



UNIUNEA EUROPEANĂ

Fondul Social European
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013

OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

Investește în oameni!

FONDUL SOCIAL EUROPEAN

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Axa prioritară nr. 1 „Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

Domeniul major de intervenție 1.5 „Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării”

Titlul proiectului: „Rute de excelență academică în cercetarea doctorală și post-doctorală – READ”

Academia Română - operator de date cu caracter personal nr. 17207 în scopul declarat "derulare programe post-doctorale"

Beneficiar: ACADEMIA ROMÂNĂ

Contract nr. POSDRU/159/1.5/S/137926

CONSTRUCȚIA TEORETICĂ A ȘTIINȚEI (Arhitectura programelor de cercetare fundamentale)

Ilie Pârvu

Intenția acestei prelegeri este aceea de a examina profilul tematic și metodologic al tipurilor de cercetare *fundamentală* din științele contemporane în cadrul cărora se propun paradigme diferite ale unor domenii importante ale sistemelor complexe. Aceste tipuri de programe ce pretind în mod egal statutul de cercetări fundamentale sunt ilustrate de programele unificatoare (reducționiste), de programele emergentiste și de așa numitul programul-EFT (*effective field theories*) din diferite ramuri ale fizicii actuale, precum și din biologia evoluționistă, economie etc.

Se poate observa în ultimii ani o anumită schimbare de atitudine cu privire la opoziția metodologică „reducționism *versus* holism”, conform căreia aceasta definește mai degrabă un stadiu pre-paradigmatic al unei discipline care nu și-a construit încă o teorie fundamentală, capabilă să identifice „entitățile elementare” ale realității investigate și tipul de legi care vor formula comportamentul acestora. Ea este dominată de „tensiunea esențială” între a urma modelul clasic al teoriilor deja stabilite și de a reduce noile fenomene la legăturile fundamentale „clasice”, pe de o parte, sau de a-și afirma un profil distinct, invocând ireducibilitatea metodologică și ontologică a noului domeniu, pe de altă parte. În favoarea acestei ireducibilități sunt invocate: „faptul emergenței” (prin care s-ar dovedi imposibilitatea oricărui reducționism la nivel ontologic), organicitatea domeniului, proprietățile sau structurile lui superveniente, integralitatea și unitatea originară a noilor complexe naturale etc.

Această tensiune metodologică se consideră că persistă atâta vreme cât o disciplină științifică n-a identificat, în domeniul ei de aplicație, acea unitate, „entitate” sau organizare elementară a realității pe baza căreia să se edifice întreaga arhitectură a domeniului, n-a formulat mecanismele care-i asigură acesteia coerența structurală, stabilitatea și independența ontologică. Odată cu maturizarea teoretică o disciplină depășește această alternativă „reducționism-holism”, determinând întreaga ordine și organizare a realului pe baza propriei ei „unități elementare”, rezistând astfel atât reducerii domeniului său la legi fundamentale ale unui alt nivel, „mai profund”, cât și invocării „unor „principii holiste”, ca simple promisiuni ale unei construcții teoretice originale. Cercetarea teoretică „matură” va integra asemenea opoziții metodologice ca „aspecte” interne, cu valoare locală, ale unei metodologii complexe. Ele nu vor mai determina tipuri fundamentale de metode, reciproc exclusive, analitico-sintetică versus holist-integrală, ci vor caracteriza două momente constitutive ale construcției și interpretării teoriilor. De aceea, o disciplină matură, cu o teorie-cadru capabilă să genereze un amplu program de cercetare, nu va mai avea nevoie de asemenea „legitimări” externe, fie prin invocarea unor paradigme anterioare (= reducționismul), fie prin respingerea „ideologică” a metodei analitice (= holismul). Locul argumentelor generale îl va lua metodologia curentă a construcției și evaluării sistemelor teoretice. Deși este rareori formulată în mod explicit (J. Maynard Smith, P. Schuster), această schimbare de atitudine este caracteristică unor programe de cercetare din domeniul științelor complexității, care au impus nu numai un nou stil de construcție teoretică, ci și anumite paradigme teoretice cu valoare generală (Ph. W. Anderson), determinând ample dezbateri științifice și filosofice pe tema naturii fundamentale în știința contemporană a naturii.

Cu excepția programelor unificării, (reducționist, considerat programul clasic al arhitecturii științei) celelalte două tipuri de programe de cercetare de nivel fundamental, cum ar fi Fizica materiei condensate și programul *Effective field theories*, nu au fost încă supuse unei analize epistemologice detaliate, care să le pună în evidență acele concepte și proceduri prin care ele se disting metodologic de „știința clasică”. Deși realizările științifice de acest tip au reconfigurat situația teoretică a științelor contemporane, ele n-au fost încă însoțite de analize și explicații filosofice detaliate, capabile să le dezvăluie întregul lor potențial cognitiv și metodologic. În direcția unor asemenea eforturi se înscrie cercetarea de față, care, pornind de la unele analize preliminare ale metodologiei celor două programe amintite intenționează să dezvăluie constructivismul immanent structurii lor argumentative și coerența lor cu o nouă modalitate de a înțelege natura și construcția științei inițiată de Einstein și centrată pe conceptul lui de program teoretic în fizica fundamentală. În felul acesta sperăm să punem în evidență o anumită transformare epistemologică produsă în știința actuală și care a fost denumită, cum am spus, „schimbarea de atitudine” în cercetarea fundamentală din știință.

Această modificare epistemologică produsă în interiorul științei reale prin formularea unor noi tipuri de cercetare fundamentală a determinat o serie de dispute între savanții angajați față de programe divergente, denumite adesea „*scientist's wars*”, ale căror



UNIUNEA EUROPEANĂ

Fondul Social European
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013

OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

adeziuni metodologice și epistemologice nu pot fi prezentate în maniera în care R. Rorty formula semnificația dezacordurilor filosofice dintre oamenii de știință: „*the scientists who agree with Kuhn are not about to do anything different from their colleagues who agree with Weinberg (a realist) do. Their disagreements come up only in after-hours chat not during the daily grind in the lab.*” (Rorty, 1999).

Tipul emergentist sau holist de cercetare fundamentală în fizică s-a definit în cadrul unei ample dispute între două viziuni asupra naturii științei fizice, a obiectivelor și structurii teoriilor. Această dispută reducționism *versus* emergență (holism) este prezentă și în abordările filosofice generale ale științei (sau ale filosofiei generale a științei), în care sunt prezentate explicații filosofice ale conceptelor implicate și se formulează anumite argumente generale pro sau contra acestor perspective. Vom încerca însă să examinăm această divergență metodologică și epistemologică la nivelul înfruntării unor programe ample de construcție efectivă a științei (programul fizicii energiilor înalte, respectiv programul fizicii materiei condensate), în care intervin conceptualizări specifice, distincte de cele ale filosofiei generale a științei și instrumente metodologice a căror semnificație nu este captată adecvat de procedeele analitice ale filosofiei contemporane. În legătură cu această dispută se impun câteva observații preliminare cu privire la situația acestor tipuri de programe în domeniul-pilot al științei actuale, fizica teoretică:

1. Opoziția dintre comunitățile din fizică vizează programe teoretice care au (sau pretind) un statut de cercetare fundamentală.
2. Deși ambele programe (fizica energiilor înalte și fizica stării solide sau fizica materiei condensate) au aceeași teorie-cadru de natură abstract-structurală, mecanica cuantică, construcția argumentativă a acestor programe nu se înscrie în paternul metodologic oferit de modelul ipotetico-deductiv al științei; în particular, legile speciale ale unor domenii distincte de realitate fizică nu sunt simple consecințe deductive ale principiilor teoriei-cadru, ci presupun ample dezvoltări teoretice și cercetări experimentale care să „medieze” formularea lor plecând de la teoria fundamentală a programului. Altfel spus, teoriile speciale din aceste programe nu decurg trivial din legile fundamentale ale teoriei-cadru.
3. Disputa dintre cele două programe de cercetare fundamentală din fizică, deși are o substanță filosofică prin excelență, nu a avut loc în cadrul unor reviste specializate ale filosofiei științei, ci s-a desfășurat în cadrul unor reviste de știință (sau de prezentare generală a științei), în monografiile de fizică etc. Poate de aceea filosofii științei nu au fost suficient de receptivi la semnificațiile epistemologice ale acestor dezvoltări teoretice.
4. Această dispută a necesitat conceptualizări originale, implicând introducerea pe lângă conceptele generale ale filosofiei științei (unificare, reducere, emergență, complexitate, organizare, *downward causation* etc.) și a unei serii de concepte care se referă la proceduri teoretice și metodologice proprii acestor programe de cercetare fundamentală (grup de simetrie, ruperi de simetrie, *gauge invariance*, teoreme de decuplare, grup de renormalizare etc.); în același timp, unor concepte anterior folosite li se vor modifica semnificațiile în acord cu acest tip recent de practică teoretică (teorie fundamentală, nivel ontologic fundamental, reducționism etc.).

