

Larga folosire a cuvântului „paradigmă” a făcut să fie ignorată, pentru mulți, originea sa: lucrarea lui Thomas Kuhn, *Structura revoluțiilor științifice*, bestseller care a atins peste un milion de exemplare. Una dintre cele mai cunoscute, influente și discutate personalități academice ale secolului XX, Thomas Kuhn săvârșeste prin *Structura revoluțiilor științifice* o revoluție copernicană în analiza procesului de cercetare științifică și în înțelegerea evoluției cunoașterii. Exemplele sale relevă momentele-cheie în dezvoltarea fizicii, legate de personalități precum Copernic, Newton, Lavoisier, Einstein sau Bohr. Cartea s-a bucurat însă de o circulație mult mai mare decât ar fi putut bănuși Kuhn, generând dezbateri vii și conducând la aplicări ale ideilor autorului în variate domenii, de la teoria literaturii la sociologie.

Alte cărți de știință la Humanitas:

Werner Heisenberg, *Partea și întregul*

Brian Greene, *Universul elegant*

Simon Singh, *Big bang*

John D. Barrow, *Cartea infinitului*

Jeremy Bernstein, *Albert Einstein și frontierele fizicii*

ISBN 978-973-50-2030-9



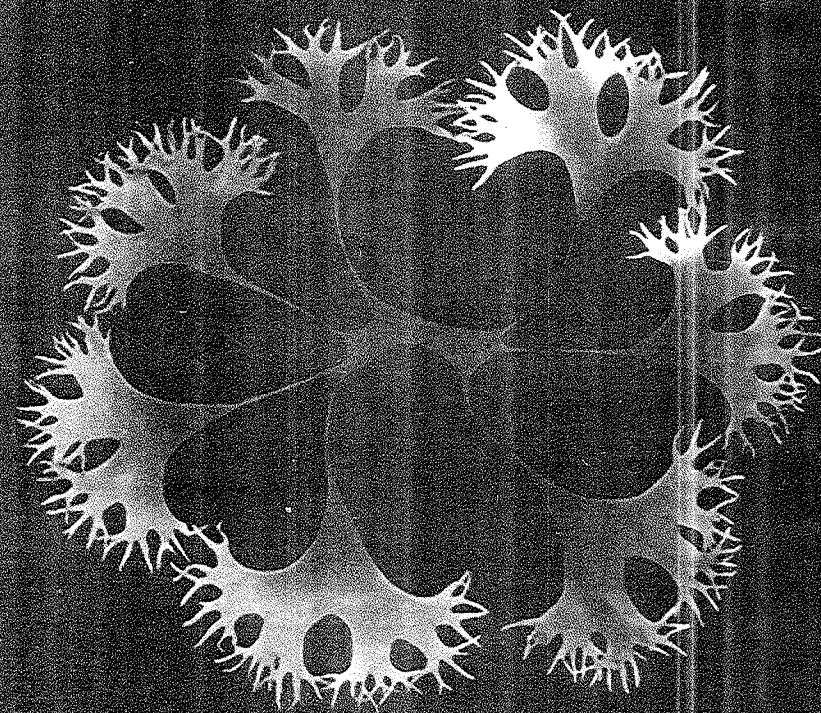
9 789735 020309

THOMAS S. KUHN STRUCTURA REVOLUȚIILOR ȘTIINȚIFICE



THOMAS S. KUHN

STRUCTURA REVOLUȚIILOR ȘTIINȚIFICE



HUMANITAS

THOMAS S. KUHN s-a născut în 1922. A studiat fizica la Universitatea Harvard, unde a obținut titlul de doctor în 1949. Ulterior, s-a orientat către istoria științei. Din 1956 a început să predea la Universitatea Berkeley, California, și în 1961 a devenit profesor de istoria științei. Între 1964 și 1979 a fost profesor la Princeton, pentru a-și continua apoi cariera universitară la Institutul de Tehnologie din Massachusetts, de unde s-a retras în 1991. A murit în 1996.

LUCRĂRI: *The Copernican Revolution* (1957), *The Structure of Scientific Revolutions* (1962, 1970), *Sources for the History of Quantum Physics. An Inventory and Report* (1967), *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (1977), *Black Body Radiation and the Quantum Discontinuity, 1894–1912* (1978).

THOMAS S. KUHN

Structura revoluțiilor științifice

Traducere din engleză de
RADU J. BOGDAN

Studiu introductiv de
MIRCEA FLONTA



HUMANITAS
BUCUREȘTI

STRUCTURA REVOLUȚIILOR ȘTIINȚIFICE

THOMAS KUHN ȘI REORIENTAREA ISTORICĂ
ÎN FILOZOFIA ȘTIINȚEI

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
KUHN, THOMAS S.

Structura revoluțiilor științifice / Thomas S. Kuhn;
trad.: Radu J. Bogdan; pref.: Mircea Flonta. – București: Humanitas, 2008
ISBN 978-973-50-2030-9

I. Bogdan, Radu J. (trad.)
II. Flonta, Mircea (pref.)

501.
1:5

THOMAS S. KUHN
THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS
Third Edition

Licensed by The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, U.S.A.
© 1962, 1970, 1996 by The University of Chicago
All rights reserved
© HUMANITAS, 1999, 2008, pentru prezenta versiune românească

EDITURA HUMANITAS
Piața Presei Libere 1, 013701 București, România
tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51
www.humanitas.ro

Comenzi CARTE PRIN POȘTĂ: tel./fax 021/311 23 30
C.P.C.E. — CP 14, București
e-mail: cpp@humanitas.ro
www.librariilehumanitas.ro

Acum câteva decenii, filozofia științei¹ constituia obiectul preocupărilor relativ ezoterice ale unui grup de cercetători, cu deosebire din țări de limbă engleză. Inspirați de programul empirismului logic și de realizările socotite exemplare ale unora dintre personalitățile eminente ale cercului de la Viena care emigraseră în Statele Unite și Anglia, ei urmăreau analiza și clarificarea logică a unor concepte centrale pentru înțelegerea structurii cunoașterii științifice, concepte cum ar fi *limbaj de observație* și *limbaj teoretic*, *reguli de corespondență*, *teorii științifice*, formularea unor criterii logice de delimitare a teoriilor științifice de teorii numite în mod peiorativ *speculative* sau *metafizice*, precum și a unor criterii de evaluare a gradului de confirmare a ipotezelor științifice de către datele de observație. Concepută și practică în acest fel, teoria cunoașterii științifice apărea observatorului din afară drept un joc la care participă un număr relativ restrâns de filozofi profesioniști. Scrierile consacrate logicii și metodologiei demersului științific și analizei produselor sale nu stârneau atenția cercurilor largi ale publicului cultivat, și nici cel puțin interesul unor oameni de știință reprezentativi și al istoricilor științei.

Cine și-ar fi închipuit în acei ani că o scriere publicată în colecția *Enciclopedia internațională a științei unificate*, o colecție îngrijită de două personalități emblematice ale empirismului logic, Rudolf Carnap și Charles Morris, va fi difuzată până la moartea autorului ei, în 1996, atât în limbi de mare circulație cât și în altele cu o arie mai restrânsă, în aproape un milion de exemplare? Într-adevăr, lucrarea unui tânăr istoric al științei, cu totul necunoscut în afara

¹ O redare mai corectă în limba română a celor mai multe dintre temele pe care autorii de limbă engleză le desemnează în mod curent prin expresia *philosophy of science* ar fi *teoria cunoașterii științifice*.

unui cerc restrâns de specialiști, a devenit în scurt timp cea mai citită carte consacrată teoriei cunoașterii științifice din toate timpurile. Lucrarea lui Kuhn a fost și este citită până astăzi nu numai de oameni ce ilustrează toate domeniile activității academice, ci chiar și de istorici și teoreticieni ai literaturii și artelor, de scriitori sau artiști. Intelectuali cu interese din cele mai diferite iau în mână această carte nu numai pentru a câștiga o imagine despre știință ca fenomen major al lumii moderne, ci și pentru a putea beneficia de sugestiile pe care le poate oferi celor activi în cele mai variate teritorii ale cercetării și creației. Un indiciu semnificativ al ariei neobișnuit de largi de diseminare a ideilor lui Kuhn este fie și doar favoarea de care se bucură în limbajul cult al ultimilor decenii un cuvânt-cheie din cartea sa, cuvântul *paradigmă*. Elita cercetătorilor naturii, psihologii, sociologii și antropologii, istoricii de toate felurile, de la cei care se consacră istoriei sociale, economice și politice, până la istoricii artei și religiei, pentru a nu mai vorbi de istoricii științei, găsesc în lectura cărții lui Kuhn o excelentă oportunitate pentru a descoperi și a pune în discuție diferite stereotipii care le domină gândirea. Cât despre scrierile de teoria științei, aici invocarea și critica vederilor lui Kuhn a devenit un ritual căruia puțini i se mai pot sustrage. Într-un index al citărilor puține personalități ale științei și filozofiei secolului ce se încheie, ca Albert Einstein sau Ludwig Wittgenstein, ar putea ține pasul cu Thomas Kuhn.

Cum se explică toate acestea? Un răspuns foarte scurt ar suna astfel: cartea lui Kuhn a propus o nouă imagine a științei, o imagine ce se deosebește din multe puncte de vedere de cea consacrată. În măsura în care se opune acelor clișee consolidate prin autoritatea unor eminente filozofi și cercetători ai naturii cu interese filozofice, care înfățișează știința modernă drept o întruchipare exemplară a unei raționalități lucide și reci², imaginea rectificată pe care ne-o propune Kuhn poate fi calificată drept un pas semnificativ în direcția „umanizării științei”. Căci ideile ce conferă nota de originalitate gândirii sale ar putea fi caracterizate, într-o primă instanță,

² Un autor român cunoscut și apreciat atât ca matematician, cât și ca poet, asemenea construcția științifică cu un castel de gheață.

drept o distanțare de și denunțare a ceea ce am putea numi o *supra-raționalizare a cunoașterii științifice*. Am în vedere acea imagine a științei care a luat naștere prin contribuțiile convergente ale unor filozofi reprezentativi pentru tradiția analitică anglo-saxonă³, ale istoriei tradiționale a științei și ale reflecției unor oameni de știință de cel mai înalt rang. În momentul apariției lucrării lui Kuhn, tendința dominantă în teoria cunoașterii științifice era una *anistorică, formalistă și normativă*. Se admitea, adeseori în mod tacit, că ceea ce ar distinge cunoașterea științifică de alte activități creatoare este observarea strictă a unor reguli — regulile metodei științei — acele reguli care ne-ar permite să deosebim oriunde și oricând știința de tot ceea ce nu este știință. Interesul filozofic pentru știință era orientat spre evidențierea structurii logice a demersurilor și rezultatelor cunoașterii științifice. Într-un cuvânt, teoria cunoașterii științifice era concepută și practică ca logică aplicată. În sfârșit, se socotea că cei ce cultivă acest domeniu ar trebui să se intereseze „de știința prin excelență sau de știința așa cum trebuie să fie practică, mai degrabă decât de cercetarea științifică de rutină”⁴.

Motivele și accentele ce conferă o pregnantă originalitate imaginii kuhnienne a științei, o imagine schițată pentru prima dată în *Structura revoluțiilor științifice*, pot fi deslușite, așadar, cu multă claritate pe fundalul contrastant a ceea ce am caracterizat drept o tendință de supra-raționalizare a cunoașterii științifice. Într-adevăr, Kuhn contestă că ar exista ceva de felul unei metode universale a cunoașterii științifice, așadar idealuri de cunoaștere, valori științifice, criterii de discriminare a problemelor științifice și de

³ Merită citată remarcă sugestivă a autorului uneia dintre cele mai citite lucrări recente de filozofie a științei: „Ei erau în dezacord asupra multor puncte deoarece erau de acord asupra a ceea ce este fundamental. Ei credeau că știința naturii este formidabilă și că fizica este cea mai bună. Ea ilustrează raționalitatea umană. Ar fi frumos să avem un criteriu pentru a distinge o asemenea știință bună de nonsens și de speculație prost construită.” (J. Hacking, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, 1983, p. 3.)

⁴ J. Watkins, *Against „Normal Science”*, în I. Lakatos, A. Musgrave (editori), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1970, p. 27.

evaluare a soluțiilor satisfăcătoare care ar fi valabile în toate timpurile și în toate disciplinele. El caracterizează revoluțiile științifice drept schimbări profunde în reprezentările de excelență și în practicile ce fixează identitatea cunoașterii științifice într-un anumit moment al timpului și într-o anumită arie a cercetării. Revoluțiile științifice ne sunt înfățișate drept prefaceri ce afectează nu numai cunoștințele noastre, ci și înțelegerea de sine a cunoașterii științifice. Referindu-se la istoricii științei de la care a învățat ceva esențial, Kuhn îi numește în prefața cărții sale pe Alexandre Koyré, Emilc Meyerson, Hélène Metzger și Aneliese Maier. Lucrările acestora ar fi arătat „ce înseamnă a gândi științific într-o perioadă în care canoanele științifice erau foarte diferite de cele acceptate astăzi”.⁵

Kuhn pune în discuție o supoziție acceptată drept ceva ne-problematic de către mulți filozofi ai științei, și anume supoziția că noțiunile ar fi introduse și utilizate pe baza unor criterii stricte, acele criterii care vor fi enunțate în mod explicit atunci când sunt definite aceste noțiuni. El susține că noțiunile științifice, la fel ca și noțiunile gândirii curente, exprimă o rețea de asemănări care apropie membrii unei familii naturale precum și o rețea de deosebiri care despart membrii acestei familii de membrii alteia. O revoluție științifică aduce cu sine, între altele, schimbări în acele rețele conceptuale ce fixează apartenența unui element la o mulțime pe care o desemnează un anumit termen al limbajului unei discipline științifice. Bunăoară, înainte de Copernic, pământul era socotit o planetă, ca și Marte, în timp ce după Copernic pământul și Marte vor aparține unor familii naturale diferite. Înainte de Copernic luna era o planetă, și nu pământul, iar după Copernic pământul era o

⁵ Delimitându-se de acei istorici care văd în evoluția cunoașterii științifice un proces mai lin sau mai abrupt de acumulare a adevărului și de eliminare a erorii, Kuhn enunță, în capitolul introductiv al cărții sale, concluzia la care au ajuns autorii amintiți mai sus în următorii termeni: „Cu cât studiază mai atent (să zicem) dinamica aristotelică, chimia flogisticului sau termodinamica calorică, cu atât devin mai convinși că aceste concepții despre natură, odinioară dominante, nu erau în ansamblu mai puțin științifice și nici nu reprezentau, mai mult decât cele curente în zilele noastre, produsul idiosincrasiei umane.”

planetă, și nu luna. Tot așa, apa sărată aparținea familiilor compuşilor chimici înainte de Dalton și amestecurilor fizice după Dalton. În aceste cazuri, ca și în altele, nu este vorba doar de modificarea unor convenții lingvistice, ci, în primul rând, de răspunsuri la presiunile pe care le exercită noi observații și experimente. Cu alte cuvinte, schimbări de acest fel sunt expresia unor prefaceri profunde ale cunoștințelor noastre despre natură.⁶ Kuhn contestă de asemenea că alegerile pe care le face omul de știință între teorii și sisteme de gândire în competiție ar fi pur și simplu rezultatul aplicării unor criterii și norme de evaluare presupuse a avea o valabilitate universală. O asemenea reconstrucție a logicii gândirii științifice este, desigur, atrăgătoare, ca de altfel orice reprezentare idealizată asupra logicii acțiunilor omenești. Kuhn afirmă însă că ea nu este una realistă. El își propune să arate că oamenii de știință, care acceptă în principiu aceleași criterii de excelență și valori științifice, pot să facă, în una și aceeași situație concretă, alegeri diferite.

Kuhn se distanțează net de imaginea idealizată asupra cunoașterii științifice pe care o ofereau scrierile cele mai autorizate de filozofie a științei susținând că baza practicii cercetării și a consensului într-o știință care a atins stadiul maturității nu este *teoria științifică*, ci ceva mai complex, *paradigma*. El argumentează cu stăruință că cercetarea științifică în disciplinele care au ajuns

⁶ „Acum mi se pare că acest fel de redistribuire a indivizilor în familii naturale sau genuri, cu schimbarea corespunzătoare a trăsăturilor caracteristice pentru referință, este o trăsătură centrală (poate cea centrală) a episoadelor pe care le-am numit mai înainte revoluții științifice.” (Th. S. Kuhn, *Metaphor in Science*, în (ed.) M. Ortony, *Metaphor and Thought*, p. 417.) Într-un text scris în ultimii ani ai vieții, Kuhn va caracteriza astfel câteva elemente ale poziției sale: „... termenii științifici sunt învățați prin utilizarea lor; această utilizare implică descrierea unuia sau mai multor exemple paradigmatic de comportare a naturii; un număr de asemenea exemple sunt cerute pentru ca procesul să funcționeze; și, în sfârșit, când procesul s-a încheiat, cel care învață limbajul sau conceptul a dobândit nu numai semnificații, ci, de asemenea, în mod inseparabil, generalizări despre natură.” (Th. S. Kuhn, *Afterwords*, în (ed.) P. Horwich, *World Changes. Thomas Kuhn and the Nature of Science*, the MIT Press, Cambridge Mass., 1993, p. 312.)

în acest stadiu nu este condusă în primul rând de teorii și reguli metodologice generale, ci de experiențe împărtășite în comun ce sunt încastrate în paradigme. Cercetarea științifică este, înainte de toate, o practică cu un accentuat caracter instrumental, și, ca orice practică, ea se învață prin ucenicie. Paradigmele înțelese ca realizări științifice exemplare, ca exemple concrete de formulări și soluții ale problemelor științifice, constituie baza aceluia acord al oamenilor de știință asupra fundamentelor ce distinge orice cercetare științifică matură.

Probabil că sursa cea mai profundă a distanțării lui Kuhn de reprezentări curente asupra raționalizării științifice⁷, reprezentări acceptate tacit de majoritatea istoricilor științei, au constituit-o cercetările sale istorice conduse de experiențe proprii cu privire la modul cum trebuie să fie citite texte științifice mai vechi. Pentru a înțelege mai bine despre ce este vorba mi se pare utilă o scurtă digresiune cu caracter biografic.

Născut în anul 1922, Kuhn a făcut studii de fizică și a obținut titlul de doctor la Harvard, în 1949. Rezultatele primelor sale cercetări au apărut în anii 1950–1951 în reviste de fizică. După o foarte scurtă carieră de cercetător, Kuhn și-a schimbat cursul preocupărilor profesionale, orientându-se spre istoria științei. Cum explică el această reorientare? Citind texte științifice din epoci mai îndepărtate, Kuhn a ajuns la constatarea că dacă atribuim fie și numai unora din termenii ce apar în aceste texte semnificația pe care o au ei în știința actuală, nu vom mai putea înțelege multe enunțuri ce apar în ele. Este vorba de ceea ce autorul *Structurii revoluțiilor științifice* va numi mai târziu *textual oddity*. Kuhn povestește despre prima sa întâlnire cu acest fenomen care s-a produs foarte devreme, în anii studiilor sale doctorale. Fiind însărcinat să țină câteva expuneri asupra originilor mecanicii secolului al XVII-lea, el a coborât pe firul timpului, studiind mai întâi scrieri medievale asupra mișcării și apoi sursa lor comună, *Fizica* lui Aristotel. Citind

lucrarea lui Aristotel cu ochelari newtonieni, Kuhn a fost surprins să constate că acest autor, care ne apare și astăzi atât de perspicace în alte scrieri ale sale, afirmă despre mișcare lucruri ce păreau evident absurde. O explicație cerea și faptul că *Fizica* lui Aristotel a putut inspira secole de-a rândul multe minți eminente, nu lipsite de spirit critic. Nedumeririle tânărului Kuhn s-au risipit abia atunci când el a reușit să descopere un mod de a citi textul care a înlăturat impresia sa inițială. „Drept rezultat nu am devenit un fizician aristotelic, dar am învățat într-o anumită măsură să gândesc ca un asemenea fizician. În consecință, nu mi-a fost greu să înțeleg de ce Aristotel a afirmat ce-a afirmat despre mișcare sau de ce afirmațiile sale au fost luate în considerare cu atâta seriozitate.”⁸ Kuhn sugerează că reorientarea lui profesională spre istoria științei a fost determinată tocmai de sentimentul că o asemenea experiență ar merita să fie continuată și că semnificațiile ei ar trebui să fie sistematic explorate. Căutând lecturi mai bune ale textelor științifice scrise de cercetători ai naturii din alte epoci, el a făcut experiențe asemănătoare cu scrieri ale lui Boyle și Newton, Lavoisier și Dalton. Concluzia la care a ajuns odată cu trecerea timpului a fost că incongruențele pe care le descoperă un cercetător cu pregătire științifică modernă citind texte mai vechi sunt aparente.⁹ Pentru a deveni un cititor competent al unor asemenea texte, istoricul științei ar trebui să procedeze ca un antropolog de teren care încearcă să învețe limba unei comunități exotice pe care își propune să o studieze. În cuvintele lui Kuhn: „Preocupați să reconstruiască idei trecute, istoricii trebuie să abordeze generația care le susține în același fel în care abordează antropologul o cultură

⁸ Th. S. Kuhn, *Tensiunea esențială*, Editura științifică și enciclopedică, București, 1982, p. 38.

⁹ „Incomensurabilitatea este o noțiune ce apare la mine din încercări de a înțelege pasaje aparent lipsite de sens întâlnite în texte științifice mai vechi. De obicei, ele au fost socotite drept o dovadă a opiniilor confuze sau greșite ale autorului. Experiențele mele m-au condus spre concluzia că aceste pasaje au fost, dimpotrivă, citite greșit; aparența de nonsens poate fi înlăturată recuperând semnificațiile mai vechi pentru unii din termenii implicați, semnificații diferite în raport cu cele care au devenit mai târziu curente.” (Th. S. Kuhn, *The Road since Structure*, P.S.A., 1991, p. 4.)

⁷ Iată o descriere concisă și deosebit de sugestivă a acestor reprezentări: „Un om de știință va experimenta, va aduna date, le va explica prin ipoteze simple și va progresa astfel, în mod rațional și inexorabil, spre adevăr.” (P. Horwich, *Introduction*, în *World Changes*, p. 1.)

străină. Cu alte cuvinte, ei trebuie să fie pregătiți de la început să constate că băștinașii vorbesc un limbaj diferit și își organizează experiența în categorii diferite de cele pe care ei înșiși le aduc de acasă. Ei vor trebui să-și propună ca țel descoperirea acelor categorii și asimilarea limbajului corespunzător.¹⁰ În strădaniile sale de a reconstitui fidel episoade din trecutul științei, istoricul științei va fi pus în situația celui obligat să intre într-o lume nouă și să învețe să se miște în această lume. El va încerca să descopere moduri diferite de a organiza din punct de vedere conceptual date ale experienței, modalități de a formula probleme și de a evalua soluțiile lor, idealuri de cunoaștere și criterii de excelență care, toate împreună, conferă profilul original propriu unor moduri alternative de a practica cercetarea științifică. Iar dacă eforturile sale vor fi încununate de succes, ceea ce va rezulta nu va fi doar un nou mod de a scrie istoria științei, ci și o modificare profundă a acelei imagini a cunoașterii științifice care fusese consolidată de tendințele filozofice dominante la mijlocul secolului nostru. Ceea ce mulți filozofi au caracterizat atunci drept știința în genere — știința ca unitate monolitică — nu era de fapt decât o reconstrucție logică consecventă a modului cum sunt prezentate metodele și rezultatele unei discipline științifice în manualele pe care le consultau. Kuhn subliniază că manualele științifice sunt în bună măsură responsabile pentru reprezentarea anistorică a filozofilor științei și a multor cercetători privitoare la dezvoltarea în timp a cunoașterii științifice. Aceasta deoarece în manualele și tratatele științifice cercetările și descoperirile oamenilor de știință din trecut sunt prezentate doar drept contribuții la știința prezentului. Altfel spus, manualele prezintă principalele momente din trecutul unei discipline științifice drept etape ale unei înaintări treptate și relativ continue spre știința zilelor noastre.¹¹ *Mutatis mutandis*,

¹⁰ Th. S. Kuhn, „Revisiting Planck“, în *Historical Studies in the Physical Sciences*, 14 (2), 1984, p. 246.

¹¹ Autorii de manuale prezintă „concepte și teorii din trecut ca niște aproximări imperfecte ale celor în folosință curentă, punând în umbră astfel atât structura cât și integritatea tradițiilor științifice din trecut.“ (*Tensiunea esențială*, p. 190.) „Educația științifică se bazează, astăzi, în întregime pe manuale. Cei ce studiază o anumită disciplină științifică nu citesc de regulă

acest mod de a scrie istoria științei seamănă cu descrierea dată de Hegel istoriei filozofiei ca o înaintare treptată și continuă spre propria sa filozofie.

