama kaip būklės vektorius abstrakčioje potencialių galimybių erdvėje. V. Heizenbergo sukurtoje matricinėje mechanikoje naudojamas nekomutatyvinės algebros aparatas, kuris anksčiau apskritai nebuvo taikomas fizikoje. Siame kvantinės mechanikos aparate tiesiog operuojama galimomis būklėmis ir tikimybėmis pereiti iš vienu būklių į kitas.

Taigi konkrečiu pažinimo momentu eksperimentiškai fiksuojami materialiojo pasaulio ryšiai gali būti vienodai sėkmingai išreikšti skirtingomis matematinėmis išraiškomis. Tačiau anksčiau ar vėliau pereinama ir prie gilesnių, išsamesnių materialiojo pasaulio ryšių. Tuomet ir išaiškėja, kad matematinės funkcijos išraiškos, kurios buvo ekvivalentiškos konkrečių materialiojo pasaulio ryšių, fiksuojamų konkrečiu pažinimo momentu, atžvilgiu, pasirodo esančios neekvivalentiškos išsamesnių, gilesnių ryšių atžvilgiu. P. Dirakas parodė, jog apie kvantinės mechanikos matematinį aparatą ekvivalentiškumą galima kalbėti tik tam tikroje apibrėžtoje srityje, t. y. atžvilgiu hamiltonianų, su kuriais susiduriame kvantinėje mechanikoje. O atžvilgiu hamiltonianų, kurie naudojami kvantinėje lauko teorijoje, šių dviejų matematinį aparatų jau nebegalima laikyti ekvivalentiškais. Kvantinėje elektrodinamikoje, naudojant hamiltonianus Heizenbergo judėjimo lygtyje, gaunamos reliatyvistinės lygtys, tarp kurių ir klasikinių lauko lygčių nesunku pastebėti atitikimą. Naudojant tuos pačius hamiltonianus banginėje mechanikoje, gaunamos Šredingerio lygtys, neturinčios sprendinių¹⁰.

Teorinės sistemos funkcijos santykiškas savarankiškumas sudaro prielaidas formuoti, analizuoti, plėtoti ją nepriklausomai nuo teorinės konstrukcijos bei eksperimentinės medžiagos. Ypač tai išryškėjo šiuolaikiniame pažinimo etape, kuriame gamtamokslinės teorijos pradedamos kurti tarsi nuo viršutinių aukštų. Šuoliškumas apskritai būdingas žmogiškajam pažinimui. Tai pabrėždamas, K. Marksas rašė: „skirtingai nei kiti architektai mokslas ne tik piešia oro pilis, bet ir sukuria atskirus pastato gyvenamuosius aukštus anksčiau nei pakloja jo pamatus“¹¹. Kuriant šiuolaikines mokslines teorijas, pradžioje matematinį priemonių pagalbą formuojama teorinės sistemos funkcijos matematinė išraiška. Matematinį tyrinėjimą

⁹ Гейзенберг В. Введение в единую полевою теорию элементарных частиц.— М., 1968, с. 47.

¹⁰ Дирак П. Лекции по квантовой теории поля.— М., 1971, с. 12—14.

¹¹ Маркс К. Сочинения, т. 13, с. 43.

metu šis matematinis funkcijos aprašymas perdirbamas. Dėl to nustatoma pilnesnė funkcija. Tačiau įvairių matematinių perdirbinėjimų metu matematinė funkcijos išraiška nagrinėjama atsietai nuo teorinės sistemos struktūros, nuo eksperimentinių duomenų. Tik po to kuriama visiškai nauja teorinė konstrukcija (semantinė interpretacija), nustatomas ryšys su eksperimentiniais duomenimis (empirinė interpretacija). Šitokiu būdu gaunamos naujos žinios apie materialųjį pasaulį.