Una dintre direcțiile de dezvoltare teoretică a fizicii angajate în această dispută științifico-filosofică este reprezentată de programul fizicii particulelor elementare (a energiilor înalte), de diferitele variante ale așa-zisei *theory of everything*, de teoria stringurilor ș.a. Adesea, această direcție științifică a fost prezentată ca „programul reducționist” în fizica fundamentală. Acest „program” a fost descris astfel de Ph. Anderson în celebrul lui „manifest anti-reducționist” din 1972, „More is different”, având ca subtitlu „*Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science*”:

„Ipoteza reducționistă poate reprezenta încă o temă în dispută pentru filosofi, dar pentru marea majoritate a oamenilor de știință activi ea este acceptată fără probleme. Lucrarea minților noastre și a corpurilor și a întregii materii animate și nevie pe care o cunoaștem deja se presupune că este controlată de aceeași mulțime de legi fundamentale, pe care, cu excepția unor condiții extreme considerăm că le cunoaștem suficient de bine” (Anderson, 1972, p. 393).

De la această ipoteză, consideră Anderson, se trece necritic la ceea ar părea că este un „corolar evident” al reducționismului:

„Dacă orice lucru (*everything*) se supune aceluiași legi fundamentale, atunci singurii oameni de știință care studiază ceva (*anything*) cu adevărat fundamental sunt aceia care cercetează aceste legi. În practică, aceștia sunt câțiva astrofizicieni, câțiva fizicieni ce se ocupă cu cercetarea particulelor elementare, câțiva logicieni și matematicieni și puțini din alte domenii” (Anderson, 1972, p. 393). Pretenția lui Anderson și a altor reprezentanți ai fizicii materiei condensate este că acesta nu este singurul domeniu al cercetării fundamentale din fizică și nici singurul tip de practică teoretică relevantă filosofic și semnificativă pentru profilul epistemic al științei contemporane. Astfel încât provocarea lor, chiar dacă implică numeroase aspecte ce țin mai degrabă de politica științei și de strategiile alocării resurselor pentru cercetare, are semnificații filosofice care trebuie considerate și examinate în sine, independent de aceste angajamente ideologice, care i-au preocupat îndelung pe cei care au prezentat aceste dispute ca „*science wars*” (Rorty, R. Giere ș. a.).

Unul dintre cei mai cunoscuți exponenți ai programului reducționist în știința naturii este V. Weisskopf. El este autorul celebrei distincții între „cercetarea intensivă” și „cercetarea extensivă”; prima urmărește formularea unor legi fundamentale, în timp ce a doua se ocupă de explicarea fenomenelor naturale în termenii acestor legi fundamentale. Fizica energiilor înalte și o bună parte a fizicii nucleare reprezintă cercetare intensivă; fizica stării solide, fizica plasmei, și chiar biologia sunt considerate de acest autor ca cercetări extensive (Weisskopf, 1977). Mesajul acestei poziții a fost receptat uneori astfel: un fizician a cerut participanților la un simpozion pe tema „probleme fundamentale în fizica materiei condensate” să accepte că nu există asemenea probleme (fundamentale) aici, ci doar cercetare extensivă, că avem de-a face doar cu *device engineering* (vezi Ph. Anderson, 1972, p. 393).

O formulare a reducționismului, dată de Freeman Dyson, sună astfel: „a reduce lumea fenomenelor fizice la o mulțime finită de ecuații fundamentale” (F. Dyson, 1996). Se poate discuta, scrie Weinberg, dacă nu este cazul să înlocuim aici ecuații cu principii. În orice caz, formularea lui Dyson, crede Weinberg, captează „esența” reducționismului.



UNIUNEA EUROPEANĂ



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

Unul dintre cei mai dârzi apărători ai programului reducăionist în fizică, S. Weinberg, recunoaște că această „mare temă a istoriei intelectuale” a dobândit în ultima vreme o reputație îndoielnică, mai ales după reacția neașteptată a lui Dyson, care deși a fost unul din artiștii teoriei cuantice a câmpului, teorie care a constituit baza reducerii întregii fizici a particulelor elementare la modelul standard, s-a dezis de ideea reducăionistă într-un articol recent, considerând reducăionismul, ca o descriere a obiectivului științei, „irrelevant, în cel mai fericit caz, și eronat, în cazul cel mai rău” (Dyson, 1996, p. 800). Deși a inspirat mari reușite ale științei, ideea reducăionismului este contestată de centrele de cercetare dedicate științei complexității, cum este Centrul de la Santa Fe, „a haven for non-reducăionist science”, de savanți renumiți (Ph. Anderson, R. Laughlin, E. Mayr ș. a.), precum și de unii filosofi ai științei. Această situație face necesară, în opinia lui Weinberg, o formulare mai riguroasă a programului reducăionist și a ideilor lui fundamentale, capabilă să elimine numeroasele confuzii care s-au acumulat în ultima vreme. Dincolo de precizarea conceptelor implicate în formularea programului reducăionist este necesară și prezentarea unor argumente filosofice mai solide în sprijinul lui. Anticipând expunerea ideilor, am adăuga la aceasta necesitatea unei noi conceptualizări a însăși ideii de unitate (unitate a naturii, unitate a științei) subiacente programului reducăionist și o regândire a structurii argumentative a științei pe direcția unui concept constructivist.

În recenzia consacrată volumului de studii *Nature's Imagination: The Frontiers of Scientific Vision* (Oxford Univ.Press, 1955), volum care reunește o serie de poziții exprimate de oameni de știință din diferite domenii pe tema semnificației metodologiei reducăioniste în știința actuală, Steven Weinberg propune o distincție între două concepte ale reducăionismului, numite, respectiv, *grand reductionism* și *petty reductionism*. Primul se referă la ceea ce s-a întâmplat în fizică de la Newton până în vremea noastră, și anume, la faptul că deși s-a extins continuu domeniul fenomenelor pe care trebuie să le explicăm, constatăm o la fel de continuă creștere a simplității și universalității teoriilor pe care le folosim în construcția acestor explicații. În acest sens „reducăionismul mare” reprezintă concepția după care „întreaga natură este în felul în care ea este (cu anumite considerații speciale ce privesc condițiile inițiale și accidentele istorice) din cauza unor legi simple, la care toate celelalte legi științifice trebuie să se reducă” (Weinberg, 1995). „Reducaionismul mic”, scrie Weinberg, este o doctrină mult mai puțin interesantă, care susține că „lucrurile se comportă în felul în care o fac din cauza proprietăților constituenților lor”. Observația lui Weinberg este că un asemenea stil de gândire nu este universalizabil. Uneori se pot reduce fenomenele prin explicația comportamentului lor la asemenea constituenți, altele nu. De exemplu, atunci când Einstein a explicat teoriile lui Newton ale mișcării și gravitației, el nu a introdus un nou gen de entități elementare și un nou model al mecanismelor fizice, ci a realizat aceasta plecând de la un nou principiu fizic formal, principiul relativității, care a determinat mai întâi o nouă formă a legilor generale ale naturii. În același timp, în fizica particulelor elementare însăși ideea unor „particule compuse din altele” devine lipsită de sens. De aceea, concludă Weinberg, numai reducăionismul tare reprezintă o poziție științifică și epistemologică demnă de studiat.

În aceste observații ce însoțesc distincția lui Weinberg trebuie să semnalăm prezența a două linii de argumentare interdependente. Pe de o parte, Weinberg sugerează, așa cum a argumentat pe larg în alte lucrări ale sale, că trebuie să nu confundăm idealul științifico-filosofic subiacent programului reducăionist, sau al unei unificări fundamentale în știința naturii cu o formă particulară a realizării acestui program, de exemplu cu reducerea fenomenelor la comportamentul constituenților elementari ai naturii. Cu alte cuvinte, trebuie să distingem, în cadrul proiectelor de unificare a științei fizice, mai multe paradigme teoretice ale unificării. Cele mai importante modele ale unificării, constituite prin interacțiunea dintre știință, matematică și filosofie sunt: (i) unificarea printr-un principiu-substrat sau substanță din care se formează și la care revin ființele naturale particulare; (ii) unificarea prin legi care regizează comportamentul unor entități individuale permanente; (iii) unitatea prin acțiunea unor structuri generatoare (modele de producere, arhetipuri de organizare și devenire comune unor zone sau domenii diferite în fenomenalitatea lor), a unor principii ale organizării, principii structurale a căror acțiune este independentă de substratul material (vezi Parvu, 1990). În cadrul acestor „paradigme ale unității în diversitate” este de fiecare dată regândită ideea unui nivel fundamental de organizare a existenței fizice și se redefineste profilul metodologic al programelor de unificare. Weinberg s-a condus în construcția modelului standard din teoria particulelor elementare, care a unificat interacțiunile electromagnetice și slabă după paradigma structurală, sau după idealul unei unificări al cărei punct focal îl reprezintă „structura logică a lumii”, regulile ce regizează acțiunea structurilor determinative ale proceselor naturale la un „very deep level”.