Ne putem, desigur, întreba de ce această deformare sistematică a istoriei diferitelor discipline științifice nu a fost semnalată în literatura de istorie a științei, o literatură care a crescut repede de la mijlocul secolului nostru. Încercând să răspundă la această întrebare, Kuhn formulează o observație extrem de interesantă: după ce a reușit să înțeleagă un text științific în termenii științei epocii în care a fost scris, istoricul științei încearcă, de regulă, să îl retraducă în limbajul științei contemporane care este limbajul cititorilor săi. Lucrările istorice ascund astfel natura cercetării care le-a produs. Cititorii acestor lucrări nu au nici un motiv pentru a bănuși că studiul trecutului unei discipline ar putea dezvălui existența unor forme de viață științifică sensibil diferite de cele ale prezentului. Kuhn crede că toți istoricii care privesc trecutul dintr-o perspectivă autentic istorică sunt, *conștient sau nu*, practicanți ai metodei hermeneutice. El a încercat să derive din această experiență concluzii de ordin general: „În cazul meu, descoperirea hermeneuticii nu a atras după sine numai considerarea istoriei ca ceva demn de atenție. Ea a influențat rapid și decisiv concepția mea despre știință.“¹²

Nu se poate îndeajuns sublinia că ceea ce este nou și deosebit de provocator în întrebările și temele pe care le propune Kuhn va

lucrările istorice clasice ale domeniului lor, lucrări în care ar putea descoperi alte moduri de a privi problemele analizate în manualele lor, dar în care ar întâlni și probleme, concepte și standarde de rezolvare pe care profesiunea pe care o vor practica în viitor le-a înlăturat și înlocuit de mult.“ (*Ibidem*, p. 271.)

¹² Th. S. Kuhn, *Tensiunea esențială*, p. 39. În același sens, merită atenție precizările pe care le face Kuhn la începutul primului capitol al cărții sale cu privire la proiectul de explorare filozofică a experiențelor pe care le-a făcut în citirea unor texte științifice ale trecutului: „Scopul... este de a schița un concept cu totul diferit despre știință, așa cum rezultă el din datele istorice ale înseși activității de cercetare. Dar noul concept nu rezultă nici măcar din istorie dacă datele istorice continuă să fie căutate și examinate îndeosebi pentru a răspunde la întrebări puse potrivit unui stereotip anistoric, caracteristic manualelor științifice.“

rămâne greu de înțeles dacă nu vom ține seama de evoluția lui intelectuală și profesională cu totul atipică. Format ca cercetător al naturii, cu o experiență scurtă dar semnificativă a cercetării moderne, Kuhn a fost condus spre istoria științei de interese de natură filozofică. El va practica în mod profesional istoria științei, fără a pierde însă din vedere nici un moment interesele de ordin filozofic, utilizând toate ocaziile pe care i le ofereau cercetările istorice pentru a articula tot mai coerent un mănunchi de întrebări cu privire la natura cercetării în discipline științifice mature, precum și cu privire la ceea ce se petrece atunci când o tradiție de cercetare este înlocuită cu alta. Kuhn a făcut astfel experiențe și a câștigat competențe care nu erau accesibile colegilor săi, istorici sau filozofi ai științei. Lumea preocupărilor sale a fost astfel diferită de cea a filozofilor care se interesează de faptele istorice doar pentru a ilustra scheme abstracte preconcepute¹³, cât și de cea a istoricilor științei înclinați să facă din lipsa orizontului filozofic o virtute profesională. Într-o bună parte a carierei sale academice, Kuhn a fost activ atât în istoria, cât și în filozofia științei. Experiențele sale ca istoric l-au condus la unele din concluziile sale filozofice radicale, iar cercetările sale istorice au fost influențate în orientarea lor de aceste concluzii. Autorul *Structurii revoluțiilor științifice* poate fi caracterizat, prin urmare, tot așa de bine drept un istoric al științei cu interese filozofice, cât și ca un filozof al științei ale cărui generalizări se sprijină pe cercetări de natură istorică. În această din urmă calitate a sa, Kuhn nu a fost un personaj cu totul izolat. Lucrările sale filozofice se integrează, după propria sa apreciere, în ceea ce el numește *soft philosophy of science* sau filozofie a științei orientată istoric. Printre autorii care au ilustrat acest mod de a cultiva teoria cunoașterii științifice, care se distinge clar de *pattern*-ul dominant, Kuhn menționează pe N. R. Hanson, M. Hesse, P. Feyerabend, M. Polanyi și St. Toulmin.¹⁴ Totuși Kuhn ocupă un loc aparte în

¹³ „Citind o lucrare din trecut, filozoful caută cu regularitate poziția autorului în probleme curente, le critică cu ajutorul aparatului actual și interpretează textul respectiv în așa fel încât relația lui cu doctrina modernă apare pe primul plan.” (*Tensiunea esențială*, p. 199.)

¹⁴ Vezi Th. S. Kuhn, *The Road since Structure*, p. 3.

acest grup, a cărui atitudine disidentă se profila clar deja în anii '60. Mai întâi, nici unul din autorii amintiți nu și-au întemeiat concluziile de natură filozofică pe cercetări proprii de istoria științei. În al doilea rând, nici una din lucrările lor nu a reușit să câștige atenția unor cititori cu interese intelectuale și profesionale atât de diferite și, în consecință, să exercite o influență comparabilă cu cea pe care a exercitat-o cartea lui Kuhn. În sfârșit, opera filozofică a lui Kuhn a marcat puternic ceea ce am putea caracteriza drept *reorientare istorică în filozofia științei* înfruntând frontal o dogmă filozofică ce s-a impus prin influențele convergente exercitate de filozofia analitică a științei și ale școlii popperiene. Este vorba de conceperea distincției dintre cercetarea istorică și cercetarea filozofică a științei drept o distincție dintre cercetarea realităților cunoașterii științifice și formularea unor norme pentru cercetarea științifică, norme ce rezultă dintr-o anumită reprezentare cu privire la țelul științei. Într-o teorie a cunoașterii științifice, care se sprijină ferm pe rezultatele unor cercetări de istorie a științei și pe o bună cunoaștere a practicii științifice actuale, normativul și descriptivul nu se mai opun, ci se apropie până la punctul în care devin două fețe diferite ale unora și acelorași enunțuri. Intervenind în discuțiile și controversele pe care le-a iscat cartea sa, Kuhn a evidențiat cu insistență această caracteristică a unei filozofii istorice a științei. Citez un pasaj mai lung care mi se pare deosebit de edificator: „Obiectivul meu este, de asemenea, o înțelegere a științei, a rațiunilor eficacității sale deosebite, a statutului cognitiv al teoriilor ei. Dar altfel decât mulți filozofi ai științei, eu am început ca istoric al științei, examinând îndeaproape faptele vieții științifice. Descoperind în această activitate că mult din comportarea științifică, incluzând pe cea a marilor oameni de știință, încalcă în mod persistent canoane metodologice acceptate, a trebuit să mă întreb de ce aceste încălcări nu par să zădărnicească câtuși de puțin succesul întreprinderii. Când am descoperit, mai târziu, că un punct de vedere schimbat cu privire la natura științei transformă ceea ce a apărut mai înainte drept o comportare aberantă într-un element esențial al explicării succesului științei, descoperirea a fost o sursă a încrederii în noua explicație. Criteriul meu în sublinierea oricărui aspect particular al comportării științifice nu constă, așadar, doar

în faptul că el se produce, și nici cel puțin în faptul că se produce în mod frecvent, ci mai degrabă în faptul că el confirmă o teorie a cunoașterii științifice. Invers, încrederea mea în această teorie derivă din capacitatea ei de a conferi un sens coerent multor fapte care, potrivit unui punct de vedere mai vechi, trebuiau să apară fie aberante, fie irelevante. Cititorii vor observa o circularitate în argumentare, dar ea nu este una vicioasă... Trebuie oare ca observațiile lui Kuhn asupra dezvoltării științei... să fie citite drept descrieri sau drept prescripții? Răspunsul este, desigur, că ele trebuie citite în ambele feluri în același timp. Dacă eu am o teorie privitoare la modul în care funcționează și de ce funcționează știința, ea trebuie în mod necesar să aibă implicații în ceea ce privește modul cum trebuie să se comporte oamenii de știință pentru ca întreprinderea lor să înflorească... oamenii de știință trebuie să se comporte în esență așa cum se comportă dacă ceea ce-i preocupă este îmbunătățirea cunoașterii științifice.¹⁵ Este important de subliniat că oamenii care au practicat sau practică cercetarea științifică înclină să împărtășească acest mod de a vedea lucrurile. Astfel, o cunoscută cercetătoare, care a intervenit în dezbaterile din care am citat pasajul de mai sus, s-a exprimat într-un mod caracteristic pentru atitudinea celor ce produc cunoaștere științifică: „Dacă punctul meu de vedere este științific, acest text implică deci că știința așa cum este făcută în realitate, adică știința așa cum o descrie în linii mari Kuhn, este știința așa cum trebuie ea să fie practică. Căci dacă nu există un mecanism de autocorectare ce operează în știința însăși, atunci, vorbind de pe pozițiile științei, nu va exista nici o speranță ca situația să se îmbunătățească de câte ori lucrurile merg prost.”¹⁶

*

În cele ce urmează nu se va încerca o prezentare, fie și concisă, a tuturor temelor și punctelor de vedere dezvoltate în *Structura revoluțiilor științifice*. Cititorul avizat și atent își va putea alcătui

¹⁵ Th. S. Kuhn, „Reflections on My Critics”, în *Criticism and the Growth of Knowledge*, pp. 236–237.

¹⁶ M. Masterman, *The Nature of a Paradigm*, în *op. cit.*, p. 60.

propria reprezentare sinoptică. Doresc să propun, în schimb, un mod de a citi cartea. Pornesc de la supoziția că stâlpii de susținere a ideilor pe care le propune ea sunt conceptul de *paradigmă*, asociat cu cel de *știință normală*, ca rezolvare de *probleme puzzle*, precum și conceptul de *revoluție științifică*, asociat cu cel de *incomensurabilitate a paradigmelor*. Mi se pare că tratarea temelor desemnate prin aceste concepte ne îngăduie să identificăm elementele majore de noutate schițate în cartea lui Kuhn, precum și sursa principală a neînțelegerilor pe care le întâlnim adesea în considerațiile criticilor ei. Totodată, intenționez să prezint și să comentez reelaborarea unora dintre aceste concepte, îndeosebi a celui de *incompatibilitate* în scrierile mai târzii ale lui Kuhn.¹⁷

O citire corectă a cărții lui Kuhn depinde în primul rând de înțelegerea conceptului ei central — *paradigma*. Prefața conține o indicație importantă în această privință. Kuhn relatează experiența pe care a câștigat-o datorită unei burse care i-a permis să petreacă un an într-un centru de studii avansate în științele sociale. Familiarizat cu practica cercetării în fizică, o știință care a atins stadiul maturității în multe din disciplinele sale cu secole mai înainte, el a fost surprins să constate că între cercetătorii din științele sociale nu există un acord minim asupra unor chestiuni fundamentale cum

¹⁷ Prima ediție a *Structurii revoluțiilor științifice* a apărut în anul 1962. A doua ediție din 1970 nu cuprinde modificări semnificative ale textului inițial. Kuhn îi adaugă însă un cuprinzător *Post-scriptum*. Lucrări publicate de Kuhn în anii '80 și îndeosebi la începutul anilor '90 conțin clarificări și dezvoltări importante care vizează teme centrale ale cărții. Aceste dezvoltări constituiau baza unei noi cărți pe care, din nefericire, Kuhn nu a putut-o încheia. Este important de reținut că după 1980 Kuhn nu a mai publicat lucrări de istoria științei, concentrându-și preocupările asupra problematicei ce stă în centrul *Structurii revoluțiilor științifice*. În textul publicat în volumul omagial care a apărut în 1993, Kuhn precizează: „Pot să spun mai mult despre acestea (tranzițiile de la o paradigmă la alta și semnificația cognitivă a acestor tranziții — n. mea, M. F.) și despre subiecte legate de ele, iar cartea la care lucrez în prezent va spune multe despre ele. Evident, nu pot nici cel puțin să schițez aici conținutul cărții, dar pot să utilizez libertățile pe care mi le oferă poziția mea de comentator pentru a sugera cât îmi stă în putință cum a evoluat punctul meu de vedere în anii ce s-au scurs de la publicarea *Structurii*.” (*Afterwords*, în *op. cit.*, p. 314.)

ar fi recunoașterea problemelor importante și evaluarea soluțiilor date acestor probleme. „Încercarea de a descoperi sursa acestor diferențe — scrie Kuhn — m-a condus la recunoașterea rolului pe care îl joacă în cercetarea științifică «paradigmele», cum le-am numit de atunci. Paradigmele sunt realizări științifice universale recunoscute care, pentru o perioadă, oferă probleme și soluții model unei comunități de practicieni.“ Constatarea fundamentală care l-a condus pe Kuhn la introducerea conceptului a fost, prin urmare, aceea că cercetătorii dintr-o disciplină științifică matură au ajuns la un consens cuprinzător nu pe baza unor definiții și reguli, ci sprijinindu-se pe exemple concrete de formulare și rezolvare a problemelor, exemple pe care și le însușesc în procesul pregătirii lor pentru activitatea de cercetare. Acele grupuri de cercetători a căror activitate relevă un acord cuprinzător asupra problemelor, a însemnătății lor relative și asupra soluțiilor acestor probleme împărtășesc, de obicei, câteva paradigme. Paradigmele au fost cuprinse mai întâi în cărți pe care toți membrii unui grup științific le cunoșteau bine. Ele prezentau acele realizări științifice ce serveau membrilor grupului pentru a-și modela după ele propria lor cercetare și pentru a evalua propriile lor realizări. Mai târziu, aceste soluții concrete de probleme au fost preluate în manualele și tratatele disciplinelor științifice mature. Mai înainte de câștigarea unei prime paradigme, diferite domenii ale cercetării naturii prezentau un tablou foarte asemănător cu cel caracteristic pentru filozofie, arte și încă pentru multe domenii ale științelor sociale și ale disciplinelor umaniste din zilele noastre. Lipsa acordului asupra fundamentelor se exprima cel mai clar în competiția dintre diferite școli. Kuhn semnalează, bunăoară, că la sfârșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea existau aproape tot atâtea puncte de vedere asupra naturii electricității câți experimenatori importanți. „Într-un anumit moment al timpului, între 1740 și 1780, cercetătorii electricității, ca grup, au câștigat ceea ce astronomii dobândiseră în Antichitate, cercetătorii mișcării în Evul Mediu, cei ai opticii fizice în secolul al XVII-lea și ai geologiei istorice în secolul al XIX-lea.“¹⁸

¹⁸ Th. S. Kuhn, *Scientific Paradigms*, în (ed.) B. Barnes, *Sociology of Science*, Penguin Books, Middlesex, 1970, pp. 90–91.

Paradigmele, ca realizări științifice ce oferă modele de formulare și rezolvare de probleme unui grup de cercetători, constituie entități complexe ce cuprind elemente de natură teoretică, instrumentală și metodologică. Cunoașterea cuprinsă într-o paradigmă, spre deosebire de cunoașterea formulată prin enunțuri și teorii științifice, este în mare măsură una *tacită*. Aceasta înseamnă că membrii unui grup disciplinar pot să se conducă în formularea și soluționarea problemelor după realizări științifice concrete fără să poată indica și fără să trebuiască să indice care sunt acele caracteristici ale unor asemenea realizări ce le conferă acestora statutul de paradigme.¹⁹ Caracterul tacit al cunoașterii cuprinse în paradigme este pus în evidență de observația că paradigmele și problemele formulate și soluționate de cercetători pe baza acestor paradigme întrețin între ele o asemănare de felul celei care există între membrii unei familii naturale, de exemplu, între membrii diferitelor specii de copaci sau diferitelor specii de câini. Ceea ce Kuhn numește o *familie naturală* este o clasă ai cărei membri se aseamănă unul cu celălalt mai mult decât se aseamănă cu membrii altor familii naturale.²⁰ Cunoașterea tacită cuprinsă în paradigme este de același tip cu cea pe care o câștigăm prin contactul repetat cu anumiți membri ai unei familii naturale, acea cunoaștere pe baza căreia reușim să stabilim într-un mod neproblematic apartenența unor configurații din câmpul vizual la o anumită familie naturală și să aplicăm astfel în mod corect un termen generic, fără să putem spune însă care sunt toate acele trăsături care disting membrii unei familii naturale de membrii alteia. Cercetătorul reușește adesea să modeleze formularea și rezolvarea problemei ce îi stă în față conducându-se după o paradigmă fără să aibă nevoie să știe și să poată spune în ce constă asemănarea dintre problema lui și paradigma după care se conduce.²¹

¹⁹ Capitolul V, intitulat „Prioritatea paradigmatelor“, care tratează această temă, mi se pare esențial pentru o bună înțelegere a cărții.

²⁰ Pentru dezvoltări, vezi îndeosebi „Logica descoperirii sau psihologia cercetării?“ și „Noi reflecții despre paradigmă“, în volumul *Tensiunea esențială*.

²¹ „Studentii în fizică spun cu regularitate că au citit până la capăt un capitol din manual, l-au înțeles perfect, dar cu toate acestea au avut dificultăți

Remarcând nu o dată că *paradigma* este unul din conceptele cele mai puțin înțelese ale cărții sale, Kuhn admite că răspunderea pentru recepția lui defectuoasă îi aparține, cel puțin în parte. Iată ce scrie el cu privire la multitudinea de sensuri în care a folosit termenul în *Structura revoluțiilor științifice*: „Începând pur și simplu ca soluții exemplare de probleme, ele (paradigmele — n. mea, M. F.) și-au extins imperiul pentru a include mai întâi cărțile clasice în care au apărut inițial aceste exemple acceptate și, în cele din urmă, întregul set de exemple împărtășite de către membrii unei comunități științifice. Acest sens mai larg al termenului este singurul de care au luat cunoștință cei mai mulți cititori ai cărții mele, și rezultatul inevitabil a fost confuzia; căci multe dintre cele ce se afirmă acolo despre paradigme se aplică doar sensului inițial al termenului. Deși ambele sensuri mi se par importante trebuie să facem o distincție între ele, iar termenul «paradigmă» este adecvat numai pentru primul sens. Evident, eu am creat dificultăți inutile multor cititori.”²² Tocmai cunoașterea tacită cuprinsă în paradigme asigură acea comunicare remarcabil de bună și de întinsă între membrii unui grup disciplinar care explică evaluările lor pronunțat convergente cu privire la însemnătatea relativă a problemelor și cu privire la valoarea soluțiilor propuse pentru aceste probleme. Comunicarea cea mai intensă și mai deplină există între membrii unor grupuri foarte mici care se întâlnesc la cursuri de vară și mese rotunde și își trimit unii altora *preprinturile* lucrărilor lor.²³

la rezolvarea problemelor de la sfârșitul capitolului. Aproape invariabil dificultatea constă în a formula ecuațiile potrivite, în a corela cuvintele și exemplele date în text cu problemele speciale pe care le au de rezolvat. În mod obișnuit aceste dificultăți se rezolvă în același fel. Studentul descoperă o cale de a vedea problema ca pe o problemă pe care a mai întâlnit-o. Odată observată această asemănare sau analogie, mai rămân doar dificultăți tehnice. Același *pattern* se observă în mod clar în istoria științei. Oamenii de știință modelează soluția unei probleme după alta, adesea doar cu apel minim la generalizări simbolice.” (*Tensiunea esențială*, p. 346.)

²² *Tensiunea esențială*, pp. 45–46.

²³ Vezi în această privință *Tensiunea esențială*, pp. 337–338. Răspunzând criticilor săi, Kuhn face precizări importante în această privință: „Comunități tipice, cel puțin pe scena științifică contemporană, pot avea o sută de membri,

Formularea și rezolvarea de probleme pe baza cunoașterii tacite cuprinse în paradigme constituie ceea ce Kuhn numește *știință normală* sau *cercetare normală*. Termenul *normal* pare să aibă, în acest context, două sensuri. Mai întâi, este vorba de acea activitate profesională pe care chiar și cercetătorii de cel mai înalt rang o desfășoară în cea mai mare parte a carierei lor. În al doilea rând, expresia desemnează acel tip de activitate care ilustrează cel mai bine natura științei care a ajuns la maturitate. Altfel spus, *știința normală* este știința prin excelență. Problemele științei normale sunt probleme ce pot fi rezolvate de cercetători cu mijloacele conceptuale și instrumentele cuprinse în paradigmele grupului științific. Kuhn va caracteriza tipul de probleme formulate și rezolvate în cercetarea normală drept *probleme puzzle*.²⁴ O problemă puzzle prezintă câteva caracteristici distinctive. Pe de o parte, cunoașterea tacită cuprinsă în paradigme îl asigură pe cercetător că problema are o soluție. Pe de altă parte, găsirea soluției este dificilă, adică pretinde o perspicacitate și o inventivitate ieșite din comun. O problemă puzzle poate reprezenta o provocare pentru cei mai calificați cercetători, nu în sensul că soluția ei implică descoperirea a ceva necunoscut, ci datorită dificultății de a obține un rezultat ce poate fi, în linii generale, anticipat. Prin acest contrast dintre posibilitatea de a anticipa natura soluției și dificultatea adesea ieșită din comun a găsirii acestei soluții, problemele *puzzle* se aseamănă cu jocurile în care copilul reconstruiește o imagine coerentă combinând diferitele fețe ale unor cuburi sau cu problemele de șah. Ceea ce caracterizează o știință care a atins stadiul maturității, afirmă Kuhn, este tocmai faptul că problemele ei sunt probleme *puzzle*, adică probleme pe care cercetătorii într-adevăr ingenioși vor reuși până la urmă să le rezolve. Iar în măsura în care asemenea probleme rezistă eforturilor îndelungate ale unor

uneori un număr semnificativ mai mic. Indivizii, în mod deosebit cei mai capabili, pot aparține mai multor asemenea grupuri, fie în mod simultan, fie în mod succesiv, și ei își vor schimba sau cel puțin ajusta felul de a gândi atunci când trec de la unul la celălalt.” (*Reflections on My Critics*, în *op. cit.*, p. 253.)

²⁴ „Oamenii de știință rezolvă *puzzles*, modelându-le după soluția unora anterioare, adesea recurgând extrem de puțin la generalizări simbolice.”

cercetători reputați, rezolvarea lor va conferi un înalt prestigiu profesional celui ce a găsit-o.

Kuhn subliniază că un domeniu al cercetării științifice va progresa în mod rapid și sistematic abia atunci când existența unor paradigme va conferi problemelor ce stau în fața cercetătorului caracterul de probleme *puzzle*. Asemenea probleme sunt cele pe care le ridică realizarea unui acord mai bun între teorie și datele observației sau experimentului printr-o activitate ce urmărește ajustarea lor reciprocă, precum și problemele pe care le pune extinderea unor corelații legice sau practici instrumentale în zone în care este de așteptat ca ele să se aplice. „În condiții normale, cercetătorul științific nu este un inovator, ci un om care rezolvă probleme (*puzzles*), iar problemele asupra cărora se concentrează sunt tocmai acelea despre care el este convins că pot fi atât formulate, cât și rezolvate în cadrul tradiției științifice existente.”²⁵ Această caracterizare a activității cercetătorilor într-o disciplină științifică matură implică o consecință importantă. Nereușitele în soluționarea unor probleme ale științei normale vor fi atribuite cercetătorilor, și nu paradigmelor pe care se sprijină ei. În cercetarea normală, ca formulare și rezolvare de probleme *puzzle*, sunt testați cercetătorii și nu paradigmele după care se conduc ei. Fără îndoială că în caracterizarea problemelor științei normale Kuhn a fost condus de o cunoaștere dinăuntru a practicii cercetării. Este tipul de experiențe pe care nu le pot avea, de regulă, filozofii științei, ținând seama de particularitățile formației lor profesionale. Este, prin urmare, de așteptat ca cercetătorii care lucrează astăzi în discipline științifice mature să recunoască în caracterizarea pe care o dă Kuhn științei normale lucruri ce le sunt familiare, în timp ce mulți filozofi ai științei care socotesc teoria științifică, și nu paradigma, drept unitatea fundamentală de cunoaștere și evaluare vor întâmpina greutăți în reconstruirea fidelă a punctului de vedere al lui Kuhn.²⁶ Kuhn însuși credea că neînțelegerea a ceea ce are

²⁵ *Tensiunea esențială*, p. 276.

²⁶ M. Masterman observă, în acest sens, că *Structura revoluțiilor științifice* este o carte „în același timp perspicace din punct de vedere științific și obscură din punct de vedere filozofic” și remarcă apoi că „în măsura în care el descrie

în vedere atunci când caracterizează știința normală a fost una din sursele majore ale prezentării deformate a poziției sale și a multora dintre controversile pe care le-a stârnit cartea lui. Bunăoară Karl Popper, unul din criticii cei mai intransigenți ai concepției kuhniane asupra naturii științei, înțelege cercetarea normală drept acea cercetare în care ar lipsi spiritul critic și o caracterizează drept un pericol pentru știință. Popper se îndoiește că acei oameni pe care îi reține istoria științei ar fi practicat cercetarea normală în sensul lui Kuhn. El afirmă că renunțarea la discuția critică ar marca sfârșitul științei, în sensul autentic al termenului.²⁷ Oricine înțelege conceptul kuhnian al științei normale ca formulare și rezolvare de probleme *puzzle* va fi de acord că asemenea observații nu își ating ținta. Ele se susțin doar atât timp cât vom identifica știința normală, cercetarea condusă de paradigme, cu cercetarea bazată pe teorie. Or, nu puțini dintre criticii lui Kuhn au folosit și folosesc expresiile *paradigmă* și *știință normală*, respectiv *teorie* și *cercetare bazată pe teorie* drept echivalente. Un exemplu în acest sens ne oferă un articol recent al filozofului american Tim Maudlin. El formulează ceea ce consideră a fi „obiecția externă cea mai evidentă împotriva analizei propuse de Kuhn” în termenii următori: „...o teorie este adoptată de obicei pe baza datelor empirice și nu, cel puțin în mod direct, în funcție de capacitatea ei de a rezolva probleme.”²⁸ Kuhn

fapte familiare pentru cercetători, ei găsesc ceea ce afirmă el drept ușor de înțeles”, în timp ce „în măsura în care același material este străin și nefamiliar pentru filozofii științei, ei găsesc orice considerații bazate pe acest material drept opace” (M. Masterman, *op. cit.*, pp. 59–60).