Vienas panašaus pobūdžio laimėjimų buvo elektromagnetinio lauko teorijos sukūrimas. Dar neatlikus eksperimentų, o tik grynai teoriškai analizuojant šios teorijos matematinį aparatą — Maksvelo lygtis, buvo padaryta išvada, jog gali egzistuoti iš principo nauji, visiškai nežinomi procesai. Būtent taip, t. y. matematiškai, „popieriuje“, K. Dž. Maksvelas atrado elektromagnetinius virpesius, be kurių neįmanoma įsivaizduoti šiuolaikinės technikos. Būdingas pavyzdys gali būti ir pozitrono atradimas. Prieš pusimtį metų P. Dirakas pasiūlė banginę lygtį kai kurių elementariųjų dalelių judėjimui atvaizduoti. Ši lygtis ir dabar naudojama kaip elektrono judėjimo matematinis modelis. Jos pagalba buvo paaiškintos elektrono savybės, kai jis sąveikauja su vakuumu, elektromagnetiniu, nukloniniu bei kitais laukais. Matematinė šios lygties analizė rodė, jog egzistuoja sprendiniai su neigiama kinetinės energijos reikšme. Buvo iškelta mintis, jog egzistuoja dalelė, panaši į elektroną: jos masė lygi elektrono masei, o krūvis — elektrono krūviui, tik su priešingu ženklu. Tačiau eksperimentuose šios dalelės — antielektrono — aptikti nepavykdavo. Tik praslinkus penkeriems metams pasisekė šią dalelę (vėliau pavadintą pozitronu) eksperimentiškai aptikti kosminiuose spinduliuose. Tai įtikinamai liudija, kad matematinių priemonių pagalba galima ne tik aprašyti tiriamos sistemos funkciją, gauti jau žinomų savybių skaitmenines išraiškas, bet ir hipotetiškai numatyti visiškai naujas šios sistemos savybes, nežinomus jos struktūrinius elementus.

Teorinės sistemos matematinės funkcijos išraiškos analizė net įgalina formuoti teorinę sistemą dar prieš sukaupiant būtiną eksperimentinę medžiagą. Bendroji reliatyvumo teorija kaip tik tuo ir skiriasi nuo daugelio fizikos teorijų: tuo metu, kai ji buvo kuriama, neegzistavo jokių fizikinių faktų, sąlygojančių jos sukūrimo pagrįstumą. A. Einšteinas šią teoriją sukūrė, remdamasis grynai teorinio pobūdžio samprotavimais, tarp kurių svarbią vietą užėmė matematinio pobūdžio tyrinėjimai bei hipotezės. Visi empiriniai faktai, patvirtinantys bendrąją reliatyvumo teoriją (šviesos spindulio trajektorijos nukrypimas netoli didelės masės kūnų, Merkurijaus perihelio poslinkis, taip pat raudonasis poslinkis), buvo eksperimentiškai nustatyti jau sukūrus šią teoriją.

Tačiau būtina pabrėžti, jog šis teorinės sistemos funkcijos savarankiškumas visuomet yra tik santykiškas. Be teorinių konstrukcijų, be ryšio su eksperimentine medžiaga, funkcijos matematinė išraiška yra tik grynos lygtys. Kad koks nors matematinis formalizmas galėtų pasitarnauti kuriant konkrečią gamtotyros teoriją, būtina bent dalinė jo empirinė bei semantinė interpretacija tiriamų materialaus pasaulio reiškinių ribose. Tokia

interpretacija padeda susieti matematinį formalizmą ir subjekto sukurtą ar paveldėtą conceptualinį aparatą. Analizuodamas fizikos teorijas, L. Mandelštamas rašė, jog kiekviena fizikos teorija susidedanti iš dviejų dalių: iš matematinio formalizmo ir jo santykio su fizikos objektais. Jo nuomone, jei be pirmosios dalies negalį būti teorijos, tai be antrosios dalies — fizikos¹². Todėl kalbant apie teorinės sistemos funkcijos analizės vaidmenį pažinimo procese, vis dėlto negalima pamiršti, jog šios funkcijos savarankiškumas yra santykiško pobūdžio, ir tik atskirais pažinimo proceso momentais matematinė šios funkcijos išraiška gali būti plėtojama nepriklausomai nuo empirinės ir semantinės interpretacijos.