A doua distincție propusă de Weinberg se referă la „reducăionismul ca program pentru cercetarea științifică” și „reducăionismul ca o viziune asupra naturii”. Primul se referă la considerarea reducăionismului ca un punct de plecare pentru construcția directă a unor explicații sau predicții ale unor fenomene ale naturii, pe când al doilea se referă la o înțelegere principială a unei naturii organizată în ultimă instanță pe anumite legi fundamentale și la o ordine ierarhică a științei: „programul reducăionist al fizicii reprezintă căutarea sursei comune a tuturor explicațiilor” (Weinberg, 1955, p. 3). În această perspectivă, critica amintită a lui Dyson nu respinge ideea unor legi fundamentale de organizare a lumii fizice, ci ea ne amintește doar că „există și alte lucruri în fizică asupra cărora trebuie să gândim, cum ar fi *black holes*” (Weinberg, 1955, p. 3). În acest fel, o mare parte dintre criticile aduse reducăionismului sunt, după Weinberg, adresate mai degrabă reducăionismului ca program de cercetare.

În lucrările lui Weinberg găsim câteva argumente, construite în spiritul filosofiei generale a științei, pe care se întemeiază reducăionismul „obiectiv”, dar trebuie să amintim că acestea nu trebuie să pună în umbră contribuția pe care au avut-o la acceptarea largă de către comunitatea fizicienilor din domeniul teoriei particulelor elementare a programului teoriei unitare a principalelor realizări științifice în direcția unificării interacțiunilor fundamentale, a instrumentelor lor conceptuale și a tehnicilor lor metodologice noi. Mai degrabă, așa cum propune și Weinberg, aceste argumente sunt o parte constitutivă a cercetării fundamentale și nu construcții raționale pur filosofice.



UNIUNEA EUROPEANĂ

Fondul Social European
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013MINISTERUL
EDUCAȚIEI ȘI
CERCETĂRII
ȘTIINȚIFICE

OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

Două sunt argumentele cele mai importante formulate de Weinberg în sprijinul programului (reductiv) al unificării. Unul invocă paternul convergent (spre o sursă comună) al săgeților care indică în toate domeniile actuale ale cunoașterii științifice sensul explicațiilor. Dacă vom trasa linia prin care se indică sensul reducerii teoriilor speciale din domenii ale cunoașterii la legi din ce în ce mai generale, care servesc și ca premise ale explicației fenomenelor din domeniile teoriilor speciale, atunci se poate observa tendința acestor linii de a forma un patern ce converge spre teoria fizicii particulelor elementare. Acesta poate reprezenta o „cheie” că noi nu ne aflăm, scrie Weinberg „doar la cel mai adânc nivel pe care îl putem atinge în prezent, dar că ne aflăm la nivelul care realmente este în termeni absoluți profund, poate foarte apropiat de sursa finală” (Weinberg, 1993, p. 347). Aceasta este rațiunea pentru care putem pretinde cu bună îndreptățire că în fizica particulelor elementare am ajuns nu la legi fundamentale ultime sau la particule cu adevărat „elementare” (indivizibile), ci mai degrabă la „structura logică a universului prezentă la un nivel foarte adânc”, altfel spus, la regulile ce prezidează interacțiunile fundamentale, geneza și transformarea particulelor elementare. Paternul convergenței se exprimă și în faptul că urcând pe scara explicațiilor vom ajunge la legi din ce în ce mai simple, corespunzătoare unor niveluri din ce în ce mai înalte de energii, iar regulile pe care le descoperim devin din ce în ce mai coerente și universale; astfel, „putem spera că acesta nu este doar un accident”.

Din punctul de vedere al caracteristicilor unei teorii „ultime”, în mare măsură aceasta va fi „logic rigidă, astfel încât nu există un mod de a o schimba puțin fără a produce absurdități logice. Într-o teorie logic izolată orice constantă a naturii va putea fi calculată pornind de la principii prime; ... teoria ultimă este ca un porțelan foarte fin a cărui minimă deformare îl va sparge” (Weinberg, 1993, p. 244). Se poate observa că aceste caracteristici ale teoriei ultime corespund descrierii generale date „teoriilor închise” din fizică de Werner Heisenberg. Compactitatea, soliditatea și închiderea (ele nu pot progresa prin „mici modificări”) fac din acestea module permanente ale dezvoltării fizicii, care nu vor putea fi alungate niciodată de progresul cunoașterii științifice, ci vor „cădea” în aprioriul metodologic al oricărei dezvoltări viitoare. Stabilitatea trans-revoluționară a teoriilor era „fenomenul epistemologic” pe care Heisenberg îl opunea concepției „paradigmatică” a lui Thomas Kuhn. Nu este întâmplător că nici Weinberg nu consideră adecvat științei reale modelul „revoluționar” al devenirii științei al lui Kuhn, acuzându-l de relativism (în capitolul „Revoluția științifică care nu a avut loc” din recenta sa carte *Facing Up: Science and its cultural adversaries*, Harvard Univ. Press, 2001). Obiectivitatea științei, realismul științific robust sunt „demonstrate”, după Weinberg, de simplitatea teoriei ultime, teoria care reprezintă punctul de focalizare al explicației științifice, simplitate care induce un sens al inevitabilului, al necesității. Teoria finală nu va fi o simplă teorie formală, teorie-cadru a unui program, ci va fi o teorie care va reprezenta în același timp un model univoc al particulelor elementare. Ea va formula legile naturii, nu doar anumite reguli ale unor algoritmi instrumentali.

Acestui argument, solidar cu o viziune realistă asupra progresului epistemic, i-au fost aduse întimpinări critice de unii dintre cei mai reprezentativi oameni de știință și filosofi ai științei. Astfel, pentru John Wheeler, nu există nici o lege fundamentală, deoarece toate legile pe care le studiem sunt doar constructe umane supra-impuse naturii de modul nostru de a face observații. La aceasta, Weinberg a replicat: o lume fără legi, ca aceea a lui Wheeler, va avea nevoie de meta-legi care ne vor explica cum reușim să impunem legi naturii prin observații, iar aceste meta-legi, ca principii regulative, nu vor fi altele decât legile mecanicii cuantice. Alte obiecții care vizau rolul legilor (fundamentale) și al „convergenței” explicației întemeiate pe acestea au fost aduse de S. Wolfram, autorul celebrei *A New Kind of Science*, care denunță în principiu modelul clasic al științei bazate pe legi ca principii explicative și integrative ale cunoașterii, propunând modelul automatelor celulare sau al programelor generate de calculator pentru a reprezenta ceea ce este general și stabil în fenomenalitatea fizică. Unii filosofi ai științei propun un alt mod de a reprezenta structura și funcționalitatea științei, în care legilor li se substituie modelele, înseși teoriile fiind definite drept clase de modele. Această imagine a științei se dezice cu totul de ideea de legi sau teorii fundamentale, cunoașterea prin știință fiind mai degrabă un șir indefinit de modele (fenomenologice). Tuturor acestor contraargumente Weinberg le opune o observație generală: ele au în vedere reducționismul ca program de cercetare dar nu afectează în mod esențial reducționismul obiectiv, reducționismul ca viziune asupra naturii.

Al doilea argument general al lui Weinberg pentru reducționism este bazat pe *tranzitivitatea explicației*. El este construit ca răspuns la obiecția care invocă „faptul emergenței” pentru a respinge programele explicației întemeiate pe legi fundamentale. Weinberg recunoaște existența emergenței, cum ar fi aceea a fenomenelor ce caracterizează mintea sau viața, dar acceptarea acestora nu înseamnă că ele se supun unor legi diferite: „regulile pe care ele le satisfac nu reprezintă adevăruri independente, ci decurg din principii științifice ce intervin la un nivel mai adânc” (Weinberg, 1995, p. 40).