²⁷ Vezi K. R. Popper, „Normal Science and its Dangers”, în *Criticism and the Growth of Knowledge*, îndeosebi pp. 53–55. Watkins vorbește de ciocnirea dintre punctul de vedere al lui Kuhn, potrivit căruia comunitatea științifică este „o societate închisă, scuturată intermitent de prăbușiri nervoase colective urmate de restabilirea uniunii mintale, și punctul de vedere al lui Popper potrivit căruia comunitatea științifică trebuie să fie și este în mod real o societate deschisă în care nici o teorie, cât ar fi ea de dominantă și încununată de succes, nici o *paradigmă*, pentru a folosi termenul lui Kuhn (subl. mea M. F.), nu este vreodată inviolabilă.” (J. Watkins, *op. cit.*, p. 26.)

²⁸ T. Maudlin, „Kuhn édenté: incommensurabilité et choix entre théories”, în *Revue philosophique de Louvain* nr. 3/1996, p. 442. Și alte

însuși a favorizat această confuzie majoră prin destule inconsecvențe de ordin terminologic ce pot fi întâlnite în cartea sa.²⁹ În *Structura revoluțiilor științifice* există, desigur, alte pasaje care indică în mod clar că baza practicii științei normale nu este teoria, ca sistem de enunțuri, adică drept unitate pur lingvistică, ci ceva mai complex — paradigma. Unele dintre componentele acesteia din urmă nu pot fi explicitate fără pierderi esențiale în limbajul unei discipline științifice. La începutul capitolului VIII, intitulat *Răspunsul la criză*, Kuhn arată în mod clar că expresia *știință normală* desemnează cercetarea condusă de paradigme, și nu încercări de a aplica o teorie, încercări care ar putea fi privite drept încercări de confirmare sau infirmare a teoriei: „Știința normală se străduiește permanent să realizeze o corespondență cât mai bună între teorie și fapte. În realitate, obiectivul ei este rezolvarea unui *puzzle* pentru a cărui simplă existență trebuie presupusă validitatea paradigmei.”³⁰ Insistând asupra faptului că identificarea paradigmei cu teoria zădărnicește înțelegerea corectă a nucleului concepției lui Kuhn asupra științei, Margaret Masterman va sublinia că paradigmele nu sunt configurații în mod esențial lingvistice, ci realizări științifice concrete ai căror constituenți de natură teoretică și instrumentală nu pot fi separați, și cu atât mai puțin pe deplin explicați. Tocmai asemenea realizări științifice concrete îi ghidează

formulări ale autorului indică fără posibilitate de dubiu că el acceptă identificarea *teoriei științifice* cu *paradigma* drept ceva neproblematic. Iată doar una dintre ele: „Nu este întâmplător că Thomas Kuhn prezintă alegerea unei *teorii* (sau a unei *paradigme*) (subl. mea — M. F.) ca alegere a unei forme de viață” (*op. cit.*, p. 438).

²⁹ Bunăoară, în Capitolul II, „Calea spre știința normală”, Kuhn scrie cu referire la B. Franklin: „Reușita explicației sale a fost cel mai convingător argument care a făcut din teoria sa o paradigmă. Pentru a fi acceptată ca paradigmă, o teorie trebuie să pară superioară rivalelor sale.” Derutante sunt de asemenea referirile la „teorii științifice ce au dobândit statutul de paradigmă”. Asemenea exprimări sugerează că paradigma nu ar fi nimic altceva decât teoria dominantă acceptată la un moment dat de comunitatea cercetătorilor dintr-o anumită disciplină științifică.

³⁰ Cea mai susținută analiză a deosebirilor dintre știința normală, ca cercetare condusă de paradigme, și aplicarea teoriei poate fi găsită în textul „Noi reflecții despre paradigme” din volumul *Tensiunea esențială*.

pe membrii unui grup științific în formularea unor probleme noi și stau la baza evaluării convergente pe care o dau aceștia soluțiilor propuse. Paradigma, în sens sociologic, scrie Masterman, „este, așadar, ceva anterior teoriei și altceva decât teoria, întrucât este ceva concret și observabil. Iar paradigma lui (a lui Kuhn — M. F.), ca un construct, este mai puțin decât teoria, deoarece ea poate fi ceva tot atât de puțin teoretic cum este o singură piesă a unui aparat; adică ceva ce poate genera producerea unei soluții reale a unui *puzzle*.”³¹

Dintre implicațiile de ordin filozofic ale caracterizării kuhniene a științei normale, ca cercetare bazată pe paradigmă, două merită să fie în mod deosebit amintite.

Mai întâi, cercetarea bazată pe paradigme este caracterizată drept acea trăsătură care distinge *cunoașterea științifică*, în sensul cel mai restrictiv al acestei expresii, în raport cu alte forme majore ale creației intelectuale și spirituale.³² Câștigarea unei prime paradigme transformă un număr mai mic sau mai mare de cercetători, care își propun să extindă și să aprofundeze cunoașterea noastră despre un anumit domeniu de fapte, într-un grup disciplinar, adică într-o comunitate care a depășit controversile asupra fundamentelor, concentrând eforturile convergente ale membrilor săi asupra unor probleme de tip *puzzle*. „Numai paradigma promovează o cercetare realmente eficientă: pe de o parte, pentru că prin încheierea disputelor dintre școli se pune astfel capăt reluării permanente a problemelor fundamentale; pe de altă parte, pentru că încrederea că se aflau pe calea cea mai bună îi încuraja pe oamenii de știință să întreprindă investigații mai precise, mai ezoterice

³¹ M. Masterman, „The Nature of a Paradigm”, în *op. cit.*, p. 67.

³² Kuhn afirmă într-un articol consacrat delimitării poziției sale față de teoria cunoașterii științifice a lui Popper că ceea ce făceau astrologii și medicii dintr-o epocă mai îndepărtată reprezintă *știință* în sensul strict al termenului nu fiindcă enunțurile lor nu ar fi fost falsificabile, ci deoarece „ei nu aveau nici un *puzzle* de rezolvat și în consecință nici o știință de practicat” (*Tensiunea esențială*, p. 317). În schimb, cercetătorii care aparțineau tradiției științifice numite *chimia filogisticului* erau oameni de știință în sensul deplin al cuvântului deoarece formulau și rezolvau probleme *puzzle* conducându-se după paradigme.

și mai îndelungate.“ În opoziție cu un punct de vedere care a fost dominant mult timp în filozofia științei de limbă engleză, Kuhn nu credea că există vreun criteriu logic care ar permite delimitarea enunțurilor științifice de speculații incontolabile.³³ La întrebarea care ar fi caracteristica ce indică transformarea unui domeniu de cercetare într-o știință într-un sens modern al termenului, răspunsul lui Kuhn va fi univoc: achiziția unei prime paradigme.

O a doua implicație majoră a caracterizării științei normale drept cercetare condusă de paradigme privește precizarea rolului și locului criticii într-o știință matură. Descrierea pe care o dă Kuhn științei normale se opune multor reprezentări populare asupra științei și a omului de știință. Acesta din urmă este prezentat adesea drept un căutător al adevărului care este deschis la minte și liber de orice idei preconcepționate. Se sugerează că singura constrângere sub care s-ar afla omul de știință ar fi cea exercitată de date ale experienței intersubiectiv controlabile și, eventual, de teorii acceptate. Kuhn susține, dimpotrivă, că exercițiul critic în știința matură va fi limitat în mod drastic prin însăși natura educației profesionale. În cercetarea normală, paradigmele precum și tradițiile de formulare și rezolvare de probleme *puzzle* pe care le inaugurează acestea constituie *baza*, și nu *obiectul criticii*. La capătul unei ucenicii care face dintr-o persoană un membru al unui grup științific disciplinar, o tradiție de cercetare normală va fi însușită și acceptată necritic. Cercetarea științifică reclamă, prin urmare, nu numai *gândire divergentă*, ci, în aceeași măsură, *gândire convergentă*³⁴. Obiect al criticii sunt doar soluțiile pe care le propun cercetătorii pentru probleme general recunoscute, și nu paradigmele care îi conduc pe aceștia în formularea și rezolvarea lor. Controversa asupra fundamentelor, ca și căutarea unor inovații majore, intervine doar

³³ „Conchid că protoștiințelor, la fel ca și artelor și filozofiei, le lipsește un anumit element care face posibilă forma cea mai evidentă a progresului. Acest element nu este, totuși, ceva ce poate fi oferit de o prescripție metodologică.“ (Th. S. Kuhn, *Reflections on My Critics*, în *op. cit.*, pp. 244–245.)

³⁴ Kuhn notează că „cercetarea normală, chiar aceea de cea mai bună calitate, este o activitate extrem de convergentă, bazată ferm pe un consens stabil dobândit prin învățământul științific și întărit prin activitatea ulterioară în profesie“ (*Tensiunea esențială*, p. 269).

în perioadele de criză care precedă și pregătesc înlocuirea unor paradigme cu altele. Aceasta este o imagine asupra naturii cercetării științifice diametral opusă celei consacrate îndeosebi prin scrierile lui Popper, autorul ce a conferit multă autoritate punctului de vedere că atitudinea critică ar fi definitorie pentru știință în genere. Kuhn o spune în mod explicit: „Într-un sens, ca să folosim termenii lui Sir Karl, tocmai abandonarea discuției critice marchează trecerea la știință. Odată ce un domeniu a făcut această tranziție, discuția critică re apare numai în perioadele de criză, când bazele domeniului respectiv sunt din nou în pericol.“³⁵ Și într-un alt loc: „«Revoluțiile permanente» pot deveni un imperativ ideologic important. Dacă Sir Karl și cu mine suntem în dezacord în genere în ceea ce privește știința normală, atunci dezacordul privește acest punct. El și grupul său argumentează că omul de știință trebuie să fie tot timpul un critic și un proliferator de teorii alternative. Eu susțin dezirabilitatea unei strategii alternative ce rezervă o asemenea comportare pentru ocazii speciale.“³⁶

Conservatorismul unei tradiții de cercetare normală nu poate fi, așadar, îndeajuns subliniat. De ce rezistă membrii unui grup disciplinar la sugestii de schimbare a paradigmei sale? Deoarece apără bazele vieții lor profesionale. Atât timp cât paradigmele conduc cu succes la formularea și rezolvarea unor noi probleme științifice general recunoscute, asemenea sugestii nu vor fi nici cel puțin examinate în mod serios. „Rezultă că dacă activitatea normală de rezolvare de *puzzle* ar fi întotdeauna încununată de succes, dezvoltarea științei nu ar duce, în genere, la inovații fundamentale.“³⁷ Nu există, pe de altă parte, indicații obiective clare care să ne îngăduie să stabilim dacă într-un moment, ce survine în dezvoltarea unei tradiții de rezolvare de probleme, eșecurile semnalează limitele capacității cercetătorilor sau faptul că paradigmele pe care se sprijină aceștia au încetat să mai funcționeze în mod satisfăcător. S-ar putea spune că divizarea grupului în cercetători conservatori și cercetători dispuși să ia în considerare o schimbare

³⁵ *Ibidem*, p. 314.

³⁶ *Reflections on My Critics*, în *op. cit.*, pp. 242–243.

³⁷ Th. S. Kuhn, *Scientific Paradigms*, în *op. cit.*, p. 98.

a fundamentelor este expresia acelei polarizări a opțiunilor ce survine în situații de accentuată incertitudine, situații în care așteptarea a ceea ce ar putea aduce viitorul reprezintă singura alternativă la decizii riscante. Kuhn apreciază că tocmai deoarece cerințele pe care trebuie să le satisfacă soluțiile problemelor cercetării normale pot fi atât de bine anticipate pe baza paradigmelor, dificultățile majore ce se ridică în calea găsirii acestor soluții fiind în special de ordin tehnic, cercetarea condusă de paradigme este o cale deosebit de eficientă pentru schimbarea acestora. Înșelarea persistentă a așteptărilor, în ciuda eforturilor concentrate ale celor mai calificați cercetători, precum și împuținarea succeselor, poate submina, în cele din urmă, convingerea lor că problemele ce le stau în față sunt probleme *puzzle*, și odată cu acestea încrederea în paradigme. În momentul în care o asemenea stare de spirit devine dominantă, cel puțin unii din membrii unui grup disciplinar vor putea lua în considerare o schimbare radicală a „uneltelor“, presupunând bineînțeles că „unelte“ noi au fost deja create. În capitolul „Răspunsul la criză“ Kuhn caracterizează reacțiile posibile ale membrilor unui grup disciplinar într-o asemenea situație în următoarele cuvinte: „Uneori, știința normală se dovedește până la urmă în stare să rezolve problema care a provocat criza, în ciuda disperării celor care văzuseră în ea sfârșitul paradigmei existente. În alte ocazii, problema rezistă chiar și unor abordări aparent cu totul noi. Atunci, oamenii de știință pot conchide că, în starea actuală a domeniului lor, nu se poate ajunge la nici o soluție. Problema este înregistrată și lăsată pe seama unei generații viitoare, înzestrată cu instrumente mai bune. Sau, în sfârșit, ...o criză se poate încheia prin apariția unui nou candidat la statutul de paradigmă și prin lupta care urmează pentru acceptarea sa.“

*

Cititorul va putea resimți această discuție insistentă a conceptelor kuhniene *paradigmă* și *cercetare normală*, ca și semnalarea repetată a receptiei lor inadecvate în literatura de specialitate, drept obositoare. În realitate, cu greu s-ar putea exagera

în această privință atât timp cât neînțelegerea lor adecvată este atât de răspândită.³⁸ Și mai important pare faptul că tocmai pe aceste concepte se sprijină caracterizarea atât de controversată pe care a dat-o Kuhn revoluției științifice, ca o alegere între alternative incomensurabile. Sugestia că portretul pe care îl face Kuhn episoadelor accentuat cumulative din evoluția unei discipline științifice mature ar putea fi acceptat drept unul veridic, în timp ce descrierea momentelor de discontinuitate, de ruptură, desemnate prin expresia *revoluție științifică*, ar trebui să fie respinsă, nu ne-ar putea conduce decât la concluzia puțin plauzibilă că acea concepție asupra științei care a fost fixată în *Structura revoluțiilor științifice* nu satisface cele mai elementare cerințe de coerență. O înțelegere corectă a conceptului științei normale — rezolvare de probleme *puzzle* condusă de paradigme — pare să fie prima condiție a unei lecturi satisfăcătoare a ultimelor capitole ale cărții, cele consacrate descrierii revoluțiilor științifice și deznodământului episoadelor revoluționare. Ne găsim în fața unei descrieri deosebit de provocatoare, care a suscitât reacții critice din cele mai vehemente. Laitmotive ce revin persistent în aceste reacții sunt acuzații de iraționalism, subiectivism, relativism, subminare a autorității cognitive a științei, estomparea sau chiar ștergerea unora din contururile ce disting evoluția științei de evoluția altor domenii de activitate creatoare cum ar fi filozofia sau artele. Kuhn și-a exprimat nu o dată uimirea pe care i-o stârneau asemenea critici și a subliniat, nu o dată cu ironie, că mulți din criticii săi par să fi citit o altă carte și să se lupte, prin urmare, cu un om de paie.³⁹

³⁸ Semnificative în această privință sunt criticile formulate de filozoful american Larry Laudan, care crede, ca și Kuhn, că teoria cunoașterii științifice trebuie așezată pe fundamentul ferm pe care îl oferă datele istoriei științei și examinarea practicii cercetării din zilele noastre. Trecerea timpului nu a schimbat câtuși de puțin situația, așa cum se poate constata comparând prezentarea poziției lui Kuhn în cartea mai veche a lui Laudan, *Progress and its Problems* (1977), și în cea recentă, *Beyond Positivism and Relativism* (1996).

³⁹ „Sunt tentat să postulez existența a doi Thomas Kuhn. Kuhn₁ este autorul acestui text și a unui alt articol de la începutul volumului de față. (Este vorba de „Logica descoperirii sau psihologia cercetării?“), un articol în care Kuhn delimitează punctul său de vedere asupra naturii cunoașterii

Kuhn a apreciat, totodată, că problematica tratată în aceste capitole suportă precizări, nuanțări și chiar noi elaborări și dezvoltări în anumite direcții. Acestei problematici el i-a consacrat, de fapt, ultimii 10–15 ani ai vieții sale. Referindu-se la caracterizarea pe care a dat-o, în controversata sa lucrare publicată în 1962, revoluției științifice drept o alegere între alternative incommensurabile, Kuhn va scrie treizeci de ani mai târziu: „Și chiar pentru cei ce au înțeles intenția mea, cartea spune puține lucruri de natură constructivă cu privire la modul cum are loc tranziția dintre stadii succesive și despre ceea ce ar putea constitui semnificația ei cognitivă. Pot să tratez acum mai bine aceste subiecte, și altele legate de ele, iar cartea la care lucrez în prezent va avea multe de spus despre ele.”⁴⁰

Voi aminti doar câteva din motivele ce domină descrierea dată revoluțiilor științifice în *bestseller*-ul lui Kuhn, insistând asupra direcției evoluției ideilor sale, așa cum se întrevede ea în textele mai târzii.

Revoluțiile științifice sunt episoade excepționale în evoluția unei științe mature, episoade în care paradigma sau paradigmele unui grup disciplinar sunt înlocuite cu altele. Revoluțiile științifice inaugurează astfel noi tradiții de cercetare normală. Acele schimbări radicale ale opțiunilor profesionale pe care le aduc cu sine revoluțiile științifice conduc, de regulă, la divizarea unor grupuri și comunități disciplinare, precum și la apariția unor grupuri noi. Odată cu aceasta, are loc o schimbare a problemelor științifice socotite legitime, precum și a evaluării urgenței și însemnătății

științifice de cel formulat în lucrările lui Karl Popper — nota mea — M. F.). El a mai publicat o carte intitulată *Structura revoluțiilor științifice*, despre care discută el și doamna Masterman. Kuhn₂ este autorul altei cărți cu același titlu. Este cel citat aici în mod repetat de către Sir Karl Popper, ca și de profesorii Feyerabend, Lakatos, Toulmin și Watkins. Că ambele cărți poartă același titlu nu poate fi un fapt cu totul accidental pentru că punctele de vedere pe care le prezintă ele se suprapun adesea și sunt, în orice caz, exprimate în aceleași cuvinte. Trebuie însă să conchid că preocupările lor centrale sunt de obicei foarte diferite. Așa cum este prezentat de criticii săi, Kuhn₂ pare să facă, din când în când, afirmații ce răstoarnă aspecte esențiale ale poziției schițate de cel cu același nume“ (*Reflections on My Critics*, în *op. cit.*, p. 231).

⁴⁰ Th. S. Kuhn, *Afterwords*, în *op. cit.*, p. 314.

relative a problemelor recunoscute. Schimbarea de perspectivă pe care o aduce revoluția științifică în comunitatea practicienilor cercetării este comparată de Kuhn cu schimbarea *gestalt*-ului vizual: pus în fața acelorași configurații, privitorul va putea recunoaște în ele lucruri esențial diferite.

În tranziția revoluționară are loc, prin urmare, o transformare a lumii în care este efectuată cercetarea științifică, în sensul că oamenii de știință văd lucruri noi când examinează același domeniu de obiecte folosind aceleași instrumente.⁴¹ O asemenea schimbare este comparată cu schimbarea ce survine în modul de a vedea și de a gândi al omului care se convertește. Această analogie, ca și compararea revoluțiilor științifice cu revoluțiile politice vor deveni ținte predilecte ale criticilor lui Kuhn. Mulți dintre aceștia nu acordă atenția cuvenită distincției dintre revoluțiile științifice, ca schimbări ale paradigmelor cercetării, și revelațiile științifice înțelese drept tranziții de la o teorie fundamentală la alta. Și totuși, Kuhn nu obosește să-și prevină cititorii în această privință. O înlocuire a exemplurilor concrete de rezolvare a problemelor ce conduc cercetarea, subliniază el, va fi resimțită drept revoluționară doar de membrii unui grup disciplinar uneori foarte restrâns. Kuhn scria, în *Post-scriptum*-ul cărții sale, că o asemenea schimbare „nici nu trebuie să pară revoluționară celor din afara unei singure comunități, compuse poate din mai puțin de douăzeci și cinci de oameni“. Pentru aceștia se schimbă, înainte de toate, acele exemple concrete de formulare și rezolvare a problemelor care îi conduc în stabilirea asemănărilor ce fac posibilă gruparea sub anumite concepte a obiectelor și situațiilor pe care le examinează. Ceea

⁴¹ Iată doar câteva considerații asupra acestei teme, care pot fi găsite la începutul capitolului X: „Ceea ce erau rațe în lumea omului de știință sunt iepuri după revoluție... Privind la o fotografie luată într-o cameră cu bule, studentul vede linii confuze și întrerupte, iar fizicianul o înregistrare a unor evenimente subnucleare elementare... lumea în care intră atunci studentul este determinată împreună de mediu și de o anumită tradiție de știință normală în care el a fost pregătit să lucreze. De aceea, în perioada de revoluție, când se schimbă tradiția de știință normală, modul în care omul de știință își percepe mediul trebuie reeducat... în unele situații familiare, el trebuie să învețe să vadă un nou *gestalt*.“

ce se schimbă în primul rând, așadar, este cunoașterea tacită cuprinsă în paradigme, acea cunoaștere care face posibilă surprinderea și utilizarea de către cercetători a apropiierilor neaparente între probleme științifice distincte, atunci când ei nu pot da un răspuns la întrebarea „asemănător în raport cu ce?”.⁴² Acestea sunt precizări deosebit de importante. Dacă *revoluțiile științifice*, în sensul mai tradițional și popular al acestei expresii, sunt evenimente excepționale, apoi în descrierea pe care le-o dă Kuhn ele apar drept o trăsătură constantă a dezvoltării gândirii științifice.

În ultima parte a vieții sale active, Kuhn și-a concentrat eforturile spre clarificarea și explicarea a ceea ce a avut în vedere atunci când a caracterizat revoluția științifică drept o alegere între alternative incommensurabile. El va caracteriza ideea incommensurabilității tradițiilor de cercetare despărțite printr-o revoluție științifică drept subiectul cel mai puțin clarificat în cartea sa, deși acest subiect a stat în centrul controverselor pe care le-a iscat cartea. Din acest unghi de vedere, *Structura revoluțiilor științifice* a putut fi apreciată drept o prezentare a unui proiect de cercetare aflat într-un prim stadiu al elaborării sale.⁴³

Kuhn aprecia retrospectiv că descoperirea incommensurabilității tradițiilor de cercetare ce se succedă în evoluția unei discipline mature a fost primul pas în elaborarea concepției pe care a schițat-o în cartea sa. Iar în ultimii ani ai vieții, el a caracterizat incommensurabilitatea drept „inovația centrală” pe care o propune cartea.⁴⁴ Această afirmație este o recunoaștere a faptului că tocmai sâmburelele tare de noutate al cărții a fost elaborat și clarificat în cea mai mică măsură. Considerații destul de fugitive, cuprinse în capitolul XII intitulat „Deznodământul revoluțiilor”, se încheie cu o concluzie care le-a apărut de-a dreptul scandalosă multora din criticii cărții lui Kuhn: „Tocmai pentru că este o tranziție între incommensurabile, trecerea de la o paradigmă la o alta rivală nu poate

⁴² Vezi în această privință *Reflections on My Critics*, în *op. cit.*, pp. 274–276 și, îndeosebi, articolul „Noi reflecții despre paradigme” din volumul *Tensiunea esențială*.

⁴³ Vezi J. Z. Buchwald, G. E. Smith, *Thomas Kuhn, 1922–1996*, p. 368.

⁴⁴ Vezi *Afterwords*, în *op. cit.*, pp. 314–315.

fi făcută pas cu pas, constrânsă de logică și de o experiență neutră.” În cele ce urmează, voi încerca să arăt că o asemenea afirmație poate fi înțeleasă în feluri sensibil diferite.