Dėl to anksčiau ar vėliau semantiškai interpretuojant šią matematinę teorinės sistemos funkcijos išraišką, kuriama teorinės sistemos struktūra. Dėl to kiekvienas funkcijos matematinio aparato elementas įgauna konkrečią prasmę — jis pavaizduojamas kaip ryšys tarp atitinkamų teorinės sistemos struktūrinių elementų. Taigi dėl semantinės interpretacijos matematinis aparatas tarsi sudaiktinamas — jam suteikiama gamtamokslinė prasmė. Ir tik todėl matematinės lygtys gali leisti konstruoti naujas hipotezes apie pačius įvairiausių gamtinius procesus. O šio fakto jau negalima vertinti vien tik kaip paprastos gamtos mokslų matematizacijos, nes jis apima ir priešingą matematizacijai procesą — teorinės sistemos funkcijos matematinės išraiškos gamtamokslinį įprasminimą. Matematinio aparato įprasminimas ir nulemia matematikos vaidmenį pažinimo procese. Kuriant šiuolaikines gamtotyros teorijas, didžiausią reikšmę turi ne vienos ar kitos matematinės teorijos panaudojimas, o tai, kokia gamtamokslinė prasmė suteikiama šiai teorijai.

Šiam teiginiui pagrįsti pateiksime keletą pavyzdžių iš dabartinės fizikos. Pavyzdžiui, kuriant traukos lauko teoriją, didžiausią reikšmę turėjo ne fundamentalaus metrinio tenzorius panaudojimas gravitacijai aprašyti, o tai, jog buvo sukurtas fizikinis modelis (semantinė interpretacija), atvaizduojantis geometrinį erdvės-laiko kreivumą, ekvivalentiškas analitinei matematinio tenzorius sąvokai. Kvantinės mechanikos sukūrimo negalima paaiškinti vien tuo, jog buvo panaudota matematinė nuosavų skaičių ir nuosavų funkcijų teorija. Galutinai kvantinė mechanika buvo užbaigta tik tuomet, kai buvo nustatyta, kad lygčių, aprašančių bangines funkcijas, nuosavi skaičiai sutampa su diskretinėmis reikšmėmis, kurios gaunamos eksperimentiškai fiksuojant konkrečius fizikinius dydžius (empirinė interpretacija).

Teorinė sistema užima svarbiausią vietą mokslo teorijų sandaroje, jį niai sąlygoja konkrečios mokslo šakos specifika. Kai teorinės sistemos elementams bus priskirtos kitokios savybės, tai iš esmės pasikeis ir pati teorija. Suprantama, teorinės sistemos elementai, jų tarpusavio ryšiai gali būti įvairiai išreiškiami, t. y. įvairiomis ženklų sistemomis. Tačiau teorinė sistema visuomet pasireiškia kaip pagrindinis teorijos turinio komponentas.

¹² Зг. Мандельштам Л. И. Полное собрание трудов.— М., 1950, т. 5, с. 349.

tas, o kalba ar ženklų sistema yra tik šio turinio išraiškos forma. Kaip jau minėta, loginėje-filosofinėje mokslo kalbos analizėje teorija suprantama kaip apibrėžta sistema teiginių, išreikštų kokia nors kalba. Tačiau šios kalbos terminai ir teiginiai reikšmę įgauna tik apibrėžtoje semantinėje interpretacijoje, kurią užtikrina konkreti teorinė sistema.

Pateikta mokslo teorijų sandaros analizė leidžia daryti tokią išvadą. Gnoseologijoje bei mokslo metodologijoje tiriant daugelį problemų, liečiančių mokslo teorijas (pvz., mokslo teorijų santykio su materialiuoju pasauliu, mokslo teorijų formavimo procesų ir pan.), metodologiškai tikslinga šias teorijas traktuoti kaip teorines sistemas. Suprantama, teorinės sistemos negalima tapatinti su mokslo teorija, todėl tokia analizė visiškai šių problemų neišsprendžia. Tačiau ir šiuo atveju mokslo teoriją pakeitus teorine sistema galima giliau ir efektyviau spręsti tiriamas problemas, paprasčiau ir greičiau rasti principinį atsakymą į dominančius klausimus. Tai sąlygoja ir tas faktas, jog teorinė sistema yra svarbiausioji, pagrindinė mokslo teorijų sandaros dalis.