Acest „*argument from transitivity*” este prezentat de Weinberg în răspunsul pe care acesta îl prezintă unei critici a biologului E. Mayr. După ce acesta indica trei tipuri de reducționism (reducționismul constitutiv, reducționismul ce vizează teoriile și reducționismul explicativ), considera că recunoașterea de către Weinberg a fenomenului emergenței constituie o abandonare a reducționismului în sensul explicativ, dar nu și a ideii că înțelegerea comportării particulelor de la nivelul subatomic ar contribui la înțelegerea lumii ce reprezintă fenomenele cuprinse între atomi și sistemul solar („*middle world*”, universul mezosopic). Tranzitivitatea explicației invocată de Weinberg are următoarea formulare: „dacă un număr mare de fapte experimentale a,b,c,... sunt explicate prin mulțimea de teorii X,Y,..., și apoi aceste teorii sunt la rândul lor explicate printr-o teorie mai satisfăcătoare Z, atunci vom spune că faptele a,b,c,... sunt explicate prin teoria Z chiar dacă noi le înțelegem în termenii teoriilor anterioare X,Y,... Aceasta poate fi considerată un gen de definiție” (*Nature*, vol. 331, Febr. 1988, p. 475). Această tranzitivitate a explicației este legată de însuși progresul cunoașterii, de ideea că o nouă teorie mai profundă ne permite să înțelegem mai bine de ce lumea, în care se includ și faptele a,b,c,... este în felul cum ea este. Exemplul lui Weinberg: explicând teoria gravitației a lui Newton, relativitatea generală chiar dacă nu ne-a ajutat să depășim unele *puzzles* ale vechii teorii (cum ar fi stabilitatea sistemului solar) oferă un cadru conceptual mai amplu, capabil să recupereze vechile fenomene dar și să prezică și explice și alte fenomene (cum ar fi *black holes*). Unele fenomene ale lumii „intermediare” poate că nu vor fi încă explicate prin teoria actuală a particulelor elementare, dar aceasta nu este completă; o asemenea



UNIUNEA EUROPEANĂ



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

teorie finală va reuși mult mai bine să explice și fenomenele de acest gen, mai mult ea va face superfluă ideea că trebuie să admitem o „distincție fundamentală între microcosm, macrocosm și megacosm. Noi trăim într-o singură lume, și încercând s-o înțelegem descoperim lanțuri ale explicației care nu pot fi urmărite mai departe fără a cerceta mai adânc fizica particulelor elementare. Urmărirea acestor lanțuri până la rădăcinile lor nu este singurul gen de știință care este important, dar cum ne putem îndoi că el este important?” (Weinberg, 1988, p. 476).

Argumentului tranzitivității explicației i s-au adus unele critici care semnalau utilizarea echivocă a „explicației”, care îi permitea lui Weinberg să treacă de la o relație de explicație dintre fenomene și teorii la o relație inter-teoretică, situație care nu se află în concordanță deplină cu modelul Hempel-Oppenheim al explicației și cu concepția tradițională asupra structurii teoriilor, la care Weinberg încă aderă (vezi Weinberg, 1998). În altă ordine de idei, Weinberg nu ia în considerare existența unor tipuri sau niveluri diferite de teorii, cu relații de multe genuri care nu pot fi toate reduse la relația de „implicație logică”. Astfel, construcția teoriilor „medii” (despre lumea „intermediară”) nu este echivalentă cu o derivare matematică a enunțurilor ei din teoria fundamentală, ci presupune „construcția” unui nou obiect al teoriei, la care participă pe lângă principiile teoriei fundamentale și o serie de ipoteze, modele intermediare, principii metodologice, structuri empirice etc., acestea neputând, la rândul lor, să fie obținute doar prin derivare logică din teoria-cadru.

Cea mai importantă replică la aceste argumente ale lui Weinberg și la programul reduționist al fizicii particulelor elementare în general a fost însă adusă de consolidarea fizicii stării solide ca disciplină autonomă cu pretenție de cercetare fundamentală. Fizica stării solide, așa cum considerau deja E. P. Wigner, Fr. Seitz, J. Slater, spre deosebire de fizica reduționistă a particulelor elementare, se ocupă cu obiecte și fenomene pe care le întâlnim în experiența curentă (spargerea unei bucăți de sticlă, de exemplu); ea are ca obiect o multitudine de proprietăți „interesante” ale atomilor, o bogăție de fenomene cu o unică diversitate și posibilități nelimitate de combinare a atomilor. Această *Physics of everyday*, opusă programului unei *Physics of everything*, pretinde un statut de cercetare fundamentală. Ea nu ar conține doar teorii fenomenologice, care vor fi înlocuite în progresul cunoașterii de teorii explicit cauzale derivabile direct din teorii ale unor principii fundamentale. Reprezentanții acestei cercetări din fizica teoretică pretind alt statut, ireductibil, pentru teoriile formulate și o metodologie proprie, care nu poate fi „acomodată” de modelul standard al teoriilor din filosofia empirist logică a științei.

„Manifestul teoretic” al acestei noi orientări în construcția și interpretarea fizicii materiei condensate îl reprezintă studiul lui Ph. W. Anderson, „More is Different”, (publicat în revista *Science* în 1972) (al cărui titlu extrem de inspirat - frumos ca o epigramă - a devenit una dintre cele mai importante „legi” ale științei complexității, „legea lui Anderson”). Implicațiile acestui studiu sunt extrem de profunde și diverse, el reprezentând nu numai declarația de maturitate a fizicii corpului solid, devenită acum fizica materiei condensate, dar și declarația ei de independență față de programele reduționiste ale fizicii particulelor elementare. Acest articol nu chestionează doar prevalența unui anumit mod de teoretizare, propunând unul diferit a cărei epistemologie a trebuit re-inventată de oamenii de știință, (negăsind în filosofia științei vreo perspectivă congruentă acestei noi practici teoretic - Ph. W. Anderson, 2001), dar pune în discuție organizarea ierarhică a fizicii și relația ei cu alte științe. Pe fondul constituirii în acest domeniu a unor noi paradigme teoretice cu valoare universalizabilă, așa cum vom arăta, fizica materiei condensate poate afirma un nou tip de „fundamental”, și astfel poate defini un nou cadru pentru înțelegerea relației dintre reduționism și holism în știință.

Studiul lui Anderson (la care autorul său s-a referit ulterior ca la „*one of the early manifestos for this infinitely quiet revolution*”) prezintă atât argumente de natură generală împotriva reduționismului cât și principalele instrumente constructive cu valoare paradigmatică, elaborate în domeniul fizicii materiei condensate (paradigmele teoretice ale complexității, cum au fost numite ulterior de Anderson), al căror potențial de generalizabilitate determină statutul de cercetare „fundamentală” pentru acest tip de teoretizare. *More is different* intenționează să apere valoarea intrinsecă a altor ramuri ale fizicii și ale științei în genere, denunțând mai întâi identificarea ilicită (ideologică) a „fundamentalului” cu ceea ce este „semnificativ și important” în știință. Dacă se acceptă „ipoteza reduționistă”, faptul că la orice nivel de organizare a lumii naturale sunt prezente aceleași „legi fundamentale”, atunci nu trebuie să se admită că „oameni de știință care studiază aceste legi sunt singurii care studiază ceva realmente fundamental”. Dacă am admite aceasta am reduce cercetarea cu adevărat fundamentală la munca unui mic număr de astrofizicieni, teoreticieni ai particulelor elementare, logicieni și matematicieni.

Acest gen de gândire, scrie Anderson, conține o eroare fundamentală, care poate fi denunțată astfel: ipoteza reduționistă nu implică „ipoteza construcționistă”: „capacitatea de a reduce orice la legi fundamentale simple nu implică capacitatea de a porni de la aceste legi și a reconstrui universul. De fapt cu cât fizicienii particulelor elementare ne spun mai multe asupra naturii legilor fundamentale, cu atât mai puțină relevanță par a avea acestea pentru problemele cu adevărat reale ale restului științelor, și mult mai puțin pentru restul societății” (Anderson, 1972, p. 393). Anderson admite că la orice nivel de organizare a materiei acționează aceleași legi fundamentale; astfel pentru materia obișnuită sunt valabile legile electrodinamicii și teoriei cuantice. Aceasta înseamnă să acceptăm „reduționismul”. Ceea ce se opune însă „ipotezei construcționiste” este, după Anderson, „faptul emergenței”, care ne face să acordăm atenție teoretică și metodologică diferențelor de scară și complexitate în organizarea naturii. Sistemele complexe nu pot fi înțelese („reconstruite”) în termenii simplei extrapolări a proprietăților unor particule elementare constituente ale nivelului „originar” al lumii fizice. Fiecare nivel de organizare a naturii este un nivel de complexitate, la care emerg noi proprietăți, interacțiuni, stări etc. Iar înțelegerea noului mod de comportare a sistemelor necesită o cercetare care este prin însăși natura ei la fel de fundamentală ca oricare alta (Anderson, 1972, p. 393). Dacă putem să admitem o ierarhie lineară a științei (una a entităților elementare X și una paralelă a legilor unei anumite discipline Y), de genul: fizica stării solide – fizica particulelor elementare, chimia – fizica mai multor corpuri, biologia celulară – biologia moleculară, ..., psihologia – fiziologia, științele sociale - psihologia, atunci această ierarhie nu implică faptul că știința X este doar aplicarea lui Y. „La fiecare nivel, scrie Anderson, sunt necesare legi, concepte și generalizări cu



UNIUNEA EUROPEANĂ

Fondul Social European
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013

OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

totul noi, care cer inspirație și creativitate la fel de mult ca și precedentele. Psihologia nu este biologie aplicată, după cum biologia nu este chimie aplicată” (Anderson, 1972, p. 393).