Termenul *incommensurabilitate* este folosit în matematică pentru a denumi relația dintre mărimi ce nu pot fi comparate în termenii unei unități de măsură comune. În elaborări cuprinse în lucrări mai târzii, Kuhn utilizează termenul cu deosebire pentru a desemna un anumit tip de relație dintre limbajele cercetătorilor care lucrează conducându-se după paradigme diferite.⁴⁵ Incommensurabilitatea paradigmelor este una *locală* deoarece mulți dintre termenii limbajului sunt folosiți în același fel de către oamenii ce practică cercetarea pe baza unor paradigme incommensurabile. Doar un mic grup de termeni ce vor fi definiți, de regulă, unul prin celălalt, precum și propozițiile în care apar vor avea utilizări esențial diferite în cele două limbaje. Aceștia sunt termenii care nu vor putea fi traduși într-un mod satisfăcător în limbajul cercetătorilor care adoptă o altă paradigmă. Rezultă că istoricii științei nu vor putea să descrie în mod adecvat teoriile și paradigmele din trecutul unei discipline în limbajul ei actual, tot așa cum antropologii de teren nu reușesc să redea fără pierderi și deformări toate caracteristicile unei culturi exotice în limbajul formei de viață căreia îi aparțin. În acest punct al argumentării sale, Kuhn insistă asupra distincției dintre *traducere* și *interpretare*. Cel care traduce stăpânește ambele limbaje și și propune să producă în unul dintre ele un text perfect echivalent din punctul de vedere al folosirii expresiilor cu cel pe care îl traduce. Istoricii științei sau antropologii de teren nu sunt, prin urmare, traducători, ci interpreți. Interpretul cunoaște un limbaj și se străduiește să învețe un altul, formulând în limbajul pe care îl cunoaște ipoteze asupra folosirii expresiilor în celălalt limbaj,

⁴⁵ Referindu-se la componentele teoretice ale paradigmelor, Kuhn scrie: „Aplicând termenul «incommensurabilitate» la teorii am vrut doar să insist asupra faptului că nu există un limbaj comun în cadrul căruia ambele să poată fi complet exprimate și care să poată fi folosit, ca urmare, în compararea punct cu punct a teoriilor.” (Th. S. Kuhn, „Schimbarea teoriei ca schimbare de structură”, în antologia *Istoria științei și reconstrucția ei conceptuală*, selecție și traducere de I. Pârvu, Editura științifică și enciclopedică, 1981, p. 482.)

pe baza observării comportării vorbitorilor acestuia. Tocmai deoarece organizarea conceptuală pe care o primesc experiențele vorbitorilor în două limbaje poate fi sub anumite aspecte esențial diferite, interpretul nu va putea traduce în limbajul său toate expresiile din limbajul pe care încearcă să-l învețe. În acest caz, cele două limbaje vor fi caracterizate drept *incomensurabile*. Limbajul chimiei flogisticului este, bunăoară, incomensurabil cu limbajul actual al chimiei în sensul că nu toate expresiile primului limbaj pot fi traduse în cel de al doilea. Istoricul științei, în calitate de interpret, poate formula în limbajul științific actual ipoteze cu privire la referința unor termeni ai limbajului vechii teorii, procedând într-un mod asemănător cu modul în care procedează antropologul de teren care observă comportarea lingvistică a băștinașilor. Traducând un text reprezentativ scris în limbajul chimiei flogisticului, istoricul științei va trebui să lase anumite spații goale. Prin urmare, textul pe care îl va produce nu va putea fi socotit o *traducere* în sensul strict al termenului.⁴⁶ Iată și un alt exemplu. În mecanica lui Newton, folosirea corectă a termenilor *masă* și *forță* este legată de învățarea legii a doua, care formulează o anumită relație între acești termeni. Termenii nu vor putea fi traduși în limbajul mecanicii relativiste, un limbaj în care legea a doua a lui Newton nu mai este valabilă. Concluzia lui Kuhn este, așadar, că istoricul științei nu *traduce*, ci *interpretează* texte științifice mai vechi. Acesta trebuie mai întâi să învețe să citească aceste texte pentru a-i învăța și pe alții să le citească.⁴⁷ (Este ceea ce a realizat tânărul Kuhn atunci când a învățat să citească *Fizica* lui

⁴⁶ Ph. Kitcher, unul din criticii tezei incomensurabilității, observă că referința termenului „flogistic” ar putea fi redată în limbajul actual, în unele contexte prin expresia „substanță emanată de corpurile care ard”, în alte contexte prin „principiul metalizator”, și în alte contexte prin alte expresii ale limbajului științific de astăzi. Va trebui să redăm, așadar, referința uneia și aceleiași expresii a limbajului chimiei flogisticului prin expresii diferite. Aceeași este și situația altor termeni ce pot fi definiți doar în relație cu termenul „flogistic”. Rezultă că ceea ce vom obține va fi mai puțin decât o traducere.

⁴⁷ Vezi Th. S. Kuhn, *Comensurability, Comparability, Communicability*, P.S.A., vol. 2, 1983, p. 677.

Aristotel.) Limbajele tradițiilor de cercetare ce se succedă în istoria unei discipline științifice sunt purtătoarele unor rețele conceptuale parțial diferite, a unor moduri local diferite de a organiza experiențele. Ele divid în mod diferit una și aceeași lume. În acele locuri în care taxonomiile acestor limbaje nu sunt identice, o comunicare deplină între cei ce lucrează în cadrul acestor tradiții nu mai este posibilă. Pentru a se face mai bine înțeles, Kuhn subliniază că există disparități conceptuale, așadar incomensurabilitate, chiar și între mici porțiuni ale limbajelor naturale vorbite de comunități foarte apropiate din punct de vedere cultural, cum sunt cele ale vorbitorilor englezei și francezei. Un cuvânt francez ca *esprit* nu va putea fi tradus într-un mod deplin satisfăcător în engleză. Echivalente pentru el, în diferite contexte, sunt *spirit*, *aptitude*, *intelligence*, *judgement*, *wit* și alte expresii. Traducătorul va prefera una sau alta din aceste expresii, pierzând astfel unele nuanțe ale cuvântului francez. Iar explicațiile pe care le va da pentru a justifica modul în care traduce acest cuvânt, într-un context sau altul, nu vor fi părți ale traducerii sale.⁴⁸ Ca și în viața de fiecare zi, în știință folosirea cuvintelor se învață prin raportare la situațiile concrete în care ele sunt folosite precum și prin raportare la alte cuvinte. În măsura în care rețelele conceptuale sau taxonomiile a două limbaje nu se suprapun în mod complet, traducerea satisfăcătoare a unuia în celălalt nu va fi posibilă. Un alt limbaj va putea fi însă învățat urmărind cu atenție felul în care sunt folosite expresiile, adică procedând așa cum procedează copiii când învață limba maternă. Într-o asemenea situație se vor afla nu numai istoricii științei, ci și membrii unor grupuri disciplinare care împărtășesc paradigme diferite. Ei pot, desigur, comunica unii cu alții. Comunicarea nu este însă deplină deoarece paradigmele lor sunt incomensurabile.⁴⁹ Este important de subliniat că o asemenea caracterizare

⁴⁸ Vezi, *Ibidem*, pp. 679–680. Pentru alte exemple de acest fel, vezi Th. S. Kuhn, *Response to Commentaries*, în același volum, pp. 713–714.

⁴⁹ „Incomensurabilitatea este o noțiune ce apare la mine pornind de la încercări de a înțelege pasaje aparent lipsite de sens din scrieri științifice vechi. De obicei, ele au fost socotite drept o dovadă a opiniilor confuze sau greșite ale autorului. Experiențele mele m-au condus spre afirmația că aceste

a incommensurabilității paradigmelor nu exclude posibilitatea ca un cercetător sau un istoric al științei să învețe, în cele din urmă, foarte bine limbajul cercetătorilor ce împărtășesc alte paradigme. Învățând limbajul chimiei flogisticului, un cercetător din zilele noastre ar putea înțelege o practică a cercetării chimice sub multe aspecte diferite, și ar putea, eventual, participa la o asemenea practică.⁵⁰

În această elaborare, teza incommensurabilității nu pare să ofere puncte de sprijin pentru viziuni relativiste extreme care contestă obiectivitatea cunoașterii științifice. Un critic al lui Kuhn va merge chiar mai departe afirmând că din perspectiva unei asemenea înțelegeri a tezei incommensurabilității — incommensurabilitatea ca disparitate conceptuală — descrierea dată de Kuhn revoluțiilor științifice nu ar mai fi incompatibilă cu empirismul ortodox, așa cum a părut să fie în versiunea ei inițială (!). Sugestia este că teza incommensurabilității paradigmelor ar fi fost astfel considerabil slăbită în raport cu versiunea ei originală. În scrierile sale târzii, Kuhn nici nu a confirmat, nici nu a respins asemenea sugestii. El s-a mulțumit să observe că incommensurabilitatea, ca element central al concepției sale asupra evoluției științei, a fost de la început un punct de vedere considerabil mai moderat decât au presupus mulți dintre criticii săi.

Raportându-ne la afirmații din *Structura revoluțiilor științifice* cum ar fi aceea că tranziția de la o paradigmă la alta, care este incommensurabilă cu prima, nu poate fi făcută pas cu pas, sub presiunea unor argumente logic constrângătoare și a unor fapte presupuse a fi neutre sau că cercetătorul care reușește să realizeze o asemenea tranziție trăiește experiența celui care se convertește, putem distinge, cred, destul de clar între două planuri în care are loc argumentarea acestor afirmații. Primul dintre aceste planuri

pasaje au fost, dimpotrivă, citite greșit...“ Și mai departe: „Incommensurabilitatea devine astfel un fel de intraductibilitate localizată într-o arie sau alta în care două taxonomii lexicale diferă.“ (Th. S. Kuhn, *The Road since Structure*, în *op. cit.*, pp. 4 și 5.)

⁵⁰ „Rupturi de comunicație sunt astfel inevitabile și pentru a le evita omul care vorbește două limbaje trebuie să-și amintească tot timpul ce dicționar este în acțiune, în ce comunitate se produce discursul.“ (*Ibidem*, p. 9.)

este cel al interpretării incommensurabilității în termeni psiho-sociologici. Această interpretare se profilează îndeosebi în *Post-scriptum*-ul lui Kuhn și în unele din textele reunite în volumul *Tensiunea esențială*, cum sunt „Logica descoperirii sau psihologia cercetării?“ și „Noi reflecții despre paradigme“. În lucrări mai târzii, accentul va cădea pe elaborarea unei înțelegeri conceptual-lingvistice a tezei incommensurabilității paradigmelor, ale cărei contururi generale am încercat să le schițez mai sus.⁵¹

În centrul interpretării psiho-sociologice stă conceptul *cunoaștere tacită cuprinsă în paradigmă*. Kuhn afirmă că oamenii care practică cercetarea științifică conduși de paradigme distincte au o programare nervoasă parțial diferită. Aceasta face ca ei să reacționeze la aceiași stimuli cu percepții diferite. Privind din același punct, în aceeași direcție, ei vor putea vedea lucruri diferite. Într-o zonă determinată, ei nu își vor putea, prin urmare, discuta divergențele prin raportare la experiențe neutre în raport cu paradigmele pe care le împărtășesc. În cel mai bun caz, unii din membrii grupului disciplinar care se sprijină pe vechea paradigmă vor putea realiza tranziția spre un nou mod de a vedea o parte din lumea cercetării lor. Dar nici în acest caz ei nu vor putea compara noul fel de a vedea lucrurile cu cel de mai înainte, pe care l-au pierdut în mod iremediabil. Din acest punct de vedere va fi justificată caracterizarea tranziției ca o schimbare de tip *gestalt*, o schimbare care, spre deosebire de alte schimbări de acest tip, va fi încă ireversibilă. Explicată în termenii deosebirilor dintre cunoașterea cuprinsă în paradigme, incommensurabilitatea se va exprima mai ales în deosebiri semnificative în ceea ce privește identificarea problemelor cercetării, a însemnătății și urgenței relative a acestora și în evaluarea dată de către grupul disciplinar soluțiilor acestor probleme. Citirea descrierii pe care o dă cartea revoluțiilor științifice în registrul psiho-sociologic pare să fie în

⁵¹ Kuhn mărturisește în ultimul său text publicat: „Efortul de a o înțelege și rafina (este vorba de ideea incommensurabilității — M. F.) a constituit preocuparea mea centrală și tot mai obsesivă timp de treizeci de ani, iar în ultimii cinci ani am realizat ceea ce socotesc a fi o serie rapidă de progrese semnificative“ (*Afterwords*, p. 315).

cea mai mare măsură responsabilă de impresia că autorul ei ar contesta raționalitatea cunoașterii științifice, propunându-le un punct de vedere subiectivist și radical relativist. Criticii au în minte afirmații cum sunt cele care pot fi întâlnite în Capitolul X: „...În timpul revoluțiilor științifice, oamenii de știință văd lucruri noi și diferite când examinează cu instrumente familiare zone pe care le-au examinat mai înainte... ca și cum comunitatea profesională a fost dintr-odată transportată pe altă planetă...” sau în Capitolul XII: „Transferul de la o paradigmă la alta este o experiență de convertire ce nu poate fi forțată. Rezistența de o viață, mai ales din partea celor ale căror cariere productive i-au legat de o tradiție mai veche de știință normală, nu este o violare a standardelor științei, ci un indicator al înseși naturii cercetării științifice.”

În ce sens este interpretarea psiho-sociologică a tezei incomensurabilității o interpretare mai radicală și, prin urmare, mai greu de acceptat în mediul filozofiei analitice a științei se poate vedea mai bine examinând dezvoltările pe care le-a cunoscut ea în lucrările altor autori, care încearcă să construiască pornind de la sugestii pe care le conține *Structura revoluțiilor științifice*. Pe deplin reprezentativă, în acest sens, mi se pare a fi o carte recentă al cărei titlu este deja simptomatic.⁵² Autorul ei introduce conceptele psihologice *obișnuințe de gândire* și *intuiții*. El caracterizează obișnuințele de gândire, ca și obișnuințele de comportare, drept programări neuronale. Tot ceea ce este în acord cu obișnuințe de gândire profund înrădăcinate va fi socotit intuitiv evident. Obișnuințele de gândire reprezintă bariere mintale. Înlocuirea unei paradigme cu alta este un anumit gen de schimbare a obișnuințelor de gândire. Asemenea obișnuințe sunt greu de identificat și de caracterizat deoarece ele nu sunt, în genere, accesibile introspecției. Obișnuințele de gândire trebuie, așadar, distinse de punctele de vedere conștiente. Ele pot fi totuși scoase la iveală determinând lucrurile pe care membrii unui grup specializat le consideră

⁵² H. Margolis, *Paradigms and Barriers. How Habits of Mind Govern Scientific Belief?*, The University of Chicago Press, Chicago and London, 1993. În prefață, autorul subliniază „imensa îndatorire intelectuală” pe care o are față de Kuhn.

garantate și, respectiv, problematice. În acest fel putem explicita ceva esențial din cunoașterea tacită a grupului. Punerea în evidență a unora din obișnuințele de gândire și intuițiile caracteristice grupurilor științifice disciplinare ne oferă posibilitatea să înțelegem mai bine de ce în controversale dintre membrii proeminenți ai acestor grupuri argumentele vor fi pronunțat circulare. Anumite argumente produse de oamenii de știință vor fi constrângătoare doar pentru cei ce împărtășesc aceleași obișnuințe de gândire. Tocmai acestea pot să dea socoteală de comunicarea deosebit de fluentă în cadrul grupurilor și de convergența accentuată a evaluărilor profesionale la care ajung membrii lor. Obișnuințele de gândire constituie, prin urmare, sursa profundă a atașamentului față de o anumită tradiție de cercetare și o barieră în calea înțelegerii unei tradiții de cercetare diferită. Margolis crede că ele ne indică ceea ce are în vedere Kuhn când vorbește de incomensurabilitatea paradigmelor, de ruptura de comunicare între cercetători ce împărtășesc paradigme diferite, precum și de caracterul circular pe care îl are argumentarea în favoarea unei paradigme. Aceste considerații generale sunt susținute prin studii istorice de caz. Unul dintre acestea este consacrat tranziției de la chimia flogisticului la cea a oxigenului, o tranziție care a avut loc la sfârșitul secolului al XVIII-lea. Se menționează că în anul 1776 Lavoisier și alți cercetători reușiseră să identifice acea parte a aerului care este responsabilă de creșterea greutateii corpurilor arse sau calcinate. Priestley a numit-o „aer deflogisticat”, Scheele „aer de foc”, iar Lavoisier „oxigen”. Nici unul din ei nu a considerat, în acel moment, că descoperirea noii substanțe este incompatibilă cu existența flogisticului. Așadar, ceea ce din perspectiva științei actuale, pe care o exprimă deosebit de clar manualele și tratatele, apare drept un fapt care răstoarnă teoria flogisticului nu a fost perceput în acest fel de cei mai eminenți cercetători de atunci. Lavoisier însuși a exprimat doar unele îndoieli privitoare la existența flogisticului și nu a mai revenit asupra acestei chestiuni până în anul 1783. În acel an, Lavoisier aflase de descoperirea încă nepublicată a lui Cavendish, și anume că substanțele numite „aer inflamabil” (hidrogenul) și respectiv „aer deflogisticat” (oxigenul) puse în contact produc apă. Sub influența acestei descoperiri, Lavoisier

va susține în mod hotărât că toate fenomenele combustiei și calcinării pot fi explicate mai simplu fără a se postula existența flogisticului. De ce a fost contestată abia acum existența flogisticului, în ciuda faptului că Lavoisier ar fi putut explica mai simplu respirația, fermentația, combustia și calcinarea cu referire la ceea ce el a numit „oxigen”? Răspunsul lui Margolis este că abia acum a putut fi înlăturată din mintea unor cercetători cum a fost Lavoisier o barieră mintală inconștientă, și anume supoziția că orice proces de ardere va emana în aer o substanță. Chimii care nu au putut îndepărta această barieră nu l-au urmat atunci pe Lavoisier. Ei au avut bune motive să nu o facă de vreme ce puteau interpreta toate experiențele chimice cunoscute pe atunci în cadrele chimiei flogisticului. Bariera, subliniază Margolis, a fost unică și una tacită. Cei ce stăteau de o parte și de alta a barierei vedeau lucrurile în mod diferit. Acesta ar fi tocmai sensul în care Kuhn vorbește de incomensurabilitatea paradigmelor și de ruptura de comunicație dintre cercetători care lucrează sprijinindu-se pe paradigme diferite.⁵³

Interpretarea lingvistică a tezei incomensurabilității tradițiilor de cercetare, o interpretare dezvoltată de Kuhn în lucrări mai târzii, aruncă o lumină nouă asupra unor pasaje din *Structura revoluțiilor științifice* consacrate tranzițiilor revoluționare și a fost apreciată de către unii comentatori drept o dezvoltare într-o nouă direcție a tezei incomensurabilității. Astfel, Paul Hoyningen-Huene, în cunoscuta sa carte *Die Wissenschaftsphilosophie Thomas S. Kuhns* (1989), tradusă în engleză în anul 1993, consideră că *paradigma* ar fi fost înlocuită în lucrări ale autorului *Structurii revoluțiilor științifice* consacrate clarificării ideii incomensurabilității cu termeni mai preciși, de natură lingvistică, cum sunt *dictionar* și *structură lexicală*. În măsura în care structurile lexicale, adică rețelele conceptuale a două grupuri disciplinare, nu se suprapun în întregime, ele vor fi caracterizate de către Kuhn drept incomensurabile. Potențialul provocator pe care îl are conceptul incomensurabilității în interpretarea lui psiho-sociologică ar fi fost în acest fel considerabil atenuat. Autorii articolului omagial publicat

⁵³ Vezi H. Margolis, *op. cit.*, îndeosebi pp. 43–66.

după moartea lui Kuhn în revista americană *Philosophy of Science* cred că interpretarea pe care am numit-o *lingvistică* conferă conceptului de incomensurabilitate o precizie sporită și restrânge în același timp domeniul de aplicare. Autorii exprimă, totodată, opinia că noua versiune „nu este atât de mult o revizuire a *Structurii*, cât o mai adâncă analiză a reajustărilor conceptuale care marchează istoria științei”.⁵⁴ Compararea versiunii lingvistice a tezei incomensurabilității cu cea psiho-sociologică susține, cred, o asemenea apreciere. Rămâne în schimb deosebit de problematică afirmația unor critici, ca Ph. Kitcher, care susțin că dacă ceea ce spune Kuhn despre schimbările conceptuale în știință în scrieri mai târzii este corect, atunci cel puțin unele din afirmațiile pe care le face în cele două ediții din 1962 și 1970 ale cărții sale vor trebui considerate incorecte.⁵⁵ Problematică nu numai în sensul că ultimele scrieri publicate de Kuhn nu oferă puncte de sprijin pentru presupunerea că dezvoltarea interpretării lingvistice a incomensurabilității ar fi în vreun fel incompatibilă cu descrierea tranzițiilor revoluționare în cele două ediții ale cărții sale. Căci Kuhn va respinge în mod explicit o asemenea sugestie în ultimul său text publicat: „Același principiu al nesuprapunerii... îl împiedică pe cel care locuiește într-o lume să importe unele din legile care o guvernează pe cealaltă. Problema nu este că legi adevărate într-o lume ar putea fi false în alta, ci că ele pot fi greu de descris, inaccesibile unei examinări atente de ordin conceptual și observațional. Ceea ce punctul meu de vedere relativizează prin raportare la lumi și practici este posibilitatea descrierii, și nu adevărul. Această formulare este compatibilă cu călătoria dintr-o lume în alta: un fizician al secolului XX poate intra, să zicem, într-o lume a fizicii secolului al XVIII-lea sau a chimiei secolului XX. Dar acest fizician nu va putea practica cercetarea în nici una din aceste lumi fără a o abandona pe cea din care vine.”⁵⁶ Cu atât mai puțin plauzibile par aserțiunile unui critic de ultimă oră, care susține că

⁵⁴ J. Z. Buchwald, G. E. Smith, *op. cit.*, p. 375. Cititorul interesat să-și formeze o părere în această privință poate citi cu folos ultimele precizări ale lui Kuhn cu privire la acest subiect din *Afterwords*, în *op. cit.*, pp. 315–329.

⁵⁵ Vezi Ph. Kitcher, *op. cit.*, p. 689.

⁵⁶ *Afterwords*, p. 336.

versiunea lingvistică a incomensurabilității avansată de Kuhn ar fi „atât de puțin polemică încât pare să fie lipsită de interes“ și că nu ar avea „nici un punct de contact cu noțiunea pe care o discută în *Structura*“.⁵⁷ Or, tocmai acceptarea unei asemenea observații a putut conduce la concluzia, preluată și de alți autori, că în timp ce ideea incomensurabilității în *Structura revoluțiilor științifice* ar fi un punct de vedere nou, provocator, dar de nesusținut, versiunea ei mai târzie ar reprezenta un punct de vedere acceptabil, dar cu totul banal. În acest sens, Maudlin face distincția dintre „un Kuhn moderat și un Kuhn lipsit de moderație“.⁵⁸

Angajarea lui Kuhn în direcția elaborării și dezvoltării a ceea ce am caracterizat drept o interpretare lingvistică a revoluțiilor științifice nu răspunde doar intenției de a oferi o nouă întemeiere, și în acest fel o mai bună apărare a ideii incomensurabilității tradițiilor de cercetare științifică. Ea oglindește și preocuparea lui, tot mai evidentă odată cu trecerea timpului, de a deplasa discuția din domeniul descrierilor și generalizărilor factuale pe un plan conceptual, și de a intra astfel în dialog, pe propriul lor teren, cu filozofii științei de orientare analitică. Simptomatic pentru această intenție pare să fie reluarea repetată a unei teme standard în filozofia analitică a științei: alegerea teoriei (*theory choice*).

Kuhn nu contestă cătuși de puțin punctul de vedere larg împărtășit că oamenii de știință aleg între teorii în competiție examinându-le și comparându-le din puncte de vedere cum ar fi precizia predicțiilor, consistența internă, puterea de cuprindere și forța explicativă, capacitatea de a ne conduce la cunoașterea unor fapte noi, fertilitatea sau simplitatea matematică. Ceea ce pune în evidență un studiu atent al realității vieții științifice este însă că aceste puncte de vedere din care sunt comparate teoriile în competiție nu funcționează în calitate de reguli metodologice care ar putea determina în mod univoc o anumită alegere, ci în calitate

⁵⁷ T. Maudlin, *op. cit.*, pp. 430 și 444.

⁵⁸ Vezi și caracterizarea poziției lui Kuhn în A. Sokal, J. Bricmont, *Impostures intellectuelles*, Editions Odile Jacob, Paris, 1997, p. 74. Pentru o replică, vezi și M. Flonta, „Afacerea Sokal și critica relativismului epistemologic contemporan“, studiu introductiv la Gh. S. Păraoanu, *Tranziții ontologice*, Editura All, 1998, pp. 14–20.

de valori care o influențează. Valorile științifice nu sunt însă aceleași în toate grupurile disciplinare și în diferitele etape ale evoluției unei discipline. Ceea ce i se pare lui Kuhn și mai demn de atenție este că aceste valori pot fi aplicate în mod diferit de către cercetători care sunt deopotrivă de scrupuloși și de sincer interesați în cunoașterea adevărului și că, în cazul când decizia recomandată de raportarea la o anumită valoare este diferită de cea la care ne conduce o altă valoare, oamenii de știință care acordă prioritate unor valori diferite vor fi conduși spre alegeri diferite. Alegerile sunt, așadar, influențate de recunoașterea unor valori, fără să fie determinate de aderența cercetătorului la un anumit sistem de valori. Oamenii de știință care se orientează în alegerea teoriilor după aceleași valori pot ajunge astfel la concluzii diferite. Alegerea pe care o fac ei va depinde, prin urmare, atât de considerații obiective, cât și de înclinații subiective.⁵⁹ Cu alte cuvinte, cercetătorii vor avea bune temeiuri pentru a prefera una din teoriile în competiție, dar aceste temeiuri nu vor fi constrângătoare. Atât timp cât alegeri diferite vor putea fi apărate cu argumente rezonabile, comunitatea disciplinară va fi divizată în grupuri care vor explora resursele unor teorii alternative. Situațiile de acest fel nu sunt doar inevitabile, ci și deziderabile în măsura în care ele previn riscul ca toate eforturile să fie concentrate într-o direcție ce s-ar putea dovedi greșită. „Dacă o decizie trebuie să fie luată în împrejurări în care chiar și cea mai prevăzătoare și circumspectă judecată poate să fie greșită, atunci faptul că diferiți indivizi iau decizii diferite poate avea o însemnătate vitală. Cum altfel ar putea

⁵⁹ Pentru un studiu de caz privitor la ponderea diferită care a fost acordată preciziei predicțiilor și respectiv simplității matematice în evaluarea teoriei generale a relativității a lui Einstein, vezi M. Flonta, „Poate fi fixat conceptul cunoașterii științifice prin raportare la valori cognitive?“, în *Revista de filozofie*, nr. 2, martie–aprilie 1993, pp. 121–134. O analiză amplă a rolului pe care îl pot juca preferințele subiective ale cercetătorilor în evaluarea meritelor relative ale unor ipoteze concurente, așa cum s-au exprimat asemenea preferințe în controverse ce au marcat o epocă agitată pe care a parcurs-o fizica teoretică la începutul secolului XX, vezi G. Holton, *Quanta, Relativity, and Rhetoric*, în G. Holton, *Science and Anti-Science*, Harvard University Press, Cambridge Mass., 1993.

grupul, ca întreg, să-și îngrădească pariurile?“⁶⁰ Decizia finală, o decizie ce aparține grupului disciplinar, va reprezenta bilanțul rezultatelor obținute prin explorări întreprinse în direcții diferite. De raționalitatea alegerii teoriei nu sunt răspunzători cercetătorii individuali, cât ar fi ei de proeminenți. Raționalitatea este rezultanta interacțiunilor ce au loc într-o perioadă mai scurtă sau mai lungă de timp, înăuntrul grupului ca întreg.

Opțiunea filozofică fundamentală care susține concepția lui Kuhn asupra cunoașterii științifice și-i conferă, totodată, coerență se dezvăluie cu claritate în abordarea problematicii progresului cunoașterii științifice. Considerațiile autorului *Structurii revoluțiilor științifice* asupra acestei problematici cu semnificație filozofică eminentă se grupează în jurul a două mari motive: o delimitare critică față de concepția realistă asupra valorii cunoașterii științifice, o concepție ce domină și astăzi mentalitatea științifică curentă, și schițarea unei alternative.

O implicație majoră a viziunii realiste asupra cunoașterii științifice o reprezintă caracterizarea progresului ei drept o apropiere continuă a descrierii științifice de adevăr, înțeles drept corespondență între această descriere și lumea gândită ca o realitate în sine ce există înainte și independent de orice descriere. Căutarea răspunsului la întrebarea privitoare la direcția și sensul în care se realizează evoluția istorică a cunoașterii științifice pornind de la concepția clasică a adevărului se exprimă cu multă claritate în obișnuințe de gândire adânc înrădăcinate. Una dintre cele mai izbitoare este caracterizarea performanțelor cunoașterii științifice drept *descoperiri*, adică drept pași înainte în direcția dezvăluirii a ceea ce este „învăluit“, „acoperit“. Din această perspectivă a unei apropieri treptate și continue de adevăr este scrisă de obicei istoria unei discipline în manualele și tratatele științifice standard. Referindu-se la dezvoltarea istorică a cercetării științifice a mișcării, Kuhn observă că manualele ascund „efectul unei reformulări limitate, dar revoluționare a întrebărilor pe care oamenii de știință le puneau în legătură cu mișcarea, ca și a răspunsurilor pe care ei erau dispuși să le accepte. Dar tocmai acest gen de schimbare în

⁶⁰ Th. S. Kuhn, *Reflections on My Critics*, în *op. cit.*, p. 241.

formularea întrebărilor și răspunsurilor este cel care dă seama, mai mult decât noile descoperiri empirice, de tranziția de la dinamica aristotelică la cea a lui Galilei și de la aceasta din urmă la cea a lui Newton. Ascunzând asemenea schimbări, tendința manualelor de a liniariza dezvoltarea științei nu face decât să mascheze un proces care stă la baza celor mai semnificative episoade ale dezvoltării științei. „Nu puțini teoreticieni contemporani ai cunoașterii științifice continuă să susțină cu multă candoare punctul de vedere, încă popular printre cercetători, potrivit căruia valoarea unei descrieri științifice constă în conformitatea ei cu o realitate în sine.“⁶¹ Caracterizând punctul de vedere al realismului științific drept punctul de vedere că știința înaintează în direcția unei acomodări continue a descrierii pe care o dă ea lumii, lumii reale așa cum este ea în sine, Kuhn afirmă că nu are mai mult sens să spui că limbajul științei se acomodează continuu lumii reale decât că lumea descrierii științifice este acomodată unei anumite rețele conceptuale, unui anumit limbaj. Kuhn își va caracteriza poziția filozofică generală drept un kantianism rectificat sau relativizat: orice descriere științifică a lumii se realizează în cadrul unui anumit sistem de concepte, sistem care se constituie într-un proces de acomodare reciprocă a cadrelor conceptuale și a idealurilor de cunoaștere locale și istorice ale unei comunități pe de o parte și a informațiilor pe care le oferă simțurile, pe de altă parte. Există mai multe *lumi fenomenale*, fiecare din ele fiind constituită prin acțiunea structurantă a unor dicționare sau scheme conceptuale parțial diferite.⁶² Din această perspectivă, termenul *adevăr* va putea

⁶¹ Iată doar o singură ilustrare: „În ceea ce privește toate punctele importante, Copernic avea dreptate iar Ptolemeu greșea, ca și Harvey în raport cu Galien și Lavoisier în raport cu Priestley. Căci până la urmă, de fapt, pământul se învârtește, sângele circulă, oxigenul este absorbit prin combustie“ (T. Maudlin, *op. cit.*, p. 440).

⁶² Vezi Th. S. Kuhn, *Metaphor in Science*, în *op. cit.*, p. 419. Și mai clar se exprimă Kuhn în această privință în una din ultimele sale lucrări. El caracterizează punctul său de vedere drept un *kantianism postdarwinist*. Ca și conceptele intelectului pur la Kant, acele rețele conceptuale ce disting și individualizează limbajele diferitelor tradiții științifice reprezintă precondiții ale experienței. Spre deosebire de categoriile kantiene, structurile conceptuale

fi utilizat în mod legitim doar pentru adecvarea descrierii date lumii în cadrul acelei scheme conceptuale care distinge și individualizează o tradiție de cercetare științifică.⁶³ Așa cum a observat în mod pertinent unul din criticii moderați ai lui Kuhn, accentele pe care le pun lucrările sale mai târziu ne ajută să înțelegem că *Structura revoluțiilor științifice* este o scriere îndreptată nu atât împotriva înțelegerii curente a raționalității științifice, cât împotriva concepției realiste asupra valorii științei și asupra progresului științific.⁶⁴ La Kuhn, contestarea caracterizării progresului științific ca apropiere continuă a descrierii științifice a lumii de adevăr este o consecință directă a acceptării incomensurabilității paradigmelor și a distincției dintre *traducerea* și *învățarea* dicționarului propriu unei anumite tradiții de cercetare științifică. Dacă sistemele de concepte sau dicționarele care disting două tradiții de cercetare nu se suprapun în întregime, rezultă că nu are sens să comparăm unele enunțuri formulate în limbajele lor din punctul de vedere al apropierii de adevăr, conceput ca relație de corespondență a enunțurilor cu stările reale, gândite ca ceva independent de minte, de limbaj, de ceea ce este caracteristic unei forme de viață științifică. Răspunsul la întrebarea dacă un enunț poate să fie susținut

ale unui limbaj științific nu reprezintă însă condiții ale oricărei experiențe posibile. Experiența științifică și descrierea științifică a lumii în diferite discipline și în diferite perioade de timp au loc în cadrul unor scheme conceptuale parțial diferite. Unele din aceste scheme sunt mai bine adaptate anumitor scopuri, altele altor scopuri. „Dar nici una dintre ele nu trebuie acceptată ca adevărată sau respinsă drept falsă; nici una din ele nu oferă un acces privilegiat la real, ca opus unei lumi inventate.” (Th. S. Kuhn, *The Road since Structure*, p. 12.) J. Hacking (*Representing and Intervening*, pp. 109–110) crede că acest punct de vedere ar putea fi desemnat prin expresia *nominalism transcendental*.

⁶³ „Dacă am dreptate, atunci «adevăr», ca și «demonstrație», este un termen care are aplicație doar înăuntrul unei teorii.” (*Reflections on My Critics*, în *op. cit.*, p. 266.) Aceeași temă revine în *Post-scriptum*: „Cred că nu există un mod independent-de-teorie de a reconstrui expresii ca «realmente acolo»; noțiunea de conformitate între ontologia unei teorii și corespondentul ei «real» din natură mi se pare acum principal iluzorie.”

⁶⁴ Vezi E. McMullin, „Rationality and Paradigm Change in Science”, în *World Changes*, p. 71.

în mod rațional va putea fi dat, prin urmare, doar în cadrul unei asemenea forme de viață. Concluzia? „Fiecare dicționar face posibilă o formă corespunzătoare de viață în cadrul căreia adevărul și falsitatea propozițiilor va putea fi afirmată și justificată rațional, dar justificarea vocabularelor sau a schimbării lexicale poate fi doar una pragmatică.”⁶⁵

Care este însă sensul dezvoltării cercetării științifice dacă el nu este atingerea unui acord tot mai deplin între descrierea științifică și o realitate în sine, presupusă a fi obiectul acestei descrieri? Răspunsul lui Kuhn la această întrebare exprimă opțiunea pentru ceea ce el va numi o *concepție evoluționistă asupra cunoașterii*. Este acea concepție care înlocuiește caracterizarea progresului științific ca o evoluție *spre* un scop ultim și fixat o dată pentru totdeauna cu înțelegerea lui ca o evoluție *de la* un anumit punct, *de la* cunoașterea pe care o furnizează o formă istorică anterioară de viață științifică. Ca și evoluția biologică, evoluția cunoașterii științifice este un proces unidirecțional și ireversibil, dar nu o progresiune spre o stare finală dinainte stabilită. O revoluție științifică atrage după sine, de regulă, o creștere a numărului disciplinelor științifice și o redefinire a obiectelor cercetării. Succesiunea tradițiilor de știință normală, succesiune ce poate fi comparată cu creșterea prin ramificare a unei plante, evidențiază o evoluție în direcția unei delimitări tot mai precise a domeniului cercetării, a restrângerii intereselor de cunoaștere, precum și a specializării instrumentelor cercetării. Evoluția spre specializare creează mijloace de cunoaștere tot mai puternice, tot așa cum evoluția biologică creează specii care posedă mijloace tot mai complexe și mai specializate de adaptare la solicitările mediului. Și la fel ca și evoluția biologică, evoluția științei nu este una liniar progresivă. În succesiunea tradițiilor de cercetare normală se vor realiza nu numai câștiguri, ci și pierderi în ceea ce privește capacitățile de formulare și rezolvare a problemelor. În ce sens poate fi caracterizată, totuși, direcția în care are loc evoluția cunoașterii științifice drept *progres*? „Tranziția spre o mulțime revizuită de concepte generice permite rezolvarea unor probleme care nu au putut fi

⁶⁵ *Afterwords*, în *op. cit.*, pp. 330–331.

stăpânite de către vechea structură. Dar domeniul noii structuri este în mod regulat mult mai îngust decât al celei vechi, uneori considerabil mai îngust. Ceea ce cade în afara ei revine domeniului altei discipline științifice... proliferarea structurilor, practicilor și a lumilor este ceea ce păstrează puterea de cuprindere a cunoașterii științifice; practica intensă în orizontul lumilor individuale este cea care îi sporește profunzimea.⁶⁶

*

La începutul anilor '60, anii în care un tânăr istoric al științei pășește pe scena filozofică, toți autorii proeminenți care interacționau în mod cooperativ și critic în schițarea unui portret al cunoașterii științifice erau de acord cel puțin într-o privință. Presupoziția comună, acceptată neproblematic, era aceea că, în diferite epoci și în discipline cât de diferite, conceptele, ideile și teoriile sunt legitimate observându-se imperative considerate drept norme universale ale raționalității științifice. Ce presupunea că acțiunile conduse de asemenea imperative fixează o dată pentru totdeauna profilul distinct al cunoașterii științifice și al omului de știință. Părea neîndoielnic că tocmai prin conformitatea ei cu o anumită mulțime de reguli sau norme ar putea fi distinsă cu ușurință activitatea științifică de alte activități creatoare. Iată doar câteva exemple de asemenea reguli: „Examinează tot timpul în mod critic atât ideile noi, cât și cadrele generale în care se desfășoară cercetarea!“ „Încearcă să infirmi ideile acceptate promovând progresul cunoașterii prin descoperirea și înlăturarea erorilor!“ „Abandonează orice ipoteză de îndată ce consecințele ei intră în contradicție cu fapte controlabile!“ „Dă prioritate ipotezelor care au fost cel mai bine confirmate de fapte sau au rezistat unor teste tot mai severe!“ Fixarea identității cunoașterii științifice prin reguli metodologice cu pretinsă valabilitate universală apărea drept deosebit de atrăgătoare deoarece evidenția în mod simplu și convingător excelența gândirii științifice. Regulile metodologice formulate de filozofi păreau și bine întemeiate atât timp cât informațiile asupra vieții

științifice erau căutate, în primul rând, în manualele și tratatele diferitelor discipline, cu deosebire în cele ale științelor fizice. De îndată ce se va recunoaște însă că informațiile primare asupra vieții științifice vor deveni accesibile doar prin familiarizarea cu practica cercetării și prin contactul cu texte științifice mai vechi, contra-exemplele la imaginea conturată de teoreticienii științei vor apărea la fiecare pas. Unei persoane atrase de generalizările ce constituie substanța unei teorii a cunoașterii științifice, persoană care va cunoaște, totodată, lumea cercetării din experiențe proprii și va învăța să citească lucrări științifice ale trecutului în lumina unor principii hermeneutice, acea imagine a științei pe care o va întâlni în scrierile teoreticienilor metodei științei îi va apărea drept una accentuat idealizată și în esență infidelă. Dacă pasiunea pentru acest domeniu al cercetării filozofice va fi destul de puternică și dacă va fi înzestrată cu destulă imaginație și forță analitică, acea persoană va încerca să formuleze o concepție despre natura și evoluția științei care să dea socoteală de fapte pe care le va putea stabili prin cercetarea izvoarelor de informații primare. Este tocmai ceea ce a făcut tânărul Kuhn. Nu puține din concluziile sale au fost și sunt contestate. Putem accepta că în viitor ele vor putea fi contestate pe temeiuri și mai bune. Ideile sale vor putea fi însă reconsiderate doar pe temeiul unei cunoașteri mai cuprinzătoare și mai aprofundate a practicii cercetării în zilele noastre și a faptelor istoriei științei decât aceea pe care s-a sprijinit cel care a scris *Structura revoluțiilor științifice*. Criticii vor pași, așadar, pe calea pe care a deschis-o el. Este sensul în care opera lui Thomas Kuhn rămâne în centrul a ceea ce am numit *reorientarea istorică în filozofia științei*.

MIRCEA FLONTA

⁶⁶ *Ibidem*, pp. 336–337.

KUHN, TRADUCĂTORUL ȘI
ACEASTĂ CARTE

O notă personală

În iunie 1997 Gabriel Liiceanu îmi spunea că vrea să reediteze la Humanitas cartea lui Thomas Kuhn, *Structura revoluțiilor științifice*, și îmi propunea să scriu câteva rânduri cu această ocazie. Pentru ambele inițiative îi sunt recunoscător. În primul rând, pentru reeditarea cărții lui Kuhn, nu numai o capodoperă a istoriei și filozofiei științei în secolul nostru, dar o carte accesibilă și incitantă, o carte pentru toate vârstele și ocupațiile, o carte de o imensă influență și stimulație intelectuală. În al doilea rând, îi sunt recunoscător lui Gabriel Liiceanu pentru un act de reparație care mă trimite nostalgic la o altă perioadă a vieții mele.

Căci eu sunt traducătorul, rămas până acum anonim, al acestei cărți. În anii '60, puțin după apariția ei, am descoperit-o în biblioteca unui profesor de la facultatea de filozofie. Fusese publicată de University of Chicago Press în 1962 într-o prestigioasă serie inițiată de iluștrii părinți ai filozofiei analitice a științei, între care Carnap și Hempel. Ceea ce era interesant și incitant pentru mine, întrucât arăta deschiderea intelectuală a acestora din urmă, era faptul că lucrarea lui Kuhn mergea evident contra curentului, mai ales cel reprezentat de Carnap și Hempel. Fără să știu nimic despre autor, recepția cărții sau orice alte detalii (să nu uităm timpurile!), am avut clara senzație a unei cărți de ruptură, o revoluție în însăși istoria și filozofia științei. (Ceea ce s-a și întâmplat.) Am publicat câteva articole și recenzii despre carte, pregătind terenul. Apoi am purces să conving o editură să o traducă și, reușind în cele din urmă, m-am apucat de lucru. În 1974, cu traducerea făcută și predată editurii, luam calea emigrației. Cartea a apărut în 1976 la Editura Științifică și Enciclopedică. Numele meu nicăieri. Începusem

un studiu introductiv, dar evident nu merita să-l continui. Devenisem, firește, *persona non grata*. Curajos și inimos, redactorul cărții, domnul Mircea Radian, a scos manuscrisul din sertarul cenzurat al uitării și l-a pregătit pentru tipar. Bunul meu prieten, profesorul — și mai recent academicianul — Mircea Flonta, de la Universitatea din București, a preluat ștafeta academică, scriind un excelent studiu introductiv.

Ceea ce s-a întâmplat apoi nu e lipsit de interes. Cu Thomas Kuhn, pe atunci la Princeton, intrasem de prin 1971 într-o corespondență activă, devenită amicală și (pentru mine) importantă și instructivă. I-am sugerat de la bun început să renunțe la drepturile de autor în România, pentru a facilita apariția cărții, ceea ce a și făcut, prompt și entuziast. Aflând că am părăsit țara, dar că numele meu nu va apărea în carte, Kuhn s-a solidarizat, dorind să anuleze dreptul de traducere în românește. I-am scris, mulțumindu-i pentru caldele cuvinte și sentimente exprimate în legătură cu emigrarea și pentru solidaritatea profesională. I-am explicat totuși că apariția cărții era mai importantă decât mândria mea. I-am spus câteva cuvinte despre înfiriparea unui grup entuziast de filozofi ai științei și cunoașterii la București și în alte părți ale țării care ar beneficia în preare și cercetare de ediția românească. A înțeles și a aprobat.

Anii au trecut. Am rămas în contact sporadic, despărțiți de un continent (american), el pe coasta de est, eu pe cea de vest și apoi în sud. Ne-am văzut de două sau trei ori, la întâlniri profesionale. Un bărbat foarte distins, arătos, aristocratic, ales îmbrăcat. Îmi aducea aminte de Saul Bellow. Bănuiesc că (precum Bellow) era un *bon viveur* și nu-i plăcea notorietatea mondială de care se bucura. Succesul *Structurii* fusese și rămâne fenomenal. Deși un star intelectual, Tom Kuhn era un om accesibil, plăcut, atent, *smooth and easy going*, cum spun americanii. Valoarea și stilul cărții se vedeau în valoarea și stilul omului. Ultima dată, cu vreo opt ani în urmă, ne-am revăzut la Chapel Hill, idilicul orașel universitar care găzduiește University of North Carolina, la colocviul lor anual de filozofie, poate cel mai bun din Statele Unite. Am luat o masă împreună, amintindu-ne cum a început legătura noastră, aventurile traducerii, și ce s-a mai întâmplat cu fiecare între timp. Deși eminamente istoric al științei, cel mai influent în ultimele

trei decenii, Tom Kuhn a vrut să fie văzut și ca filozof al științei, ceea ce a reușit, într-o oarecare măsură, și poate chiar mai mult, ca filozof al limbajului și cunoașterii. La colocviul de la Chapel Hill prezenta o comunicare despre referința în limbajul științific și cel comun. Cred că eforturile sale de a fi tratat ca filozof nu au dat roadele așteptate. Judec și după amărăciunea cu care îmi relata rezistența pe care o întâmpinase în departamentul de filozofie din Princeton, poate cel mai bine cotate la acea vreme din Statele Unite. Relatarea m-a întristat, dar nu m-a surprins. Mă simțeam mai aproape de interdisciplinarul Kuhn, dispus să riște aventuri în teritorii îndepărtate, decât de corifeii specializați și repetitivi care-l vedeau ca pe un intrus neantrenat în dexteritățile lor tehnice. M-a bucurat decizia lui de a accepta o poziție la MIT în Cambridge, peste râu de Boston, în departamentul, mult mai interdisciplinar și deschis, de lingvistică și filozofie creat de Noam Chomsky. Sper că ultimii lui ani acolo au fost buni, productivi, senini.

Tom Kuhn ne-a părăsit, prematur și neașteptat, cu vreo trei ani în urmă. Recunoscând pierderea unui mare intelect, durerea mea are și un contur personal. Căci dincolo de semnificația durabilă a acestei cărți extraordinare și a unei opere istorice exemplare, pentru mine Tom Kuhn rămâne cel care nu pregeta să scrie lungi și elaborate epistole unui tânăr filozof necunoscut din București, un om solidar și atent într-un moment dificil de tranziție în viața tânărului filozof, un spirit curios și deschis, o minte elegantă, un gentleman pe culoarele universitare.

RADU J. BOGDAN

*Profesor de filozofie și științe cognitive
Tulane University, New Orleans, SUA*

PREFAȚĂ

Lucrarea de față este prima publicare integrală a unui proiect conceput inițial cu aproape cincisprezece ani în urmă. În acea perioadă eram student în fizică teoretică, aflat destul de aproape de încheierea dizertației mele. O fericită participare la un curs experimental de fizică pentru nespecialiști, ținut la un colegiu, m-a pus pentru prima oară față în față cu istoria științei. Am fost cu totul surprins să constat că contactul cu teoriile și practicile științifice anterioare a subminat radical unele din concepțiile mele de bază despre natura științei și despre cauzele succesului ei deosebit.

Aceste concepții le derivasem, în parte, din însăși pregătirea mea științifică, ca și dintr-o veche pasiune pentru filozofia științei.

Într-un fel, oricare ar fi fost utilitatea lor pedagogică și plauzibilitatea lor abstractă, aceste concepții nu se potriveau deloc cu ceea ce a dezvăluit studiul istoric. Totuși, ele au fost și sunt fundamentale în multe discuții despre știință astfel încât neverosimilitatea lor părea că merită să fie examinată mai îndeaproape. Rezultatul a fost o schimbare drastică în proiectele mele profesionale, o trecere de la fizică la istoria științei și apoi, treptat, de la probleme istorice relativ simple înapoi la preocupările mai filozofice care mă împinseseră inițial spre istorie. Cu excepția câtorva articole, acest eseu este prima din lucrările mele publicate în care aceste preocupări de mai înainte sunt dominante. Într-o oarecare măsură, este o încercare de a-mi explica mie însumi și de a explica prietenilor cum s-a întâmplat că am părăsit știința în favoarea istoriei ei.

Prima ocazie de a adânci ideile ce vor fi expuse în continuare mi-au oferit-o cei trei ani în care am fost cercetător asociat pe lângă Society of Fellows de la Harvard University. Fără această perioadă de libertate, tranziția spre un nou domeniu de studiu ar fi fost mult

mai dificilă și ar fi putut chiar să eșueze. O parte din acei ani am dedicat-o istoriei propriu-zise a științei. În particular, am continuat să studiez lucrările lui Alexandre Koyré și am luat contact pentru prima oară cu cele ale lui Emile Meyerson, Hélène Metzger și Anneliese Maier¹. Mai clar decât majoritatea celorlalți cercetători din ultima vreme, acest grup a dovedit ce înseamnă a gândi științific într-o perioadă în care canoanele gândirii științifice erau foarte diferite de cele acceptate astăzi. Deși contest tot mai mult câteva din interpretările lor istorice particulare, lucrările lor, împreună cu cea a lui A. O. Lovejoy, *Great Chain of Being*, vin imediat după sursele istorice primare în ce privește formarea concepției mele despre ceea ce poate fi istoria ideilor științifice.

O mare parte din acei ani am închinat-o și explorării unor domenii fără o legătură aparentă cu istoria științei, dar în care cercetările dezvăluie astăzi probleme asemănătoare celor asupra cărora mi-a atras atenția istoria științei. O notă de subsol, întâlnită întâmplător, m-a condus la experimentele prin care Jean Piaget a pus în lumină atât diferențele lumi ale copilului în creștere, cât și procesul de tranziție de la o lume la alta². Unul din colegii mei m-a îndemnat să citesc articole de psihologie a percepției, îndeosebi cele ale psihologilor gestaltiști; un altul m-a introdus în speculațiile lui B. L. Whorf despre lume; iar W. V. O. Quine mi-a dezvăluit enigmele filozofice ale distincției dintre analitic și sintetic³. Acesta este genul

¹ M-au influențat în mod deosebit lucrarea lui A. Koyré, *Études Galiléennes* (3 vol., Paris, 1939), a lui E. Meyerson, *Identity and Reality*, trad. Kate Loewenberg (New York, 1930), ale lui H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle* (Paris, 1923) și Newton, *Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930) și a lui A. Maier, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* („Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik“, Roma, 1949).