Ceea ce este foarte important, independența teoretică și metodologică a unor niveluri distincte de complexitate nu este afirmată și justificată doar prin argumente generale. Anderson a indicat pentru prima oară care sunt mecanismele efective prin care se poate explica apariția unor proprietăți noi, unor calități ireductibile la acelea ale entităților din care sunt constituite sistemele proprii acestui nivel. Tocmai asemenea „mecanisme” sunt invocate de autor în respingerea ipotezei construcționiste. Ele oferă o primă „explicație” teoretică a emergenței, având de asemenea rolul unor paradigme teoretice cu valoare generală. Este vorba de teoria „ruperii simetriilor” (*theory of broken symmetry*), care ne clarifică „eșecul conversei construcționiste a reducționismului” (Anderson, 1972, p.393).

Dincolo de acest mecanism al ruperii simetriilor care explică emergența unor proprietăți care fac ca întregul să nu fie doar mai mult dar și foarte diferit decât suma părților, alți adepți ai fizicii complexității propun – ca o altă paradigmă teoretică - un gen special de „principii organizaționale superioare, care să determine comportamentul emergent” (R.B. Laughlin, D.Pines, 2000, p. 30). Dacă nu putem calcula sau deriva logic proprietățile sistemelor complexe pornind de la proprietățile entităților constitutive elementare, suntem îndreptățiți să postulăm anumite principii de organizare care să regleze proprietățile emergente. Mai mult, sistemele complexe manifestă un tip de lipsă de sensibilitate la acțiunea micro-domeniului entităților și legilor „fundamentale”; aceste proprietăți sunt complet „generice, fiind caracterizate printr-o mulțime de parametri ce pot fi determinați experimental dar nu pot fi calculați pe baza principiilor prime” (29). Aceste niveluri de complexitate manifestă, după acești autori, datorită principiilor proprii de organizare un fel de „protectorat”, un gen de „stare stabilă a materiei ale cărei proprietăți generice corelate energiilor slabe sunt determinate de principii de organizare superioare și de nimic altceva” (Laughlin, Pines, 2000, p. 29). Admiterea acestui model teoretic conduce la acceptarea sfârșitului reducționismului: „mai degrabă decât o *theory of everything*, suntem constrânși să acceptăm o ierarhie de teorii ale lucrurilor (*theories of things*)” (Laughlin, Pines, 2000, p.29), fiecare adecvată unor sisteme sau niveluri ale „materiei reale”.

Ph. Anderson nu este adeptul acestor principii organizaționale „intermediare”, sau altfel spus, el crede că respingerea reducționismului nu ar face necesară o teorie unificată a sistemelor complexe cu principii speciale. Propunerea unor „legi ale emergenței” ireductibile (J. Holland), a unor „Științe formale ale complexității” sau al unei teorii unificate a sistemelor complexe sunt considerate de Anderson doar moduri de a „vorbi în termeni reducționiști asupra fenomenelor emergente”. Favorabil mai degrabă unei „*natural history*”, Anderson preferă să cerceteze fenomenele emergente ce se petrec în „lumea reală” pornind de la principii de mare generalitate, cum ar fi mecanica cuantică, mecanica statistică, termodinamica și teoria ruperii simetriilor. Ceea ce respinge Anderson este ipoteza construcționismului: „Aceasta este ideea filosofică fundamentală a științei secolului XX: orice lucru pe care-l observăm emerge dintr-un substrat mai primar, în sensul precis al termenului „emergent”, ceea ce înseamnă că respectă legile ale nivelului mai primar, dar nu reprezintă o consecință conceptuală a acestui nivel” (Anderson, 1995, p. 2020).

În unul dintre puținele studii consacrate filosofiei fizicii materiei condensate (Howard, 2007), Don Howard cere să privim cu precauție pretențiile anti-reducționiste ale adepților acestui program, și în genere să acordăm o mai mare atenție conceptelor implicate în specificarea relațiilor dintre fizica particulelor elementare și fizica materiei condensate. Introducând în analiză conceptele de emergență, reducție și superveniență, autorul consideră că nu putem avea pretenția demonstrării ireductibilității fenomenelor stării condensate la comportamentul descris de legile cuantice, dacă înțelegem acest lucru prin implicarea emergenței, deoarece majoritatea aspectelor pe care le cercetează acest domeniu sunt reductibile („emerg”) din fenomenul fundamental al corelațiilor cuantice la distanță (*entanglements*), pus în evidență de argumentul Einstein-Podolski-Rosen, care reprezintă caracteristica distinctivă fundamentală a entităților „elementare” la care se referă mecanica cuantică. Multe dintre stările coerente pe care le invocă fizica materiei condensate își găsesc o explicație prin coerența indusă de corelațiile cuantice. Astfel, consideră Howard, superconductivitatea și superfluiditatea, fenomene distincte ale materiei condensate sunt pur și simplu manifestări mezoscopice ale corelațiilor cuantice (*entanglements*) microscopice. Mai mult, coerența și holismul, invocate de antireducționiști ca trăsături ale mezolumii, evidențiate de aceste fenomene, sunt mai degrabă trăsăturile caracteristice ale nivelului particulelor elementare și acestora le putem da numai la acest domeniu al cunoașterii explicații teoretice solide. Cu atât mai puțin justificate sunt extrapolările și generalizările ireductibilității de la fizică la biologie, neuroștiință etc. Pe de altă parte, consideră Howard, fizica mezouniversului nu este atât de bine edificată teoretic și conceptual încât să permită în genere concluzii filosofice semnificative. În lipsa unui teorii generale unificate a materiei condensate, dincolo de anumite familii de tehnici folosite în diferite domenii (cele mai importante fiind tehnicile hamiltonienilor efectivi, care constituie nucleul teoriilor de tipul câmpurilor efective), nu se pot determina cu precizie relațiile interteoretice și nu se poate vorbi semnificativ despre emergență ca lipsa reducției inter-domenii. Nu este cazul să se repete entuziasmul nefundat care a însoțit, mai demult, ideea complementarității, teoria catastrofelor, fractalii, sau, mai recent, automatele celulare, teoria complexității, dinamica non-lineară, *A New Kind of Science* (S.Wolfram), etc.

Interferența dintre fizica particulelor elementare și fizica materiei condensate trebuie mai degrabă gândită în termenii relației de tipul supervenienței. Cele mai cunoscute fenomene din fizica materiei condensate pot fi explicate prin superveniența lor față de proprietățile de corelație cuantică. Lucrul acesta îl evidențiază foarte clar, scrie Howard, conexiunea superfluidității și superconductivității cu corelațiile cuantice demonstrată de „condensatul Bose-Einstein”.

Pentru a evalua critica lui Howard am putea proceda în două feluri. O modalitate ar fi să încercăm să reconstituim argumentele lui în cadrul analizelor conceptuale actuale ale filosofiei generale a științei, folosind în acest demers explicațiile recente date conceptelor și procedurilor metodologice implicate în analizele filosofice ale reducționismului (S. Sarkar, C. U. Moulines, Th. Mormann). O altă cale ar fi să vedem în disputa programelor fundamentale ale fizicii (programul unificării reducționiste sau programul fizicii complexității și emergenței) tipuri diferite de a gândi ceea ce reprezintă „fundamentalul” în știință, respectiv, tipuri diferite de a



UNIUNEA EUROPEANĂ

Fondul Social European
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013

OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

concepe unitatea acesteia. În acest sens, adepții ireductibilității fizicii materiei condensate la fizica particulelor elementare, și ca urmare ai concepției după care și fizica sistemelor din „lumea reală” poate fi considerată ca reprezentând o „fizică fundamentală”, propun un nou model al „fundamentalului” și o nouă viziune asupra unității științei.

Unitatea sau unificarea științei despre care vorbesc reprezentanții fizicii materiei condensate (Philip W. Anderson, James Krumhansl, Leon Kadanoff și Kenneth Wilson) se referă în mod esențial la metodologia științei. Ca urmare, și maniera în care este gândit fundamentalul în știință este una ne-ontologică, ea nu implică ideea unui nivel fundamental al existenței fizice, respectiv a fundamentalității unor constituenți elementari sau a unor legi, ci generalitatea unor strategii metodologice. Această perspectivă, conturată odată cu consolidarea teoretică a fizicii materiei condensate, devenită nu numai o disciplină autonomă dar și un domeniu cu un important potențial metodologic, concepe realizarea unității științei altfel decât prin reducerea teoriilor ei specifice la o singură teorie fundamentală, teoria ultimă în care se formulează principiile de bază ale întregii existențe fizice. Viziunea ontologică asupra unității și a fundamentelor este înlocuită cu una metodologică. „Diversitatea unică”, „bogăția fenomenelor”, varietatea și posibilitățile infinite a proprietăților și fenomenelor pe care le întâlnim în „lumea reală” nu pot fi explicate prin reducere la entitățile, legile sau structurile unui nivel fundamental al existenței, la „constituenții ultimi ai materiei” sau la „structurile unor legi naturale abstracte” (Anderson, 2000, p. 1).

Așa cum scrie Jordi Cat, „comunitatea fizicienilor stării solide a elaborat un concept al unificării diferit de noțiunile și idealurile susținute până acum de fizicieni, fără o examinare critică. Fizicienii stării solide au reflectat asupra noțiunilor de autonomie și fundamentalitate și au respins reduționismul tare al fizicienilor particulelor elementare. Desigur, fizica stării solide, ca și fizica particulelor elementare, se întemeiază pe mecanica cuantică. Dar prima, spre deosebire de a doua, nu intenționează să reducă fenomenele macroscopice la teoriile cuantice de câmp ale celor mai fundamentale forțe și ale constituenților elementari ai materiei. Nici un fizician al fizicii stării solide nu crede că reprezentările fenomenelor care prezintă interes pentru ei vor decurge trivial dintr-o teorie completă a particulelor fundamentale” (Cat, 1998, p. 256). Este necesară depășirea „inocenței deductive” a științei (modelul ipotetico-deductiv al teoriilor) pentru a înțelege structura constructivă și argumentativă a acestui tip de fizică. Intre principiile formale ale teoriei cadru, mecanica cuantică, și teoria lumii macroscopice, cu proprietățile obiectelor ei și cu fenomene remarcabile cum ar fi coeziunea, plasticitatea, conducția electrică, feromagnetismul, se interpun, vorbind în termeni generici, „modele explicative realiste” ale sistemelor complexe. Ele sunt, de fapt, mediatorii teoretici în construcția explicațiilor fenomenelor speciale. Prezența lor în varii domenii ale științei fizice și capacitatea lor metodologică de generalizabilitate le fac expresia teoretică a unor noi conexiuni ale științei prin care se realizează unitatea ei metodologică și se determină în același timp natura fundamentală a cercetării în care ele se originează. Aceste „models of understanding”, „theoretical paradigms” sau „strategii explicative” sunt cele la care trebuie să recurgem pentru a putea trece de la legile formale ale structurilor abstracte la proprietățile sistemelor reale. Obținerea consecințelor detaliate asupra unor sisteme speciale nu se poate realiza pe cale pur deductivă din teoriile de bază, nici „în principiu” (aluzie evidentă la reduționismul în principiu al lui Weinberg). Este necesar să intermediem munca teoretică aruncând o privire „in the back of the book of Nature for hints about the answer” (2001: 488). Consecințele implică legile, fără ca acestea să implice la rândul lor consecințele, scrie adesea Anderson, reformulând ipoteza construcționistă care este punctul nevralgic al programelor reduționiste ale unificării. Chiar dacă ne sunt cunoscute ecuațiile prin care se redau legile fundamentale, prin ele nu se pot obține deductiv detaliile ce privesc sistemele reale. Părăsirea inocenței deductive este strâns corelată cu abandonarea „inocenței deterministe” (cum o numește E. A. Jakson): „existența legilor universale nu produce, în general, un comportament determinist, strict cauzal” (Anderson, 2001, p. 491).

Știința este reprezentată acum ca o „rețea continuă” (*seamless web*), solid conectată între diferitele ei teorii sau discipline. După cum am văzut, Anderson nu este partizanul izolării conceptuale a sistemelor complexe, al explicării comportamentului emergent pe baza unor principii specifice sistemelor complexe, așa-numitele „principii ale organizării”, principii formale care „pornesc de la regulile microscopice dar sunt în sens real independente de ele” (R. B. Laughlin et al., 2000, p. 23). Diferitele domenii ale științei sunt multi-conectate într-o amplă rețea, cu diferite niveluri de scară și complexitate, neintegrabile ierarhic „Nature is better at lateral thinking than the human mind” (Anderson, 2000, p. 2). După Anderson, teoriile fizice, cum sunt mecanica clasică, electromagnetismul, mecanica cuantică, teoria cuantică a câmpului, mecanica fluidelor etc., nu reprezintă entități singulare, logic independente, ci „diferite aspecte ale aceleiași teorii fizice, cu interconexiuni de multă vreme solid cimentate” (Anderson, 2001, p. 488)

Noua formă a fundamentalului științei (care nu se reduce la „cosmoparticle physics”), este dată, după Ph. W. Anderson, de acele „paradigme teoretice” al cărei model fondator îl reprezintă teoria ruperii simetriilor, teorie prin care s-a stabilit prin Landau și Anderson versiunea modernă a domeniului materiei condensate, din care fizica solidului reprezintă acum doar un subdomeniu. Această teorie a trecut apoi și în fizica particulelor elementare, contribuind decisiv la succesele ei predictive și explicative. Examinarea acestei paradigme ne arată nu numai cum emerg proprietățile speciale din legile generale (ne oferă astfel nu o relație generală între niveluri de realitate specificată, extrasă prin analiză conceptuală, ci un mecanism efectiv al emergenței), dar ne permite să înțelegem în același timp și ireductibilitatea relației dintre descrierea fenomenelor particulare și legile abstracte prin relații logic deductive, ne arată motivele pentru care obținerea prin calcul a consecințelor particulare este imposibilă principial. Fizica materiei condensate, prin „fenomenul foarte general al ruperii simetriilor”, ne pune în evidență un mod de operare al naturii pe care ne bazăm atunci când dorim să explicăm, pornind de la legile generale, fenomene proprii unor stări particulare ale materiei. Putem vedea, în cazul teoriei ruperii simetriilor, cum, deși nu violează legile fundamentale microscopice, fenomenele emergente complexe nu sunt simple consecințe logice ale lor. Mai mult, se poate înțelege, de asemenea, de ce este generalizabil acest mecanism explicativ: legile generale ale ruperii de simetrie, care sunt „exemple canonice ale emergenței în fizică”, pot fi „incorporate” în diferite mecanisme fizice, de la nucleoni până la stelele neutronice, fiind astfel independente de substrat; „ele sunt logic independente de legile care



UNIUNEA EUROPEANĂ



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

guvernează substratul” (Anderson, 1995, p. 6653). Pentru derivarea proprietăților unui cristal, de exemplu, care manifestă o rupere de simetrie față de atomii fluidului din care el s-a cristalizat, este nevoie de introducerea limitei numite „termodinamică” sau limita „N tinde către infinit” a oricărei sistem mare; în loc să construim solidul luând atomii unul câte unul, noi îl conceptualizăm ca esențial infinit printr-un model cauzal și apoi ne întoarcem la situația finită asupra căreia proiectăm rezultatele. Calculatorul nu va putea niciodată să facă acest lucru, el nu va putea trata direct un sistem infinit (Anderson, 1994, p. 586-58). Conceptele și structurile care realizează această mediere constructivă a explicațiilor științifice ale unor fenomene ale lumii „reale” nu pot fi substituite nici măcar de un calculator ipotetic perfect, el poate însuma toate datele de observație, dar nu poate formula un model al cauzalității lor, singurul care poate „comprima” forța brută a algoritmilor de calcul până la o mulțime de idei pe care mintea umană le poate capta ca un întreg” (Anderson, 2000, p. 2).

Asemenea noi modele de inteligibilitate pot fi considerate: teoria grupului de renormalizare, decoerența cuantică, Lagrangianul efectiv, teoria punctelor fixe, teoria criticalității, ruperea spontană de simetrie, simetriile *gauge*, etc. Toate aceste idei teoretice, sugerate de „modul de operare al naturii”, sunt bine verificate experimental și au o mare aplicabilitate potențială. Departe de a fi doar modele matematice sau trucuri formale, aceste paradigme teoretice ar trebui să devină, după Anderson, concepte centrale ale filosofiei fizicii. Ele au fost examinate tehnic și epistemologic într-un studiu special de către Anderson („Theoretical Paradigms for the Sciences of Complexity”, 1989), studiu care alături de „More is different” (al cărui titlu a devenit moto-ul unei noi ere a fizicii, cum spune J. Renn) se constituie într-o piesă esențială pentru logica și metodologia științei contemporane. În acest punct nu putem să nu acceptăm pretenția lui Anderson: „oamenii de știință au trebuit să reinventeze ei înșiși din ce în ce mai mult, și în anumite cazuri în mod conștient, epistemologia pe care ei o folosesc în mod real” (Anderson, 2001, p. 493). Cât privește metateoria care ar da mai bine seama de natura construcțiilor științifice din domeniul fizicii materiei condensate există unele propuneri care consideră concepția semantică a teoriilor sau viziunea asupra inferenței științifice bazată pe modele ca fiind capabile să ofere reconstrucții raționale ale acestui nou tip de practică teoretică.