² Două din cercetările lui Piaget s-au dovedit deosebit de importante, întrucât expun concepte și procese care derivă direct din istoria științei. Este vorba despre *The Child's Conception of Causality*, trad. Marjorie Gabain (Londra, 1930) și *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant* (Paris, 1946).

³ Articolele lui Whorf au fost între timp editate de John B. Carroll, *Language, Thought, and Reality — Selected Writings of Benjamin Lee Whorf* (New York, 1956). Quine și-a prezentat concepțiile în *Two Dogmas of Empiricism*,

de explorare întâmplătoare pe care îl permite o astfel de Society of Fellows și numai datorită lui am putut da peste monografia aproape necunoscută a lui Ludwig Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache* (Basel, 1934), un eseu care anticipează multe din ideile mele. Asociată unei observații a unui coleg, Francis X. Sutton, lucrarea lui Fleck m-a făcut să înțeleg că acele idei ar putea fi formulate în termenii sociologiei comunităților științifice. Deși cititorii vor întâlni în continuare puține referințe la unele sau altele din aceste lucrări sau discuții, le sunt îndatorat în mai multe privințe decât cele pe care le-aș putea reconstitui sau aprecia acum.

În timpul ultimului meu an de junior Fellow (cercetător asociat) la Harvard, o invitație de a conferența la Institutul Lowell din Boston mi-a dat prima posibilitate de a-mi testa concepțiile despre știință, aflate încă în curs de încheiere. Rezultatul a fost un ciclu de opt expuneri publice ținute în martie 1951, având ca temă „Cercetarea teoriei fizice“. În anul următor, am început să predau istoria științei și, vreme de aproape un deceniu, problemele predării într-un domeniu pe care nu-l studiasem niciodată sistematic mi-au lăsat foarte puțin timp pentru articularea explicită a ideilor care mă atrăseseră la început în această direcție. Din fericire însă, aceste idei constituiau o sursă de orientare implicită și de structuri problematice pentru multe din cursurile mele mai avansate. Trebuie să le mulțumesc deci studenților mei pentru inestimabilele lecții ce mi le-au dat despre viabilitatea concepțiilor mele și metodele adecvate comunicării lor efective. Aceleași probleme și orientări au dat unitate majorității studiilor, predominant istorice și aparent diverse, publicate după ce am plecat de la Harvard. Câteva din aceste studii se ocupă de rolul hotărâtor jucat de o metafizică sau alta în cercetarea științifică creatoare. Altele examinează modul în care bazele experimentale ale unei noi teorii sunt acumulate și asimilate de către adepții unei teorii mai vechi incompatibile. Ele descriu tipul de dezvoltare pe care îl numesc mai jos „emergență“ unei noi teorii sau descoperiri. Mai există și alte asemenea legături.

retipărit în cartea sa *From a Logical Point of View* (Cambridge, Mass., 1953), pp. 20–46.

Stadiul final al dezvoltării eseului de față a început cu o invitație de a petrece anul 1958–1959 la Centrul pentru Studii Avansate în Științe Comportamentale. Din nou, am avut posibilitatea să acord toată atenția problemelor discutate în cele ce urmează. Mai important încă, petrecând acel an într-o comunitate formată mai ales din specialiști în științe sociale, am fost confruntat cu probleme noi privind diferențele dintre astfel de comunități și cele ale specialiștilor în științele naturii în cadrul cărora am fost pregătit. Am fost izbit în mod deosebit de numărul și măsura dezacordurilor deschise dintre specialiștii în științe sociale privind natura problemelor și metodelor științifice legitime. Atât istoria științei cât și cunoștințele mele personale m-au făcut să mă îndoiesc că practicienii științelor naturii au soluții mai ferme sau mai constante la asemenea probleme decât colegii lor din științele sociale. Totuși, într-un fel, practica astronomiei, fizicii, chimiei sau biologiei nu produce în mod normal controverse asupra chestiunilor fundamentale, care astăzi par adesea endemice printre psihologi sau sociologi, de pildă. Încercarea de a descoperi sursa acestei diferențe m-a condus la recunoașterea rolului pe care îl joacă în cercetarea științifică „paradigmele”, cum le-am numit de atunci. Paradigmele sunt acele realizări științifice universale recunoscute care, pentru o perioadă, oferă probleme și soluții model unei comunități de practicieni. De îndată ce mi-am clarificat această problemă, schița acestui eseu a prins repede contur.

Nu este cazul să relatez aici istoria ulterioară a acestei schițe; voi spune totuși câteva cuvinte despre forma pe care a păstrat-o în ciuda revizuirilor. Până la completarea și revizuirea primei versiuni, anticipasem publicarea manuscrisului exclusiv ca un volum în *Enciclopedia științei unificate*. Editorii acestei lucrări de pionierat au solicitat-o mai întâi, apoi au ținut să mă angajez ferm în acest sens și, până la sfârșit, au așteptat rezultatul cu un extraordinar tact și răbdare. Le sunt foarte mult îndatorat, mai ales lui Charles Morris, pentru felul în care au știut să mă stimuleze și să mă sfătuiască în legătură cu manuscrisul. Limitele de spațiu ale *Enciclopediei* m-au obligat însă să-mi prezint ideile într-o formă extrem de condensată și schematică. Deși evenimentele ulterioare au atenuat restricțiile, făcând posibilă o publicare simultană independentă,

această lucrare rămâne un eseu mai degrabă decât o lucrare completă așa cum o va cere până la urmă tema mea.

Deoarece obiectivul meu cel mai important este stimularea unei schimbări în perceperea și evaluarea datelor familiare, caracterul schematic al acestei prime prezentări nu este neapărat un defect. Dimpotrivă, cititorii pe care propriile cercetări i-au pregătit pentru genul de reorientare susținut aici pot considera forma eseului mai sugestivă și mai lesne de asimilat. Dar ea are și dezavantaje și acestea pot justifica ilustrarea de la bun început a aspectelor pe care sper să le extind și să le adâncesc până la urmă într-o versiune lărgită. Există o informație istorică mult mai amplă decât cea pe care spațiul acestui volum îmi permite să o prelucrez în paginile ce urmează. Informația provine atât din istoria științelor biologice cât și din cea a științelor fizice. Decizia mea de a opera aici exclusiv cu cea din urmă a fost luată, pe de o parte, pentru a spori coerența acestui eseu și, pe de altă parte, datorită unor motive de competență. În plus, concepția despre știință care va fi dezvoltată aici sugerează rodnicia potențială a unor noi tipuri de cercetări, atât istorice cât și sociologice. De pildă, felul în care anomaliiile sau înșelarea așteptărilor atrag tot mai mult atenția unei comunități științifice necesită un studiu detaliat; aceeași observație este valabilă și pentru apariția crizelor care pot fi generate de eșecul repetat în corectarea unei anomalii. De asemenea, dacă nu greșesc afirmând că fiecare revoluție științifică modifică perspectiva istorică a comunității care o trăiește, atunci această schimbare de perspectivă trebuie să afecteze structura manualelor și publicațiilor științifice postrevoluționare. Un asemenea efect — o modificare a literaturii tehnice citate la subsolul rapoartelor de cercetare — ar trebui studiat ca un indicator posibil al apariției revoluțiilor.

Necesitatea unei condensări drastice m-a obligat de asemenea să omit discutarea unui număr de probleme majore. Distincția pe care am făcut-o între perioadele pre- și postparadigmatice în dezvoltarea științei este, de pildă, mult prea schematică. Fiecare din școlile a căror competiție caracterizează perioada anterioară este ghidată de ceva foarte asemănător unei paradigme; există cazuri, deși cred că sunt rare, când două paradigme pot coexista

pașnic într-o perioadă ulterioară. Simpla existență a unei paradigme nu este un criteriu suficient pentru tranziția evolutivă discutată în secțiunea a II-a. Mai important este faptul că, cu excepția unor scurte remarci secundare, nu am spus nimic despre rolul progresului tehnologic sau al condițiilor de natură socială, economică și intelectuală în dezvoltarea științelor. E suficient însă să ne gândim la Copernic și la calendar pentru a vedea că împrejurările pot contribui la transformarea unei simple anomalii într-o sursă de criză acută. Același exemplu ar putea ilustra modul în care condițiile din afara științei pot influența aria alternativelor de care dispune cel ce caută să pună capăt unei crize, propunând o reformă revoluționară sau alta⁴. Cred că luarea în considerație în mod explicit a unor asemenea efecte nu ar modifica principalele teze dezvoltate în acest eseu, dar ar adăuga cu siguranță o dimensiune analitică de primă importanță pentru înțelegerea progresului științific.

În sfârșit, și poate cel mai important, limitele de spațiu au afectat drastic tratarea implicațiilor filozofice ale concepției istorice despre știință a acestui eseu. Evident, există astfel de implicații, și am încercat să le evidențiez și să le ilustrez pe cele mai importante. Dar procedând astfel, m-am abținut de regulă să intru într-o discuție detaliată a variatelor poziții luate de filozofii contemporani în problemele respective. Scepticismul pe care l-am manifestat în unele cazuri viza mai degrabă o atitudine filozofică decât vreuna din expresiile ei pe deplin articulate. S-ar putea deci ca unii dintre filozofii la care mă refer să aibă impresia că nu i-am înțeles. Cred că nu au dreptate, dar acest eseu nu are menirea să-i convingă.

⁴ Acești factori sunt discutați în T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 122–132, 270–271. Alte efecte ale condițiilor externe intelectuale și economice asupra dezvoltării științifice efective sunt ilustrate în articolele mele: „Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery“, *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 321–356; „Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot“, *Archives internationales d'histoires des sciences*, XIII, (1960) 247–251; și „Sadi Carnot and Cagnard Engine“, *Isis*, LII (1961), 567–574. Așadar, numai în raport cu problemele discutate în acest eseu consider rolul factorilor externi ca fiind minor.

Pentru a-i convinge ar fi fost nevoie de o carte mult mai dezvoltată și foarte diferită de cea de față.

Fragmentele autobiografice cu care începe această prefață au menirea să facă cunoscut ce dătez esențialmente atât lucrărilor de erudiție cât și instituțiilor care au contribuit la conturarea concepției mele. Restul acestei datorii intelectuale voi încerca să-l achit în citatele din paginile ce urmează. Dar cele spuse mai sus sau în continuare nu pot decât să sugereze numărul și natura obligațiilor mele personale față de oamenii ale căror sugestii și critici au susținut și orientat, în diferite etape, dezvoltarea mea intelectuală. S-a scurs mult prea mult timp de când ideile acestui eseu au început să se închege; o listă a tuturor celor care pot într-adevăr găsi în aceste pagini semne ale influenței lor ar fi aproape identică cu o listă a prietenilor și cunoscuților mei. De aceea, mă voi limita la câteva influențe foarte semnificative pe care nici măcar o memorie deficitară nu le poate uita vreodată.

James B. Conant, pe atunci președinte al universității Harvard, a fost primul care m-a introdus în istoria științei și care a inițiat astfel transformarea concepției mele despre natura progresului științific. De la bun început, el a fost generos cu ideile și criticile sale, cu timpul său — inclusiv timpul necesar pentru a citi și sugera schimbări importante în ciorna manuscrisului meu. Leonard K. Nash, cu care am predat vreme de cinci ani cursul orientat istoric inițiat de dr. Conant, a fost un colaborator și mai activ de-a lungul anilor în care mi-am format ideile; i-am resimțit mult lipsa în stadiile ulterioare de dezvoltare a acestor idei. Din fericire însă, după plecarea mea de la Cambridge, rolul său de „cutie de rezonanță creatoare“ a fost preluat de colegul meu de la Berkeley, Stanley Cavell. Faptul că Cavell, un filozof preocupat mai ales de etică și estetică, a ajuns la concluzii atât de apropiate de ale mele m-a stimulat și încurajat permanent. Mai mult, el este singurul cu care am fost în stare să-mi explorez ideile în faze neterminate. Acest mod de comunicare atestă o înțelegere care i-a permis să-mi arate calea de a trece de și de a ocoli câteva obstacole majore întâlnite în cursul pregătirii primei versiuni a manuscrisului.

De la schițarea acestei versiuni, mulți alți prieteni m-au ajutat să o reformulez. Cred că mă vor scuza dacă voi numi doar patru

dintre ei, ale căror contribuții au fost foarte ample și decisive: Paul K. Feyerabend de la Berkeley, Ernest Nagel de la Columbia, H. Pierre Noyes de la laboratorul de radiații Lawrence, și studentul meu, John L. Heilbron, care a colaborat adesea strâns cu mine în pregătirea versiunii finale pentru publicat. Rezervele și sugestiile lor m-au ajutat foarte mult. Dar n-am nici un motiv să cred (și am unele pentru care mă îndoiesc) că ei sau ceilalți, menționați anterior, sunt integral de acord cu manuscrisul care a rezultat.

Ceea ce datorez, în fine, părinților mei, soției și copiilor este de o altă natură. În diferite feluri (pe care le voi recunoaște probabil ultimul), fiecare din ei și-a adus contribuția sa intelectuală la lucrarea mea. Dar, în măsură diferită, ei au făcut ceva mult mai important. Și anume: m-au lăsat și chiar m-au încurajat să mă dedic acestei lucrări. Oricine s-a înghămat la un proiect ca al meu va recunoaște sacrificiile pe care ei au fost nevoiți să le facă uneori. Nu știu cum să le mulțumesc.

T.S.K.
Berkeley, California
Februarie, 1962

I

Introducere: un rol pentru istorie

Dacă este considerată a fi mai mult decât un inventar de anecdotică sau cronologie, istoria poate produce o transformare decisivă în imaginea despre știință dominantă astăzi. Această imagine a fost până acum dedusă, chiar de oamenii de știință, mai ales din studiul realizărilor științifice încheiate, așa cum apar ele consemnate în opere clasice și, mai recent, în manualele din care fiecare nouă generație științifică își învață meseria. În mod inevitabil însă, scopul unor asemenea cărți este persuasiv și pedagogic; conceptul de știință dedus din ele nu are mai multe șanse să corespundă realității care l-a produs decât o imagine a unei culturi naționale dedusă dintr-o broșură turistică sau dintr-un manual pentru învățat limba țării respective. Acest eseu încearcă să dovedească că am fost în mod fundamental induși în eroare de ele. Scopul lui este de a schița un concept cu totul diferit despre știință, așa cum rezultă din datele istorice ale înseși activității de cercetare.

Dar noul concept nu rezultă nici măcar din istorie, dacă datele istorice continuă să fie căutate și examinate îndeosebi pentru a răspunde la întrebări puse potrivit unui stereotip anistoric, caracteristic manualelor științifice. Aceste manuale par adesea să implice, de pildă, că conținutul științei este exemplificat exclusiv de observații, legi și teorii descrise în paginile lor. Aproape la fel de des, aceleași cărți par să afirme că metodele științifice sunt numai cele ilustrate de tehnicile manipulative folosite în culegerea datelor din manuale, împreună cu operațiile logice aplicate la corelarea acestor date cu generalizările teoretice ale manualului. Ceea ce a rezultat de aici a fost un concept al științei cu profunde implicații pentru natura și dezvoltarea ei.

Dacă știința este constelația faptelor, teoriilor și metodelor adunate în manualele curente, atunci practicienii științei sunt

oameni care s-au străduit, cu sau fără succes, să contribuie cu un element sau altul la această constelație particulară. Dezvoltarea științei devine atunci procesul fragmentar prin care aceste elemente au fost adăugate, singure, sau în combinații, stocului mereu în creștere care constituie metoda și cunoașterea științifică. Iar istoria științei devine disciplina care consemnează aceste creșteri succesive și obstacolele care au stat în calea acumulării lor. Preocupat de dezvoltarea științei, istoricul pare deci să aibă două sarcini principale. Pe de o parte, el trebuie să determine de către cine și în ce moment au fost descoperite sau inventate fiecare fapt, teorie sau lege a științei. Iar pe de altă parte, el trebuie să descrie și să explice nenumăratele erori, mituri și superstiții care au împiedicat acumularea mai rapidă a elementelor care alcătuiesc manualele moderne de știință. O mare parte a cercetării a fost și mai este încă orientată în acest scop.

În anii din urmă, câțiva istorici ai științei s-au lovit de tot mai multe dificultăți în îndeplinirea funcțiilor la care îi obligă conceptul de dezvoltare-prin-acumulare. Ca cronicari ai unui proces cumulativ, ei constată că noile cercetări, departe de a înlesni, fac tot mai dificile răspunsurile la întrebări cum ar fi: Când a fost descoperit oxigenul? Cine a conceput primul conservarea energiei? Într-o măsură tot mai mare, unii dintre ei bănuiesc că acestea sunt pur și simplu întrebări greșite. Poate că știința nu se dezvoltă prin acumularea unor descoperiri și invenții individuale. Simultan, acești istorici întâmpină dificultăți sporite în a distinge componenta „științifică” a observației și convingerii unui om de știință din trecut de ceea ce predecesorii lor s-au grăbit să eticheteze drept „eroare” și „superstiție”. Cu cât studiază mai atent (să zicem) dinamica aristotelică, chimia flogisticului sau termodinamica calorică, cu atât devin mai convinși că aceste concepții despre natură, odinioară dominante, nu erau în ansamblu mai puțin științifice și nici nu reprezentau, mai mult decât cele curente în zilele noastre, produsul idiosincrasiei umane. Dacă aceste convingeri depășite sunt etichetate mituri, atunci miturile pot fi produse de aceleași tipuri de metode și justificate de aceleași tipuri de argumente care astăzi duc la cunoaștere științifică. Dacă, pe de altă parte, ele sunt considerate știință, atunci știința a încorporat convingeri cu totul in-

compatibile cu cele acceptate astăzi. În fața acestor alternative, istoricul trebuie să o aleagă pe ultima. Teoriile depășite nu sunt în principiu neștiințifice pentru că s-a renunțat la ele. Această alegere face însă mai dificilă conceperea dezvoltării științifice ca un proces de acumulare. Aceeași cercetare istorică, care dezvăluie dificultățile de identificare a invențiilor și descoperirilor individuale, ne face să ne îndoim serios de procesul cumulativ prin care se credea că au loc aceste contribuții individuale la ansamblul științei.

Urmarea tuturor acestor îndoieli și dificultăți este o revoluție istoriografică în studiul științei, aflată încă în stadiile ei timpurii. Treptat, și adesea fără să își dea seama în întregime de acest lucru, istorici ai științei au început să pună noi tipuri de întrebări și să urmărească linii diferite și adesea necumulative de dezvoltare a științelor. În loc să caute contribuțiile permanente ale unei științe mai vechi la imaginea noastră de astăzi, ei încearcă mai degrabă să dezvăluie integritatea istorică a acelei științe în vremea sa. Ei cercetează, de pildă, nu relația dintre concepțiile lui Galilei și cele ale științei moderne, ci mai degrabă relația dintre concepțiile acestuia și cele ale grupului său, adică, profesorii, contemporanii și urmașii săi imediați. Apoi, ei insistă asupra studierii opiniilor acelui grup și ale altora similare din punctul de vedere (de obicei atât de diferit de cel al științei moderne) care asigură acestor opinii o coerență internă maximă și o adecvare cât mai riguroasă la natură. Văzută prin prisma unor astfel de cercetări, poate cel mai bine ilustrate de lucrările lui Alexandre Koyré, știința nu mai pare deloc să fie ceea ce aveau în vedere adepții tradiției istoriografice anterioare. Cel puțin prin implicație, asemenea studii istorice sugerează posibilitatea unei noi imagini a științei. Eseul de față încearcă să contureze această imagine făcând explicite unele din implicațiile noii istoriografii.

Ce aspecte ale științei se vor impune cu precădere în cursul acestei încercări? Primul, cel puțin în ordinea prezentării, este insuficiența normelor metodologice de a dicta, prin ele însele, un unic răspuns real la numeroasele tipuri de întrebări științifice. Îndemnat să examineze fenomene electrice sau chimice, un om care nu cunoaște aceste domenii dar care știe ce înseamnă a fi științific poate să ajungă, în mod legitim, la oricare dintr-un număr

de concluzii incompatibile. Între aceste posibilități legitime, concluziile particulare la care el ajunge sunt probabil determinate de experiența sa anterioară în alte domenii, de accidente de investigație sale și de propria sa constituție intelectuală. Ce idei despre stele, de pildă, introduce el în studiul chimiei sau electricității? Care din numeroasele experimente, conceptibile și relevante pentru noul domeniu, preferă el să îl realizeze în primul rând? Și ce aspecte ale fenomenului complex ce va rezulta astfel îl vor izbi ca deosebit de relevante elucidării naturii transformării chimice sau atracției electrice? Pentru individ, cel puțin, și uneori chiar și pentru comunitatea științifică, răspunsurile la asemenea întrebări sunt adesea determinanți esențiali ai dezvoltării științifice. Vom consemna, de exemplu, în secțiunea a II-a, că stadiile timpurii de dezvoltare ale majorității științelor au fost caracterizate de o competiție continuă între câteva concepții distincte despre natură, fiecare fiind parțial derivată din — și toate fiind aproximativ compatibile cu — normele observației și metodei științifice. Ceea ce deosebea aceste școli diferite nu era un eșec sau altul de metodă — toate erau „științifice” — ci ceea ce vom numi mai târziu modurile lor incommensurabile de a concepe lumea și de a face știință în cadrul ei. Observația și experiența pot și trebuie să restrângă drastic sfera ideilor științifice admisibile, căci altfel nu ar mai fi știință. Dar, singure, ele nu pot determina un sistem particular de asemenea idei. Un element aparent arbitrar, ținând de întâmplări personale și istorice, este întotdeauna un ingredient constitutiv al ideilor îmbrățișate de o anumită comunitate științifică la un moment dat.

Un asemenea element arbitrar nu indică însă că un grup științific, oricare ar fi el, ar putea să-și facă meseria fără o mulțime de idei acceptate; după cum el nu diminuează importanța constelației particulare față de care, la un moment dat, acel grup este realmente angajat. Cercetarea efectivă începe rareori înainte ca o comunitate științifică să fie convinsă că deține răspunsuri ferme la asemenea întrebări: care sunt entitățile fundamentale care alcătuiesc universul? Cum interacționează ele cu fiecare în parte și cu simțurile? Ce întrebări pot fi legitim puse relativ la asemenea entități și ce tehnici pot fi folosite în căutarea răspunsurilor? Cel puțin în științele mature, răspunsurile (sau înlocuitorii deplin ai

răspunsurilor) la întrebări ca acestea sunt adânc înrădăcinate în inițierea care îl pregătește și îl autorizează pe student să-și practice profesiunea. Întrucât această educație este atât riguroasă cât și rigidă, asemenea răspunsuri ajung să exercite o influență adâncă asupra gândirii științifice. Acest fapt explică în mare măsură eficiența deosebită a activității normale de cercetare, ca și direcția în care ea este orientată într-un moment dat. Examinând știința normală în secțiunile III, IV și V, vom sfârși prin a o caracteriza ca o încercare perseverentă și pasionată de a „potrivi” natura în tiparele conceptuale oferite de educația profesională. În același timp, ne vom întreba dacă cercetarea se poate realiza fără asemenea tipare, oricare ar fi partea de arbitrar din originile lor istorice, și uneori, din dezvoltarea lor ulterioară.

Totuși, această parte de arbitrar este prezentă și are o înrăurire importantă asupra dezvoltării științei, o înrăurire ce va fi examinată detaliat în secțiunile VI, VII și VIII. Știința normală, activitatea în care cei mai mulți oameni de știință își petrec inevitabil aproape tot timpul lor, este întemeiată pe presupunerea că comunitatea științifică știe cum arată universul. O mare parte din succesul întreprinderii derivă din dorința comunității științifice de a apăra această presupunere, dacă e nevoie chiar cu un preț considerabil. Știința normală, de exemplu, suprimă adesea noutăți fundamentale, întrucât acestea subminează necesarmente opțiunile ei de bază. Cu toate acestea, atâta vreme cât aceste opțiuni conțin un element de arbitrar, însăși natura cercetării normale garantează că noutatea nu va fi suprimată multă vreme. Uneori, o problemă normală care ar trebui să fie rezolvată prin reguli și proceduri cunoscute rezistă asaltului repetat al celor mai capabili membri ai grupului științific în a căror competență cade. În alte ocazii, un aparat proiectat și construit pentru scopurile cercetării normale nu funcționează potrivit anticipărilor, dezvăluind o anomalie care, în ciuda eforturilor repetate, nu se conformează așteptărilor profesionale. În aceste privințe și în altele, știința normală apucă frecvent pe căi greșite. Iar când o face — așadar, când comunitatea nu mai poate evita anomaliile care subminează tradițiile existente ale practicii științifice —, atunci încep investigații extraordinare care orientează până la urmă comunitatea spre o nouă mulțime de opțiuni, o nouă

bază pentru practica științei. Episoadele extraordinare în cursul cărora se produc aceste modificări ale opțiunilor profesionale sunt caracterizate în acest sens ca revoluții științifice. Ele sunt adaosurile-distrugătoare-de-tradiții la activitatea-constrânsă-de-tradiții a științei normale.