Un model clasic al acestei perspective metodologice îl reprezintă felul în care E. P. Wigner (sub îndrumarea căruia a lucrat Fr. Seitz, fizicianul a cărui carte, *Modern Theory of Solids*, 1940, a fost primul manual al fizicii stării solide) concepea utilizarea tehnicilor teoriei grupurilor în studierea unor probleme speciale ale mecanicii cuantice. El descrie astfel utilizarea acestei „paradigme teoretice” în clasificarea entităților atomice și în organizarea datelor spectroscopice în opera sa clasică, *Gruppentheorie und ihre Anwendung auf die Quantenmechanik der Atomspektren*:

„Scopul acestei cărți este să descrie aplicarea metodelor teoriei grupurilor la probleme de mecanică cuantică cu referință specifică la spectrele atomice. Soluția efectivă a ecuațiilor mecanicii cuantice este în general atât de dificilă încât prin calcul direct se obțin numai aproximații grosiere ale soluțiilor reale. Este de aceea un ajutor nesperat că o mare parte a rezultatelor relevante se pot deduce prin considerarea operațiilor fundamentale de simetrie” (Apud Cat, 1998, p. 260).

J. Cat observă deosebit de pertinent că acest model teoretic al grupurilor de simetrie este utilizat de Wigner ca o condiție generală pentru obținerea unor legi specifice, și nu într-o manieră reduționistă, așa cum se întâmplă cu unele cercetări asupra simetriilor *gauge* din fizica particulelor elementare, unde rolul lor nu este să contribuie la obținerea unor determinări mai exacte ale legilor speciale, ci să definească însăși nivelul fundamental al teoriilor fizicii (vezi David Nelson, 1999).

„Metodologia fenomenologică”, propusă de Anderson, constă în elaborarea și utilizarea acestor paradigme teoretice nu numai pentru explicarea unor proprietăți emergente ale sistemelor complexe, dar și pentru determinarea unui nou sens al unității fizicii, unitate întemeiată nu pe reductibilitatea „ontologică” a științei naturii, ci pe universalitatea potențială a modelelor explicative mediatore. Acestea oferă în inputul necesar (noi legi, concepte și generalizări) în derivarea fenomenelor speciale din legile unor teorii abstracte. Pe aceste modele cu potențial de generalitate și cu valoare fundamentală pentru înțelegerea structurii argumentative complexe a științei trebuie să punem accentul atunci când calificăm o cercetare științifică ca „fundamentală”. Ele sunt astfel expresia nouă a fundamentalului în știință. Uneori, Anderson numește aceste paradigme teoretice „legi noi”, care sunt independente și care nu sunt mai puțin fundamentale.

Data fiind prezența și rolul explicativ al unor asemenea modele teoretice în fizica particulelor elementare, dar și în alte ramuri sau programe de unificare, M. Morrison a propus să considerăm cele două perspective („reduționistă” și „metodologică”) ca două viziuni complementare în știință, astfel încât „principiile teoretice” (astfel denumește autoarea paradigmele teoretice de care vorbea Anderson) vor putea reprezenta cu adevărat ceea ce este fundamental în cercetarea din științele naturii în general (M. Morrison, 2006).

Concepția „metodologică” a unității și a fundamentalului științei contemporane nu este singura modalitate de a depăși viziunea reduționistă, ontologistă, imanentă unor programe din fizica teoretică. O altă modalitate, pe care am numi-o epistemologică, ridică la nivelul de fundamental un stil al construcției teoriilor care se dovedește a avea un mare potențial de generalitate. Această semnificație fundamentală a unor teorii este independentă de posibilitatea ca ele să poată fi reduse, efectiv sau în principiu, la alte teorii; valoarea lor paradigmatică consistă în aceea că au inițiat sau au reprezentat în mod exemplar un mod de teoretizare ireductibil, că au devenit modele de construcție pentru o serie de teorii, le-au determinat tipul lor general. Să ne amintim în această privință de statutul termodinamicii clasice, teorie care se presupune cel puțin că este reductibilă la teoria cinetică a gazelor, dar care a reprezentat, pentru Einstein, modelul esențial al teoriilor-principii, opuse teoriilor constructive. Așa cum demonstrează Martin J. Klein într-un studiu clasic de istorie și filosofie a științelor fizice (Klein, 1967), termodinamica, teorie neconstructivă prin excelență, care nu introduce nici un fel de angajament asupra unor constituenți ipotetici, ale cărei principii au o marcată independență de modele unei cauzalități subiacente, a reprezentat idealul teoretic urmat de Einstein într-o amplă serie de cercetări din prima sa perioadă, și care s-a continuat de-a lungul întregii cariere, aflându-se la originea conceptului de program teoretic fundamental în fizică, cea mai importantă contribuție epistemologică a lui Einstein. Același statut de teorie fundamentală poate fi acordat și unor creații științifice din alte



UNIUNEA EUROPEANĂ

Fondul Social European
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013

OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

domenii ale cunoașterii, cum ar fi: gramatica universală a lui N. Chomsky și R. Montague, teoria clasică a evoluției, teoria jocurilor sau teoria generală a recursiei. Fundamentalitatea lor de natură epistemologică constă în capacitatea lor de a fi generatoare a unui mod de gândire în știință, capacitate ce se înscrie în originaritatea tipului lor de construcție teoretică. Așa cum am încercat să demonstrăm în alte lucrări, la nivelul general al științei contemporane se poate indica, pe de altă parte, în prezența și acțiunea teoriilor abstract-structurale o dominantă stilistică prin care cele mai elaborate câmpuri ale științei se organizează în ample programe de cercetare. Aceste teorii structurale sunt în prezent reprezentatele fundamentului științei, ele reprezentând atât teorii-cadru ale unor programe fundamentale, cât și mediul cercetării fundamentale, al examinării metateoretice cu instrumente științifice a performanțelor și exigențelor cognitive. Rolul lor epistemologic este dublu: ele ne oferă reflecției un nivel foarte abstract și sofisticat al construcției faptului științei, iar, pe de altă parte, conceptele și procedurile lor pot oferi instrumentele pentru edificarea unei „epistemologii matematice”, pentru a regândi în termeni structurali obiectivitatea și progresul cunoașterii științifice.

Acestor două mari tipuri de programe de cercetare fundamentale li se alătură în vremea din urmă un nou model al arhitecturii programelor de cercetare, așa-numitul *program al teoriilor efective de câmp* (EFT). Considerat „a fresh approach to the complexity of the universe”, acest program este foarte popular printre fizicieni, devenind un instrument comun în toate domeniile fizicii. „They are almost everywhere and everything is seen as an effective field theory” (S. Hartmann, 2001: 267).

Ideea generală a acestui tip de program este aceea de a lua în considerare pentru fiecare problemă particulară numai gradele de libertate relevante („effective”) în spațiul configurațiilor care reprezintă instrumentul conceptual pentru descrierea stării sistemului sau numai energiile efective care sunt esențialmente implicate la nivelul respectiv de organizare. Aceasta implică autonomia diferitelor niveluri ale realității fizice care sunt self-determinate și cauzal închise. În programul EFT această idee obține un sens precis prin teorema de decuplare formulată de Symaszyk (1973) și Appelquist și Carrazone (1975), care spune că în teoriile renormalizabile o particulă grea se poate demonstra că este decuplată de fizica energiilor joase. În această privință, fizica energiilor joase este descrisă printr-o EFT care încorporează numai acele particule care sunt realmente importante la nivelul de energii corespunzător: nu este nevoie „to solve the complete theory” prin care se descrie toate câmpurile și particulele (Weinberg). Cu alte cuvinte, dinamica la energii joase (sau la distanțe mari) nu depinde de detaliile dinamicii energiilor înalte (sau a distanțelor mici). Cu teorema decuplării și EFT vedem emergența unui „nou gen de fizică” cu consecințe îndepărtate pentru statutul teoriilor fizice și al angajărilor lor ontologice. Viziunea existenței unei teorii generale asupra unui nivel fundamental al realității fizice este contrastată cu un „never-ending tower of EFT's”, cu imaginea corespunzătoare a lumii fizice la stratificată în domenii quasi-autonome, fiecare nivel avându-și propria sa ontologie și legile lui fundamentale” (E. Castellani 202: 252).

Programul EFT a fost implicat în dezbaterile fundamentale dintre fizica particulelor elementare și fizica materiei condensate. Howard Giorgi argumentează împotriva lui Weinberg și pentru o ierarhie non-fundamentală fizicii: „One can imagine, I suppose, that the tower of EFT goes down to arbitrary short distances in a kind of infinite regression. This is a particular scenario in which there is a really no general theory of physics, but just a series of layers without end” (I.H. Giorgi 1989: 456).

Am prezentat în aceste prelegeri cele trei tipuri de programe cu statut (sau pretenții) de cercetare fundamentală în cazul fizicii deoarece aici ele au dobândit o dezvoltare plină, permițând să li se dezvăluie structura teoretică și semnificația epistemologică.

Pentru cazul Științei economice, cele trei tipuri de programe pot fi recunoscute în următoarele forme.

(i) Programul unificării disciplinare a economiei pornind de la teorii abstracte de mare generalitate poate fi ilustrat cu cercetările care pornesc de la teoria abstractă de natură formal-structurală formulată de Gerard Debreu în celebra sa „Theory of Value” (1959).

(ii) Programul holist sau emergentist în economie a fost amplu teoretizat de Sunny Auyang în cartea sa (alături de tratarea altor discipline exemplare pentru studiul fenomenelor sau domeniilor complexe): Sunny Auyang, *Foundation of Complex System Theories in Economics, Evolutionary Biology and Statistical Physics*, Cambridge University Press, 1999.

(iii), În fine, o aplicare a programului teoriilor efective de câmp o întâlnim într-o lucrare recentă, Yingrui Yang, *Modern Principles of Economic Mechanics*, 2012.

Pentru întreaga problematică filosofică actuală a Științelor economice recomand (le atașez)

Tratatul: H. Kincaid, D. Ross (eds.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Economics*, Oxford Univ. Press, Oxford, 2009.

Pentru noua viziune despre lumea economică (ontologia Științelor economice) recomand următoarele lucrări:

Tony Lawson, *Economics and Reality*, London, Routledge, 1997

Don Ross, Ontic structural realism, *Philosophy of Science*, 2008, p. 732-743.



UNIUNEA EUROPEANĂ

Fondul Social European
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013

OIPOSDRU

MINISTERUL
EDUCAȚIEI ȘI
CERCETĂRII
ȘTIINȚIFICE

ACADEMIA ROMÂNĂ

BIBLIOGRAFIE

- Anderson, Ph. W., „More is Different”, *Science*, 177, 1972, 393-396
- Anderson, Ph. W., „On the Nature of physical Laws”, *Physics Today*, 43, nr.9, 1990.
- Anderson, Ph. W., *A Career in Theoretical Physics*, World Scientific Series in 20th Century physics – vol.7, Singapore, 1994, ed. 2, 2004.
- Anderson, Ph. W., „Physics: The Oppening to Complexity”, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 92, July 1995, p. 6653-6654.
- Anderson, Ph. W., „Emergence, reductionism and the sameless web: When and why is science right”, *Current science*, vol. 78, nr.6, 25 March, 2000.
- Anderson, Ph. W., „Science: „A Dappled World” or a „Seamless Web”? *Stud. Hist.Phil.Mod.Phys.*, 32,3, 2001, p. 487-497.
- Anderson, Ph. W., „Emerging Physics, A Fresh Approach to viewing the complexity of the Universe”, *Nature*, 434, Aprilie 2005, p. 701-702.
- Barrow, J., *New Theories of Everything*, Oxford, Oxford University Press, 2007.
- Batterman, R. W., *The Devil in the Details. Asymptotic reasoning in explanation, reduction and emergence*, Oxford, Oxford University Press, 2001.
- Cao, T. Y., (ed.), *Conceptual Foundations of Quantum Field Theories*, Cambridge, Cambridge University Press., 1999.
- Cariani, P., „Emergence and Artificial Life”, în: *Artificial Life II*, ed. by C. G. Langton at al. Redwood City, Addison-Wesley, 1991, p. 775-797.
- Cat, J., „The Physicists Debate on unification in physics at the end of the 20th Century”, *Hist. St. In the Physical and Biological Sci*, 28, 1999, p. 250-300.
- Cat, J., „Modeling Craks and Cracking Models: Structures, Mechanisms, Boundary Conditions, Constraints, Inconsistencies and the Proper Domains of Natural Laws”, *Synthese*, 146: 2005, p. 447-487.
- Clayton, P., Davies P. (eds.), *The Re-emergence of emergence*, Oxford, Oxford University Press, 2006.
- Cornwell J. (ed.), *Nature's Imagination. The Frontiers of Scientific Vision*, Oxford University Press, 1995.
- Dyson, F., „Time without End: Physics and Biology in an Open Universe”, *Rev. Mod. Phys.*, 51, 1979, p. 447-460.
- Dyson, F., „The Scientist as Rebel”, *The American Mathematical Monthly*, vol. 103, nr. 9, 1996, p. 800-805.
- Dyson, F., „The World on a String”, *NYRB*, May 13, 2004.
- Emeche, C. et al., „Explaining Emergence: Towards an Ontology of Levels”, *Journal for General Philosophy of Science* 28, 1997, p. 83-119.
- Goldenfeld, N., Kadanoff, L., „Simple Lessons from Complexity”, *Science*, 284, 1999, p. 87-89.
- Howard, D., „Emergence in the physical systems: lessons from the particle physics and condensed matter physics debate”, în vol. N. Murphy, W. R. Stoeger (eds.), *Evolution and Emergence: Systems, Organisms, Persons*, Oxford, Oxford University Press, 2007.
- Klein, M., „Thermodynamics in Einstein's Thought”, *Science*, New Series, vol. 157, nr. 3788 (Aug. 1967), p. 509-516.
- Laughlin, R. B., D. Pines, „The Theory of Everything”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 2000, p. 28-31.
- Laughlin, R. B. et al., „The Middle Way”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 2000, p. 32-37.
- Mayr, E., „The Limits of reductionism”, *Nature*, vol. 331, 11 Febr. 1988.
- M. Morrison, „Emergence, Reduction and Theoretical Principles: Rethinking Fundamentalism”, *Philosophy of Science* 73, 2006, p. 876-887.
- Moulines, C. U., „Ontology, Reduction, Emergence”: A General Frame, *Synthese* 151, 2006, p. 313-323.
- Nelson, D., „What is Fundamental Physics? A Renormalisation Group Perspective”, in Cao T.Y. ed., 1999.
- Primas, H., „Emergence in Exact natural Sciences”, *Acta Polytechnica Scandinavica*, 91, 1998, p. 83-98.
- Rorty, R., „Phony Science Wars”, *The Atlantic Monthly*, Nov. 1999: p. 1-6.
- Sarkar, S., „Models of Reduction and Categories of Reductionism”, *Synthese* 91, 1992, p. 167-194.
- Schaffer J., 2003, „Is There a Fundamental Level?”, *Nous* 37,3, p. 498-517.
- Shankar, R. 1999, „Effective Field Theories in Condensed Matter Physics”, în Cao, T.Y. ed., 1999.
- Schuster, P., „A Beginning of the End of the Holism versus Reductionism Debate?, *Molecular Biology Goes Cellular and Organismic*”, *Complexity*, vol. 13, nr.1, 2007, p. 10-31.
- Smith, J.M. 1986, *The Problems of Biology*, Oxford, Oxford University Press.
- Weinberg, S., „Newtonianis, Reductionism and the Art of Congressional Testimony”, *Nature*, vol. 330, Dec. 1987.
- Weinberg, S., „Replies”, *Nature*, vol. 331, 11 febr. 1988.
- Weinberg, S., *Il Sogno Dell, Unita Dell, Universo*, Milano, Mondadori, 1993.
- Weinberg, S., „Reductionism Redux”, *New York Review of Books*, Oct.5, 1995.
- Weinberg, S., „A Response to Professor Wojcicki”, *Foundations of Science*, 1, 1998, p. 79-81.
- Weinberg, S., *Facing Up: Science and its Cultural Adversaries*, Harvard University Press, 2001.
- Weisskopf, V., „Frontiers and Limits of Science”, *American Scientist* 65, 1977.
- Whitten, B. L., „What Physics is Fundamental Physics? Feminist Implications of Physicist's Debate Over Superconducting Supercolidier”, *NWSA Journal*, vol. 8, 1996.



UNIUNEA EUROPEANĂ



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI ȘI
CERCETĂRII
ȘTIINȚIFICE

OIPOSDRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

Wojcicki, R., „Physics, Theoretical Knowledge and Weinberg’s Grand Reductionism”, *Foundations of Science* 1, 1998, p. 61-77.