Cele mai evidente exemple de revoluții științifice sunt acele faimoase episoade în dezvoltarea științei care au fost adesea numite revoluții și mai înainte. De aceea, în secțiunile IX și X, în care este examinată direct natura revoluțiilor științifice, ne vom ocupa de momente de cotitură majore în dezvoltarea științei, legate de numele lui Copernic, Newton, Lavoisier și Einstein. Mai limpede decât majoritatea celorlalte episoade din istoria științei (cel puțin a științelor fizice), acestea dezvăluie substanța tuturor revoluțiilor științifice. Fiecare dintre ele a necesitat respingerea de către comunitate a unei teorii științifice, odinioară respectată, în favoarea alteia, incompatibilă cu ea. Fiecare a produs o transformare ulterioară în problemele supuse examenului științific și în standardele după care comunitatea stabilea ceea ce poate fi socotit drept o problemă admisibilă sau o soluție legitimă a unei probleme. Și fiecare transforma reprezentarea științifică în moduri pe care vom fi nevoiți până la urmă să le caracterizăm ca o transformare a lumii în care era efectuată munca științifică. Asemenea schimbări, împreună cu controversele care le însoțesc aproape întotdeauna, sunt trăsăturile definitorii ale revoluțiilor științifice.

Aceste trăsături reies cu deosebită claritate, de pildă, dintr-un studiu al revoluției newtoniene sau al celei chimice. Există însă o teză fundamentală a acestui eseu, potrivit căreia ele pot fi de asemenea deduse din studierea multor altor episoade care nu erau într-atât de vizibil revoluționare. Pentru grupul profesional mult mai restrâns afectat de ele, ecuațiile lui Maxwell erau la fel de revoluționare ca și cele ale lui Einstein, fiindu-le opusă aceeași rezistență. Inventarea altor noi teorii stârnește regulat aceleași reacții din partea unora dintre specialiștii a căror sferă de competență exclusivă este astfel încălcată. Pentru acești oameni, noua teorie implică o schimbare a regulilor ce guvernau practica anterioară a științei normale. De aceea, inevitabil, ea se răsfrânge asupra unei bune părți din munca științifică pe care ei au încheiat-o deja cu

succes. Iată de ce o nouă teorie, oricât de special ar fi domeniul ei de aplicație, nu este decât arareori sau niciodată doar un adaos la ceea ce este deja cunoscut. Asimilarea ei impune reconstrucția teoriei anterioare și reevaluarea faptelor anterioare — un proces intrinsec revoluționar care nu este decât rareori dus la bun sfârșit de către un singur om și niciodată peste noapte. Nu e de mirare că istoricii au avut dificultăți în datarea precisă a acestui proces îndelungat pe care vocabularul lor îi îndeamnă să-l conceapă ca un eveniment izolat.

Invențiile noilor teorii nu sunt însă singurele evenimente științifice care au o influență revoluționară asupra specialiștilor în al căror domeniu survin. Opțiunile care guvernează știința normală specifică nu numai tipurile de entități pe care le conține universul, ci, prin implicație, și pe cele pe care nu le conține. Deși acest aspect va cere o discuție mai amplă, rezultă că o descoperire ca aceea a oxigenului sau a razelor X nu adaugă pur și simplu un nou element mulțimii obiectelor care alcătuiesc universul omului de știință. Până la urmă ea are acest efect, dar nu înainte ca comunitatea profesională să-și fi reevaluat procedurile experimentale tradiționale, să-și fi modificat concepția asupra entităților cu care se obișnuise de multă vreme și, în cursul acestui proces, să-și fi transformat rețeaua teoretică pe care o aplică lumii. Faptul și teoria științifică nu sunt categoric separabile, exceptând poate înăuntrul unei singure tradiții de practică științifică normală. Iată de ce descoperirea neașteptată nu are numai o semnificație factuală și de ce universul omului de știință este calitativ transformat și cantitativ îmbogățit de noutăți fundamentale factuale sau teoretice.

Această concepție cuprinzătoare despre natura revoluțiilor științifice este cea conturată în paginile ce urmează. Indiscutabil, această cuprindere forțează accepția obișnuită. Totuși, voi continua să vorbesc chiar despre descoperiri ca fiind revoluționare, deoarece tocmai posibilitatea de a corela structura lor cu cea a revoluției copernicane, să zicem, face ca această concepție cuprinzătoare să mi se pară atât de importantă. Discuția precedentă arată modul în care noțiunile complementare de știință normală și de revoluții științifice vor fi dezvoltate în următoarele nouă secțiuni. Restul

eseului încearcă să lămurească alte trei probleme centrale. Secțiunea XI, discutând tradiția manualelor, explică de ce până acum a fost atât de greu să discernem revoluțiile științifice. Secțiunea XII descrie competiția revoluționară dintre partizanii vechii tradiții de știință normală și adepții celei noi. Ea examinează așadar procesul care, într-o teorie a investigației științifice, ar trebui într-un fel să înlocuiască procedurile de confirmare sau infirmare cu care ne-a familiarizat imaginea noastră curentă despre știință. Competiția între segmente ale comunității științifice este singurul proces istoric care rezultă realmente din respingerea unei teorii anterior acceptate sau din adoptarea alteia. În sfârșit, secțiunea XIII se va întreba cum poate fi compatibilă dezvoltarea prin revoluții cu caracterul aparent unic al progresului științific. La această întrebare însă, eseul de față nu va oferi decât liniile generale ale unui răspuns, deoarece caracteristicile comunității științifice necesită o examinare mult mai detaliată.

Fără îndoială, unii cititori se vor fi întrebat deja dacă studiul istoric poate într-adevăr produce transformarea conceptuală vizată aici. Există un întreg arsenal de dihotomii care sugerează că nu poate fi vorba de așa ceva. Istoria, ni se spune foarte adesea, este o disciplină pur descriptivă. Tezele avansate mai sus sunt însă de multe ori interpretative iar uneori normative. La fel, multe din generalizările mele privesc sociologia sau psihologia socială a oamenilor de știință; totuși, cel puțin câteva din concluziile mele aparțin, prin tradiție, logicii sau epistemologiei. În paragraful precedent se pare că am nesocotit chiar influența distincție contemporană între „contextul descoperirii” și „contextul justificării”. Poate oare acest amestec de diverse domenii și preocupări să indice altceva decât o gravă confuzie?

Distanțarea intelectuală de aceste distincții și altele asemănătoare nu mă face mai puțin conștient de importanța și forța lor. Mulți ani le-am considerat relevante naturii cunoașterii și încă mai cred că, reformulate corespunzător, ele au ceva important de spus. Totuși, încercările mele de a le aplica, chiar *grosso modo*, situațiilor reale în care cunoașterea este dobândită, acceptată și asimilată le-a făcut să pară extrem de problematice. În loc de a fi distincții logice

și metodologice elementare care ar preceda astfel analiza cunoașterii științifice, ele par acum să fie părți integrate ale unei mulțimi tradiționale de răspunsuri efective la înseși întrebările la care au fost aplicate. Această circularitate nu le invalidează nicidecum, ci le transformă în părți ale unei teorii și astfel le supune aceluiași examen aplicat regulat teoriilor din alte domenii. Dacă este vorba să aibă drept conținut ceva mai mult decât abstracții pure, atunci acest conținut trebuie descoperit observându-le în aplicarea la date pe care ele sunt menite să le elucideze. Cum ar putea istoria științei să nu fie o sursă de fenomene la care li se poate cere în mod îndreptățit teoriilor despre cunoaștere să se refere?

II

Calea spre știința normală

În acest sens, „știință normală” înseamnă cercetare bazată ferm pe una sau mai multe realizări științifice trecute, realizări pe care o anumită comunitate științifică le recunoaște, pentru o vreme, drept bază a practicii ei. Asemenea realizări sunt repovestite astăzi (deși rareori în forma lor inițială) în manualele științifice, elementare sau avansate. Manualele expun conținutul teoriei acceptate, ilustrează numeroase sau toate aplicațiile ei reușite, și le compară cu observații și experimente exemplare. Înainte ca asemenea cărți să devină populare, la începutul secolului al XIX-lea (și chiar mai recent în științele maturizate ulterior), numeroase lucrări clasice celebre îndeplineau o funcție similară. *Fizica* lui Aristotel, *Almagest* al lui Ptolemeu, *Principia* și *Optica* lui Newton, *Electricitatea* lui Franklin, *Chimia* lui Lavoisier și *Geologia* lui Lyell — toate aceste lucrări, și multe altele, au definit implicit (pentru o vreme) problemele și metodele legitime ale unui domeniu de cercetare pentru generații succesive de practicieni. Ele puteau îndeplini această misiune întrucât împărtășeau două caracteristici esențiale. Realizările lor erau suficient de noi pentru a atrage un grup durabil de aderenți, îndepărtându-i de moduri rivale de activitate științifică. În același timp, ele erau suficient de deschise, de neîncheiate, pentru a lăsa soluționarea multor tipuri de probleme în sarcina noului grup de practicieni.

Realizările care împărtășesc aceste două caracteristici le voi numi în continuare „paradigme”, un termen strâns înrudit celui de „știință normală”. Alegându-l, am vrut să sugerez că unele exemple acceptate de practica științifică reală — exemple care cuprind, laolaltă, legi, teorii, aplicații și instrumentație — oferă modele din care apar anumite tradiții coerente de cercetare științifică. Ele sunt tradiții pe care istoricul le descrie sub rubrici ca

„astronomie ptolemaică” (sau „copernicană”), „dinamică aristotelică” (sau „newtoniană”), „optică corpusculară” (sau „ondulatoare”) ș.a.m.d. Studiarea paradigmatelor (incluzând și multe altele, mult mai specializate decât cele exemplificate înainte) este principala sursă de pregătire a studentului pentru a deveni membru într-o anumită comunitate științifică cu care va lucra mai târziu. Întrucât se va alătura unor oameni care au învățat bazele domeniului lor din aceleași modele concrete, practica sa ulterioară va duce rareori la un dezacord deschis în probleme fundamentale. Oamenii a căror cercetare este bazată pe aceleași paradigme sunt angajați față de aceleași reguli și standarde de practică științifică. Această angajare și consensul evident pe care ea îl produce sunt condiții indispensabile ale științei normale, adică ale genezei și continuării unei anumite tradiții de cercetare.

Deoarece conceptul de paradigmă va înlocui adesea, în acest eseu, o varietate de noțiuni familiare, trebuie spus mai mult despre motivele introducerii lui. De ce este realizarea științifică concretă (ca reper al angajării profesionale) anterioară diferitelor concepte, legi, teorii și puncte de vedere ce pot fi abstrase din ea? În ce sens o paradigmă comună este o unitate fundamentală pentru cercetătorul dezvoltării științei, o unitate care nu poate fi pe deplin redusă la constituentii ei logici elementari care ar putea funcționa în locul ei? Când le vom întâlni în secțiunea V, răspunsurile la aceste întrebări și la altele asemănătoare se vor dovedi fundamentale pentru înțelegerea științei normale și a conceptului, înrudit, de paradigmă. Dar acea discuție abstractă va depinde de o examinare anterioară a unor exemple de funcționare efectivă a științei normale sau a paradigmei. În particular, ambele aceste concepte înrudite vor fi elucidate remarcând că poate exista un tip de cercetare științifică în lipsa paradigmatelor sau, cel puțin, în lipsa unora atât de neechivoce și constrângătoare ca cele citate mai înainte. Asimilarea unei paradigme și a cercetării mai ezoterice pe care ea o favorizează este un semn de maturitate în dezvoltarea oricărei științe.

Dacă merge înapoi pe firul cunoașterii științifice a oricărui grup particular de fenomene înrudite, istoricul va întâlni probabil unele variante minore ale unui model ilustrat aici prin istoria opticii.

Manualele de fizică din zilele noastre îi spun studentului că lumina înseamnă fotoni, adică entități mecanice-cuantice având unele caracteristici ondulatorii și unele corpusculare. Cercetarea se efectuează în consecință sau, mai degrabă, corespunzător caracterizării mai minuțioase și matematice din care este derivată această obișnuită formulare verbală. Această caracterizare a luminii nu este însă mai veche de o jumătate de secol. Înainte de a fi fost dezvoltată de către Planck, Einstein și alții la începutul acestui secol, textele de fizică ne învățau că lumina era o mișcare ondulatorie transversală — o concepție bazată pe o paradigmă derivată, în ultimă instanță, din lucrările de optică ale lui Young și Fresnel de la începutul secolului trecut. Dar teoria ondulatorie nu a fost prima care să fie adoptată de majoritatea fizicienilor din domeniul opticii. În secolul al XVIII-lea, paradigma respectivă era dată de *Optica* lui Newton, care susținea că lumina este constituită din corpusculi materiali. În acea vreme, fizicienii căutau dovezi (pe care primii adepți ai teoriei ondulatorii nu le căutaseră) ale presiunii exercitate de particulele de lumină asupra corpurilor solide¹.

Transformările paradigmelor opticii sunt revoluții științifice, iar tranziția succesivă de la o paradigmă la alta prin revoluție constituie modelul obișnuit de dezvoltare a științei mature. Ceea ce nu este caracteristic perioadei anterioare operei lui Newton și tocmai acest contrast ne interesează aici. Nici o perioadă cuprinsă între Antichitatea îndepărtată și sfârșitul secolului al XVII-lea nu indică o singură concepție, general acceptată, despre natura lumii. Dimpotrivă, un număr de școli și subșcoli rivale adoptau o variantă sau alta a teoriilor epicureene, aristotelice sau platoniciene. Un grup considera că lumina înseamnă particule emanate de corpuri materiale; pentru un altul, ea era o modificare a mediului interpus între corp și ochi; un al treilea explica lumina prin interacțiunea dintre mediu și o emanație a ochiului; și mai erau și alte combinații și modificări. Fiecare dintre școlile respective se sprijinea pe o metafizică anumită; și fiecare scotea în evidență, ca observații paradigmatiche, un anumit grup de fenomene optice pe care propria

¹ Joseph Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours* (Londra, 1772) pp. 385–390.

ei teorie putea să-l explice cel mai bine. Celelalte observații erau tratate prin formule *ad hoc* sau rămâneau probleme în suspensie pentru cercetări ulterioare².

În diferite perioade, toate aceste școli au adus contribuții importante la ansamblul de concepte, fenomene și tehnici din care Newton a derivat prima paradigmă, aproape unanim acceptată, a opticii fizice. Orice definiție a omului de știință care îi exclude cel puțin pe cei mai creativi membri ai acestor școli diferite îi va exclude de asemenea și pe urmașii lor moderni. Acei bărbați erau oameni de știință. Totuși, oricine studiază istoria opticii prenewtoniene poate foarte bine să conchidă că, deși practicienii domeniului erau oameni de știință, produsul net al activității lor era ceva mai puțin decât știință. Nefiind în stare să adopte nici un corp comun de idei, fiecare din ei se simțea obligat să reconstruiască edificiul opticii fizice din temelii. Procedând astfel, fiecare era relativ liber să-și aleagă observațiile și experimentele confirmatoare, pentru că nu exista un ansamblu standard de metode sau de fenomene pe care fiecare optician să fie obligat să-l folosească și să-l explice. În aceste condiții, cărțile apărute constituiau adesea nu numai un dialog cu natura, dar și cu membrii altor școli. Acest model nu este neobișnuit, astăzi, într-o serie de domenii de creație, după cum nu este incompatibil cu descoperiri sau invenții semnificative. El nu este însă modelul de dezvoltare urmat de optica fizică postnewtoniană și cu care ne-au familiarizat, astăzi, celelalte științe ale naturii.

Istoria cercetărilor asupra electricității din prima jumătate a secolului al XVIII-lea oferă un exemplu mai concret și mai bine cunoscut al modului în care se dezvoltă o știință înainte de a-și asimila prima paradigmă universal acceptată. În această perioadă existau aproape tot atâtea concepții despre natura electricității, câți experimenatori importanți: Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollet, Watson, Franklin și alții. Numeroasele concepții despre electricitate aveau, toate, ceva comun, și anume erau parțial derivate din una sau alta dintre versiunile filozofiei mecanico-corporale care ghida întreaga cercetare științifică a epocii.

² Vasco Ronchi, *Histoire de la lumière*, tr. J. Taton (Paris, 1956), Cap. I–IV.

În plus, toate erau componente ale unor teorii științifice reale, teorii care fuseseră obținute, în parte, din observații și experimente, și care determinau parțial alegerea și interpretarea problemelor noi abordate în cercetare. Totuși, deși toate experimentele erau din domeniul electricității și deci mai mulți dintre experimenatorii citeau lucrările celorlalți, teoriile lor nu aveau mai mult decât o „asemănare de familie”³.

Un grup mai vechi de teorii, urmând practica secolului al șaptesprezecelea, considera atracția și producerea prin frecare drept fenomenele electrice fundamentale. Acest grup era înclinat să trateze respingerea ca un efect secundar, datorat unui fel de destindere mecanică, și de asemenea să amâne pe cât posibil atât discutarea cât și examinarea sistematică a efectului recent descoperit de către Gray, conducția electrică. Alți „electricieni” (termenul le aparține) considerau atracția și respingerea manifestări la fel de elementare ale electricității, modificându-și în consecință teoriile și cercetarea. (De fapt, acest grup era extrem de mic; nici măcar teoria lui Franklin n-a explicat vreodată întru totul respingerea reciprocă a două corpuri încărcate negativ.) Dar ei întâmpinau tot atâtea dificultăți ca și primul grup în explicarea simultană a celor mai simple efecte de conducție. Aceste efecte constituiau însă punctul de plecare al unui al treilea grup, care era înclinat să vadă în electricitate un „fluid” care curge prin conductori, mai degrabă decât un „efluviu” care emană de la neconductori. Acest grup, la rândul lui, avea dificultăți în a împăca teoria cu un număr de efecte

³ Duane Roller și Duane H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb* („Harvard Case Histories in Experimental Science”, Case 8, Cambridge, Mass., 1954) și I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), Cap. VII–XII. Pentru unele detalii analitice din paragraful care urmează, sunt îndatorat unui articol încă nepublicat al studentului meu, John L. Heilbron. Până la publicarea lui, o relatare mai amplă și mai precisă a apariției paradigmei lui Franklin este inclusă în T. S. Kuhn, „The Function of Dogma in Scientific Research”, în A. C. Crombie (Ed.), „Symposium on the History of Science, University of Oxford, July 9–15, 1961”, colecția Heinemann Educational Books, 1963.

de atracție și respingere. Numai prin opera lui Franklin și a urmașilor săi imediați a apărut o teorie care putea explica la fel de ușor aproape toate aceste efecte și care deci a fost capabilă să ofere și a oferit generației următoare de „electricieni” o paradigmă comună de cercetare.

Excluzând acele domenii, ca matematica și astronomia, în care primele paradigme solide datează din Antichitate, ca și acelea, ca biochimia, care au apărut prin diviziunea și recombinația unor specialități deja mature, situațiile schițate mai sus sunt, istoric, tipice. Deși, prin aceasta, continui să folosesc simplificarea nefericită care etichetează un episod istoric îndelungat cu un singur nume, oarecum arbitrar ales (de pildă, Newton sau Franklin), sunt de părere că dezacorduri fundamentale similare au caracterizat, de exemplu, studiul mișcării înainte de Aristotel și al staticii înainte de Arhimede, studiul căldurii înainte de Black, sau al chimiei înainte de Boyle și Boerhaave, ca și al geologiei istorice înainte de Hutton. În unele părți ale biologiei — studiul eredității, de pildă — primele paradigme universale admise sunt de dată și mai recentă; și rămâne încă de stabilit care părți ale științelor sociale și-au asimilat până acum asemenea paradigme. Istoria sugerează că drumul spre un consens ferm al cercetării este extrem de anevoios.

Dar istoria sugerează de asemenea și unele cauze ale dificultăților întâmpinate pe acest drum. În lipsa unei paradigme sau a unui candidat la paradigmă, toate faptele care ar putea avea vreo legătură cu dezvoltarea unei anumite științe au toate șansele să pară la fel de relevante. În consecință, într-o fază inițială, culegerea datelor este o activitate mult mai întâmplătoare decât cea cu care ne-a familiarizat dezvoltarea științifică ulterioară. Apoi, în lipsa unei rațiuni de a căuta o anumită informație, mai sofisticată, culegerea inițială a datelor se rezumă de obicei la bogăția de fapte aflate la îndemână. Provizia de date, astfel acumulate, le va cuprinde pe cele accesibile observațiilor și experimentelor întâmplătoare împreună cu unele din datele mai ezoterice obținute din meserii consacrate ca medicina, calendaristica sau metalurgia. Întrucât meseriile sunt o sursă ușor accesibilă de fapte care nu puteau fi descoperite întâmplător, tehnologia a jucat adesea un rol vital în apariția noilor științe.

Dar, deși acest gen de culegere a datelor a fost esențial în apariția multor științe importante, oricine studiază, de pildă, scrierile enciclopedice ale lui Pliniu sau istoriile naturale baconiene din secolul al șaptesprezecelea va descoperi că rezultatul este un talmeș-balmeș. Vom ezita oarecum să considerăm științifică această literatură. „Istoriile“ baconiene ale căldurii, culorii, vântului, mineritului ș.a.m.d. abundă în informații, unele obscure. Dar ele alătură fapte care se vor dovedi mai târziu revelatoare (de exemplu, încălzirea prin amestecare), altora (de exemplu, căldura grămezilor de bălegar) care, pentru o vreme, vor rămâne prea complexe pentru a putea fi integrate unei teorii⁴. În plus, întrucât orice descriere este inevitabil parțială, istoria naturală tipică omite adesea din relatările ei extrem de minuțioase tocmai acele detalii care, mai târziu, vor fi pentru oamenii de știință surse importante de înțelegere. Aproape nici una din „istoriile“ timpurii ale electricității, de exemplu, nu menționează că bucățile de hârtie atrase de o baghetă de sticlă frecată sunt apoi respinse. Acest efect părea mecanic, nu electric⁵. De altfel, deoarece adunarea întâmplătoare a faptelor dispune rareori de instrumentele necesare și de răgazul de a fi critică, istoriile naturale suprapun frecvent descrieri ca acelea de mai sus altora — să zicem, încălzirea prin antiperistază (sau prin răcire) — pe care astăzi nu suntem în stare să le confirmăm⁶. Numai cu totul ocazional, ca în cazul vechii statici, dinamici sau optici geometrice, faptele acumulate sub slaba îndrumare a unor teorii încă neacceptate se impun cu suficientă forță pentru a permite apariția unei prime paradigme.

⁴ De comparat cu schița unei istorii naturale a căldurii în *Novum Organum* al lui Bacon, vol. VIII din *The Works of Francis Bacon*, ed. J. Spedding, R. L. Ellis și D. D. Heath (New York, 1869), pp. 179–203.

⁵ Roller și Roller, *op. cit.*, pp. 14, 22, 28, 43. Efectele de respingere au fost unanim recunoscute ca fiind cert electrice numai după lucrarea menționată în ultimul din aceste exemple.

⁶ Bacon, *op. cit.*, pp. 235, 337, scrie: „Apa caldută îngheață mai ușor decât apa rece.“ O relatare parțială a istoriei timpurii a acestei bizare observații poate fi găsită în Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics* (New York, 1941), Cap. 4.

Aceasta este situația care a creat școlile caracteristice stadiilor timpurii ale dezvoltării unei științe. Nici o istorie a unei științe a naturii nu poate fi interpretată în absența (cel puțin a) unui corp implicit de convingeri teoretice și metodologice intim interpenetrate, care să permită selecția, evaluarea și critica. Dacă acest corp de convingeri nu este deja implicit în acumularea faptelor — în care caz, este vorba de mai mult decât „simple fapte“ la îndemână —, el trebuie să fie procurat din exterior, poate de la o filozofie curentă, de la o altă știință sau printr-un accident personal și istoric. Nu este deci de mirare că în stadiile timpurii de dezvoltare a oricărei științe, când sunt confrunțați cu aceeași clasă de fenomene, dar de obicei nu și cu aceleași fenomene particulare, oameni diferiți le descriu și le interpretează în moduri diferite. Ceea ce este însă surprinzător, și poate unic ca intensitate în domeniile pe care le numim știință, este că asemenea divergențe inițiale pot cândva dispărea într-o mare măsură.

Pentru că ele dispar, într-adevăr, într-o măsură considerabilă și, se pare, o dată pentru totdeauna. Dispariția lor este de obicei cauzată de triumful uneia dintre școlile anterioare paradigmei, aceea care, datorită propriilor ei convingeri și preconcepții, scotea în evidență numai o anumită parte a fondului informațional rudimentar și mult prea vast. Acei „electricieni“ care au conceput electricitatea ca un fluid și care deci au pus în mod deosebit accentul pe conducție reprezintă un exemplu concludent în această privință. Stimulați de această convingere (care făcea față cu greu multiplicității efectelor de atracție și respingere, deja cunoscute), unii dintre ei au avut ideea de a îmbutelia fluidul electric. Rezultatul imediat al eforturilor lor a fost butelia de Leyda, un dispozitiv care, probabil, n-ar fi fost niciodată descoperit printr-o explorare ocazională sau întâmplătoare a naturii, dar care de fapt a fost elaborat independent de cel puțin doi investigatori la începutul deceniului al patrulea al secolului al XVIII-lea⁷. Încă de la începutul cercetărilor sale asupra electricității, Franklin a fost deosebit de preocupat de a explica acest straniu și, pe atunci, extrem de revelator aparat. Reușita explicației sale a fost cel mai convingător argument

⁷ Roller și Roller, *op. cit.*, pp. 51–54.

care a făcut din teoria sa o paradigmă; deși o paradigmă încă incapabilă să explice chiar toate cazurile cunoscute de respingere electrică⁸. Pentru a fi acceptată ca o paradigmă, o teorie trebuie să pară superioară rivalelor sale, dar nu trebuie neapărat (și, de fapt, niciodată nu poate) să explice toate faptele cu care poate fi confruntată.

Teoria fluidului electric a însemnat pentru subgrupul care a adoptat-o ceea ce, mai târziu, a însemnat pentru întregul grup al „electricienilor” paradigma frankliniană. Ea indica experimentele care merită să fie realizate precum și cele care nu merită, fiind orientate doar spre aspectele secundare sau mult prea complexe ale fenomenelor electrice. Numai paradigma promovează o cercetare realmente eficientă: pe de o parte, pentru că prin încheierea disputelor dintre școli se pune astfel capăt reluării permanente a problemelor fundamentale; pe de altă parte, pentru că încrederea că se aflau pe calea cea bună îi încuraja pe oamenii de știință să întreprindă investigații mai precise, mai ezoterice și mai îndelungate⁹. Eliberat de preocuparea de a elucida natura fenomenelor electrice, grupul unit al „electricienilor” a putut investiga mai minuțios fenomene particulare, proiectând în acest scop aparate mult mai specializate, pe care le-au folosit mult mai sistematic și stăruitor decât au făcut-o vreodată înaintașii lor. Atât adunarea faptelor cât și articularea teoriei au devenit activități extrem de direcționate. Eficacitatea și eficiența cercetării în electricitate au

⁸ O dificultate supărătoare era respingerea reciprocă a corpurilor încărcate negativ; a se vedea Cohen, *op. cit.*, pp. 491–494, 531–543.

⁹ Trebuie însă remarcat că acceptarea teoriei lui Franklin nu a pus capăt tuturor disputelor. În 1753, Robert Symmer a propus o versiune cu două fluide a acelei teorii și mulți ani după aceea „electricienii” mai discutau încă dacă electricitatea este un singur fluid sau două. Dar dezbaterile pe această temă nu fac decât să confirme ceea ce am afirmat mai sus despre modul în care o realizare unanim recunoscută unește o profesiune. Deși continuau să fie în dezacord asupra acestui aspect, „electricienii” au ajuns curând la concluzia că nici un test experimental nu poate distinge cele două versiuni ale teoriei și că deci acestea erau echivalente. După aceea, ambele școli au putut să beneficieze și au beneficiat de toate avantajele oferite de teoria lui Franklin (*ibid.*, pp. 543–546, 548–554).

sporit în mod corespunzător, confirmând o versiune socială a pătrunzătoarei maxime metodologice a lui Francis Bacon: „Adevărul apare mai ușor din eroare decât din confuzie.”¹⁰

Vom examina natura acestei cercetări foarte direcționate sau bazate-pe-paradigmă în secțiunea următoare; înainte de aceasta însă, să vedem pe scurt cum afectează apariția unei paradigme structura grupului care activează în acest domeniu. În dezvoltarea unei științe a naturii, atunci când un individ sau un grup produce, pentru prima oară, o sinteză capabilă să atragă majoritatea practicienilor noii generații, vechile școli dispar treptat. În parte, dispariția lor este cauzată de convertirea membrilor lor la noua paradigmă. Există însă întotdeauna unii oameni care se agață de una sau alta din vechile concepții, dar ei sunt pur și simplu expulzați din breaslă, iar lucrările lor sunt ignorate. Noua paradigmă implică o nouă și mai rigidă definire a domeniului. Cei care nu doresc sau nu sunt capabili să-și acomodeze activitatea la noua orientare sunt nevoiți să lucreze izolați sau să se alăture vreunui alt grup¹¹. Din punct de vedere istoric, aceștia au rămas adesea în domeniile filozofiei, din care s-au desprins atâtea științe particulare. Așa cum sugerează aceste observații, uneori tocmai acceptarea unei paradigme transformă un grup, inițial preocupat numai de studierea

¹⁰ Bacon, *op. cit.*, p. 210.

¹¹ Istoria electricității oferă un excelent exemplu care poate fi întâlnit și în cariera lui Priestley, Kelvin și a altora. Franklin relatează că Nollet, care la mijlocul secolului era cel mai influent dintre cercetătorii continentali, „a trăit să se vadă ultimul din Secta sa, exceptându-l pe dl B — Elevul și Discipolul său imediat” (Max Farrant (ed.), *Benjamin Franklin's Memoirs*, Berkeley, Calif., 1949, pp. 384–386). Mai interesantă însă este rezistența unor întregi școli în izolarea lor tot mai accentuată de știința profesională. Să considerăm, de pildă, cazul astrologiei care fusese odată parte integrantă a astronomiei; sau continuarea, la sfârșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea, a tradiției odinioară respectate a chimiei „romantice”. Aceasta este tradiția discutată de Charles C. Gillispie în „*The Encyclopédie and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences*”, *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 255–289; și „*The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory*”, *Archives internationales d'histoire des sciences*, XXXVII, (1956), pp. 323–338.

naturii, într-o profesiune sau, cel puțin, o disciplină. În științe (deși nu în domenii ca medicina, tehnologia și dreptul, a căror principală *raison d'être* este o necesitate socială exterioară), apariția unor publicații specializate, întemeierea unor societăți de specialiști și revendicarea unui loc aparte în planurile de învățământ au fost de obicei legate de prima adoptare a unei singure paradigme de către un grup. Cel puțin așa stau lucrurile de un secol și jumătate, de când s-a dezvoltat pentru prima oară structura instituțională a profesiei științifice și până în vremurile cele mai recente când atribuțiile specializării au dobândit un prestigiu de sine stătător.

Definirea mai rigidă a grupului științific are și alte consecințe. Când omul de știință se poate baza pe o paradigmă, el nu mai este nevoit (în lucrările sale principale) să încerce să-și reconstruiască domeniul, plecând de la primele principii și justificând folosirea fiecărui concept introdus. Toate acestea pot fi lăsate în seama autorului de manuale. Existența unui manual îi permite omului de știință creator să-și înceapă cercetarea de unde manualul se oprește și astfel să se concentreze exclusiv asupra celor mai subtile și ezoterice aspecte ale fenomenelor naturale studiate de grupul său. Și, pe măsură ce procedează astfel, comunicarea cercetărilor sale va îmbrăca forme noi, a căror evoluție a fost prea puțin studiată, dar ale căror produse finite moderne sunt evidente pentru toți și copleșitoare pentru mulți. Cercetările sale nu vor mai fi încorporate în cărți ca *Experimentele... asupra electricității* a lui Franklin sau ca *Originea speciilor* a lui Darwin, destinate tuturor celor interesați în problemele domeniului respectiv. În schimb, ele vor apărea sub forma unor articole succinte, adresate numai colegilor din aceeași profesiune, oameni despre care se poate presupune că împărtășesc și cunosc aceeași paradigmă și care se dovedesc a fi singurii în stare să înțeleagă aceste articole.

În științele contemporane, cărțile sunt de obicei fie manuale, fie reflecții retrospective asupra unui aspect sau altuia al vieții științifice. Omul de știință care scrie o carte are mai multe șanse să-și strice decât să-și întărească reputația profesională. Numai în stadiile timpurii, preparadigmatiche, ale dezvoltării diferitelor științe, cartea avea de obicei aceeași semnificație pentru reușita profesională pe care o are încă în alte domenii de creație. Și numai în

acele domenii în care cartea continuă să fie (alături de articole sau fără ele) un vehicul al comunicării cercetărilor, direcțiile de profesionalizare sunt încă atât de vagi încât profanul mai poate spera să țină pasul citind lucrările originale ale practicienilor. Atât în matematici cât și în astronomie, rapoartele de cercetare au încetat încă din Antichitate să mai fie accesibile unui public de cultură generală. În dinamică, cercetarea a devenit la fel de ezoterică spre sfârșitul Evului Mediu, redobândindu-și inteligibilitatea de ansamblu pentru puțină vreme, la începutul secolului al șaptesprezecelea, când o nouă paradigmă a înlocuit-o pe cea care orientase cercetarea medievală. În electricitate, cercetarea a trebuit, pentru prima oară, să fie tradusă în limbajul profanului spre sfârșitul secolului al optsprezecelea, iar multe alte domenii ale fizicii au încetat să mai fie general accesibile în secolul al nouăsprezecelea. În cursul acestor două secole, pot fi identificate tranziții asemănătoare în diferite sectoare ale științelor biologice. În unele părți ale științelor sociale ele survin probabil în zilele noastre. Deși a devenit un obicei, și pe bună dreptate, să deplângem prăpastia tot mai largă care-l separă pe omul de știință profesionist de colegii săi din alte domenii, s-a dat prea puțină atenție relației esențiale dintre această prăpastie și mecanismele intrinseci evoluției științifice.

Încă din vremuri imemorabile, unul după altul, domeniile de cercetare au trecut granița dintre ceea ce istoricul ar putea numi preistoria lor ca științe și istoria lor propriu-zisă. Aceste tranziții spre maturitate au fost rareori atât de instantanee sau neechivoce pe cât lasă să se înțeleagă prezentarea mea, inevitabil schematică. Dar, considerate istoric, ele nu au fost nici treptate, nici coextensive, adică, în același pas cu întreaga dezvoltare a domeniilor în care au avut loc. Cercetătorii electricității din primele patru decenii ale secolului al optsprezecelea dispuneau de mult mai multă informație despre fenomenele electrice decât predecesorii lor din secolul al XVI-lea. Iar în jumătatea de secol de după 1740, doar câteva tipuri noi de fenomene electrice s-au adăugat cunoștințelor lor. Totuși, în câteva privințe importante, cercetările lui Cavendish, Coulomb și Volta din ultima treime a aceluia secol păreau mult mai îndepărtate de cele ale lui Gray, Du Fay și chiar Franklin, decât sunt acestea

din urmă de cele ale secolului al XVI-lea¹². La un moment dat, între 1740 și 1780, „electricienii” au fost pentru prima oară în stare să considere fundamentele domeniului lor drept incontestabile. Din acel moment, ei s-au îndreptat spre probleme mai concrete și mai adânci; și, într-o măsură tot mai mare, își comunicau rezultatele mai degrabă în articole adresate celorlalți colegi decât în cărți adresate lumii culte, în general. Ca grup, ei au dobândit ceea ce fusese câștigat de astronomi în Antichitate și de cercetătorii mișcării în Evul Mediu, de optica fizică la sfârșitul secolului al șaptesprezecelea și de geologia istorică la începutul secolului al nouăsprezecelea. Și anume, ei au dobândit o paradigmă care s-a dovedit capabilă să orienteze cercetarea întregului grup. Chiar dacă facem abstracție de avantajul pe care ni-l dă privirea retrospectivă, este greu de găsit un alt criteriu care, în mod atât de evident, să facă dintr-un domeniu o știință.

¹² Dezvoltările postfrankliniene constau în: o creștere considerabilă în sensibilitatea detectorilor de sarcină, primele tehnici sigure și larg răspândite de măsurare a sarcinii, evoluția conceptului de capacitate și relația sa cu noțiunea, perfecționată, de tensiune electrică, și cuantificarea forței electrostatice. Despre toate acestea, a se vedea Roller și Roller, *op. cit.*, pp. 66–81; W. C. Walker, „The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century”, *Annals of Science*, I (1936) pp. 66–100; și Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität*, (Leipzig, 1884), Partea I, Cap. III–IV.

III

Natura științei normale

Care este deci natura cercetării mai profesionale și ezoterice pe care o îngăduie adoptarea unei singure paradigme de către un grup? Dacă paradigma este o operă realizată o dată pentru totdeauna, ce alte probleme lasă ea grupului spre rezolvare? Aceste întrebări vor apărea și mai acute dacă notăm că, într-o privință, termenii folosiți până acum ar putea să inducă în eroare. În accepția ei uzuală, o paradigmă este un model sau un cadru acceptat; acest sens al ei mi-a permis, în lipsa unui termen mai bun, să circumscriu până acum „paradigma”. Dar se va vedea imediat că sensul de „model” sau „cadru” nu este deloc cel obișnuit pentru definirea „paradigmei”. În gramatică, de pildă, „*amo, amas, amat*” este o paradigmă întrucât dezvăluie structura utilizabilă în conjugarea unui mare număr de verbe latine; de exemplu, generarea lui „*laudo, laudas, laudas*”. În această aplicație standard, paradigma operează permițând repetarea unor exemple, fiecare din acestea putând, în principiu, să o înlocuiască. Într-o știință însă, o paradigmă este rareori supusă repetării. Dimpotrivă, asemenea unei decizii judecătorești, potrivit obiceiului pământului, ea este supusă unei noi articulări și precizări, în condiții noi sau mai riguroase.

Pentru a surprinde acest aspect, trebuie să înțelegem cât de limitată, ca amploare și precizie, poate fi o paradigmă în momentul apariției ei. Paradigmele își câștigă un statut pentru că reușesc mai bine decât rivalele lor să rezolve câteva din problemele considerate acute de către grupul de practicieni. Dar a reuși mai bine nu înseamnă a reuși complet în cazul unei singure probleme sau a reuși remarcabil în cazul oricât de multor probleme. Reușita unei paradigme — fie că este vorba despre analiza aristotelică a mișcării, calculele lui Ptolemeu asupra poziției planetelor, folosirea balanței de către Lavoisier sau despre matematizarea de către Maxwell a

câmpului electromagnetic — este la început mai mult o promisiune a reușitei dezvăluită de anumite exemple privilegiate și încă incomplete. Știința normală constă în înfăptuirea acestei promisiuni, o înfăptuire realizată prin extinderea cunoașterii acelor fapte pe care paradigma le înfățișează ca deosebit de semnificative, prin sporirea corespondenței dintre aceste fapte și predicțiile paradigmei și prin articularea în continuare a paradigmei înseși.

Puțini dintre oamenii care nu lucrează efectiv într-o știință matură își dau seama câtă muncă de grădinarit cere o paradigmă și cât de fascinantă se poate dovedi a fi o astfel de muncă. Aceste aspecte trebuie înțelese. Operațiile de grădinarit ocupă întreaga carieră a majorității oamenilor de știință. Ele constituie ceea ce numesc aici știință normală. Examinată mai îndeaproape, fie istoric, fie în laboratoarele contemporane, această întreprindere pare o încercare de a forța natura într-un tipar prestabilit și relativ inflexibil furnizat de către paradigmă. În nici o privință scopul paradigmei nu este de a face apel la noi tipuri de fenomene; mai mult, cele care nu se potrivesc tiparului sunt adesea complet ignorate. Oamenii de știință nu vizează în mod normal să inventeze noi teorii, iar adesea sunt chiar intoleranți față de cele inventate de alții¹. Dimpotrivă, cercetarea științifică normală este îndreptată spre articularea acelor fenomene și teorii oferite deja de paradigmă.

Poate că acestea sunt defecte. Ariile investigate de știința normală sunt firește minuscule; știința normală are o viziune extrem de restrânsă. Dar restricțiile, născute din încrederea într-o paradigmă, se dovedesc a fi esențiale pentru dezvoltarea științei. Concentrând atenția asupra unei arii restrânse de probleme relativ ezoterice, paradigma îi obligă pe oamenii de știință să investigheze o parte a naturii în detalii și adâncimi de neatins în alte condiții. Și știința normală posedă un mecanism intern care asigură relaxarea restricțiilor care încorsetează cercetarea, ori de câte ori paradigma care le impune încetează de a mai funcționa efectiv. În acel moment, oamenii de știință încep să se comporte diferit, iar natura problemelor lor de cercetare se schimbă. Între timp însă, când

¹ Bernard Barber, „Resistance by Scientists to Scientific Discovery“, *Science*, CXXXIV (1961), pp. 596–602.

paradigma continuă să aibă succes, grupul de practicieni va fi rezolvat probleme pe care membrii lui cu greu și le-ar fi imaginat și pe care nu le-ar fi abordat niciodată dacă n-ar fi adoptat acea paradigmă. Cel puțin o parte din această realizare se dovedește întotdeauna a fi permanentă.

Pentru a arăta mai clar ceea ce se înțelege prin cercetare normală sau bazată-pe-paradigmă voi încerca să clasific și să ilustrez problemele din care este compusă în principal știința normală. Pentru comoditate, voi lăsa pentru mai târziu activitatea teoretică și voi începe cu adunarea faptelor, adică cu experimentele și observațiile descrise în revistele de specialitate, prin care oamenii de știință își informează colegii despre rezultatele cercetărilor lor curente. Care aspecte ale naturii sunt descrise în mod obișnuit de către oamenii de știință? Ce determină alegerea lor? Și, întrucât majoritatea observațiilor științifice consumă mult timp, aparataj și bani, ce îl determină pe omul de știință să ducă la bun sfârșit acea alegere?

Cred că există numai trei obiective normale pentru investigarea științifică factuală și că ele nu sunt întotdeauna distincte. Primul este acea clasă de fapte pe care paradigma le-a identificat ca deosebit de revelatoare despre natura lucrurilor. Folosindu-le în rezolvarea problemelor, paradigma le-a făcut demne de a fi determinate cu mai multă precizie și într-o mai largă varietate de situații. Într-un moment sau altul, aceste determinări factuale semnificative constau din: în astronomie — poziția și mărimea stelelor, perioadele de eclipsă ale unor stele duble și ale planetelor; în fizică — greutatea și compresibilitatea specifică a unor materiale, lungimile de undă și intensitățile spectrale, conductibilitatea electrică și potențialele de contact; iar în chimie — compoziție și greutate atomică, puncte de fierbere și aciditatea soluțiilor, formule de structură și activități optice. Încercările de a spori precizia și amploarea cunoașterii unor asemenea fapte ocupă un loc important în literatura științei experimentale și observaționale. În permanență au fost proiectate, în acest scop, aparate complexe, iar inventarea, construirea și funcționarea lor au cerut talent deosebit, mult timp și sprijin financiar considerabil. Sincrotronele și radiotelescoapele oferă numai cele mai recente exemple ale eforturilor de care sunt

în stare cercetătorii atunci când o paradigmă le dă certitudinea că faptele pe care le caută sunt importante. De la Tycho Brahe la E. O. Lawrence, unii oameni de știință și-au câștigat o mare reputație nu datorită unei noi descoperiri ci preciziei, siguranței și sferei metodelor pe care le-au dezvoltat în vederea redeterminării unei categorii de fapte deja cunoscute.

O a doua clasă curentă, dar mai mică, de determinări factuale vizează acele fapte care (deși nu prezintă adesea un interes intrinsec) pot fi direct comparate cu predicțiile paradigmei. Așa cum vom vedea îndată, când voi trece de la problemele experimentale la cele teoretice ale științei normale, există puține zone în care o teorie științifică (mai ales dacă este formulată în mare măsură matematic) poate fi direct comparată cu natura. Nu mai mult de trei asemenea zone sunt, până acum, accesibile teoriei relativității generalizate². Apoi chiar în acele zone în care compararea este posibilă, ea implică frecvent aproximări teoretice și experimentale care limitează serios concordanța așteptată. Îmbunătățirea acestei concordanțe sau găsirea unor noi zone în care ea poate fi validată până la urmă pun permanent la încercare talentul și imaginația experimentatorului și observatorului. Telescoape special construite pentru a valida predicția copernicană a paralaxei anuale; mașina lui Atwood inventată cu aproape un secol după *Principia* pentru a da prima demonstrație neechivocă a celei de a doua legi a lui Newton; aparatul lui Foucault pentru a arăta că viteza luminii este mai mare în aer decât în apă; sau giganticul contor de scintilații menit să demonstreze existența neutrinelui —

² Singura verificare consacrată este precesia periheliului planetei Mercur. Deplasarea spre roșu în spectrul de lumină al stelelor depărtate poate fi derivată din considerații mai elementare decât relativitatea generalizată și același lucru s-ar putea spune despre curbura luminii în jurul soarelui, o problemă oarecum disputată astăzi. În orice caz, măsurările acestui din urmă fenomen rămân echivoce. O altă verificare pare să fi fost stabilită foarte recent: deplasarea gravitațională a radiației Mössbauer. Poate vor apărea în curând și altele în acest domeniu astăzi activ, dar multă vreme adormit. Pentru o prezentare concisă și la zi a problemei, a se vedea L. I. Schiff, „A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity“, *Physics Today*, XIV (1961), pp. 42–48.

toate aceste aparate speciale și multe altele asemănătoare ilustrează imensele eforturi și talente care au fost solicitate pentru a stabili un acord cât mai strâns între teorie și natură³.

Încercarea de a demonstra un asemenea acord constituie un al doilea tip de activitate experimentală normală și depinde chiar mai evident decât prima de o paradigmă. Existența paradigmei definește probleme de rezolvat; adesea, teoria paradigmă este implicată direct în proiectarea aparatului capabil să rezolve probleme. Fără *Principia*, de pildă, măsurările făcute cu mașina lui Atwood n-ar fi avut nici o semnificație.

O a treia clasă de experimente și observații epuizează, cred, activitățile de culegere a faptelor proprii științei normale. Ea constă din traviul empiric menit să articuleze teoria paradigmă, dizolvând ambiguitățile rămase și permițând rezolvarea problemelor asupra cărora anterior ea atrăsese doar atenția. Această clasă se dovedește a fi cea mai importantă dintre toate. Pentru descrierea ei va fi necesar să o subdivizăm. În științele mai matematizate, unele din experimentele menite să articuleze paradigme sunt orientate spre determinarea constantelor fizice. Teoria lui Newton, de pildă, arată că forța gravitațională dintre două unități de masă la o unitate de distanță va fi aceeași pentru toate tipurile de materie în orice loc al universului. Dar propriile probleme ale lui Newton puteau fi rezolvate fără a estima măcar mărimea acestei atracții, constanta gravitațională universală, și, timp de un secol de la apariția lucrării *Principia*, nimeni altcineva nu a imaginat un aparat capabil să o determine. Iar faimoasa determinare a lui Cavendish, din 1790, nu avea să fie nici ultima. Datorită poziției centrale

³ Pentru două din telescoapele pentru paralaxe, a se vedea Abraham Wolf, *A History of Science, Technology, and Philosophy in the 18th Century* (2d ed.; Londra, 1952), pp. 103–105. Pentru mașina lui Atwood, vezi N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), pp. 100–102, 207–208. Pentru ultimele două aparate, vezi M. L. Foucault „Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans l'air et les milieux transparents“, *Comptes rendus... de l'Académie des sciences*, XXX (1850), pp. 551–560; și C. L. Cowan, Jr. et al., „Detection of the Free Neutrino: A Confirmation“, *Science*, CXXIV(1956), pp. 103–104.

ocupate în teoria fizică, valorile îmbunătățite ale constantei gravitaționale au fost obiectul unor repetate eforturi întreprinse de atunci de numeroși experimentatori remarcabili⁴. Alte exemple ilustrând același efort neîntrerupt ar fi determinările unității astronomice, numărul lui Avogadro, coeficientul lui Joule, sarcina electronului, și așa mai departe. Puține din aceste eforturi minuțioase ar fi fost concepute (și nici unul n-ar fi fost realizat) fără o teorie paradigmă care să definească problemele și să garanteze existența unei soluții certe.

Eforturile de a articula o paradigmă nu se reduc însă la determinarea constantelor universale. Ele pot viza, de asemenea, formularea unor legi cantitative: legea lui Boyle care corelează presiunea cu volumul unui gaz, legea atracției electrice a lui Coulomb și formula lui Joule, corelând căldura generată de rezistența și curentul electric — toate intră în această categorie. Poate nu este evident că o paradigmă este premisa necesară descoperirii unor legi de acest fel. Ni se spune adesea că ele sunt descoperite prin examinarea unor măsurători întreprinse de dragul lor, fără vreo implicație teoretică. Dar istoria nu confirmă o metodă atât de excesiv baconiană. Experimentele lui Boyle nu puteau fi concepute (iar dacă ar fi fost, ar fi primit o altă interpretare sau nici una) până când aerul nu a fost considerat un fluid elastic căruia să i se poată aplica toate conceptele elaborate ale hidrostaticii⁵. Succesul lui Coulomb depindea de aparatul special construit de el pentru a măsura forța dintre două sarcini. (Cei care măsuraseră înainte forțele electrice, folosind obișnuitele balanțe cu talere etc., nu găsiseră nici o regularitate constantă sau simplă.) Dar acest aparat

⁴ J. H. P[oynting] trece în revistă vreo două duzini de măsurători ale constantei gravitaționale, între 1741 și 1901, în „Gravitation Constant and Mean Density of the Earth“, *Encyclopaedia Britannica* (11th ed.; Cambridge, 1910–1911) XII, pp. 385–389.

⁵ Pentru o transplantare deplină a conceptelor hidrostaticii în pneumatică, vezi *The Physical Treatises of Pascal*, trad. I.H.B. Spiers și A.G.H. Spiers, cu o introducere și note de F. Barry (New York, 1937). Ideea inițială a paralelismului, a lui Torricelli, („trăim pe fundul unui ocean de aer“) apare la p. 164. Dezvoltarea ei rapidă este arătată în cele două tratate principale.

depindea, la rândul lui, de recunoașterea prealabilă a faptului că fiecare particulă a fluidului electric acționează, la distanță, asupra oricărei alteia. Tocmai forța dintre asemenea particule — singura forță care putea fi cert admisă ca o simplă funcție de distanță — era aceea pe care o căuta Coulomb⁶. Experimentele lui Joule pot fi de asemenea considerate pentru a ilustra felul în care legile cantitative apar prin articularea paradigmei. De fapt, relația dintre paradigma calitativă și legea cantitativă este într-atât de generală și strânsă încât, de la Galileu încoace, astfel de legi au fost adesea corect intuite cu ajutorul unei paradigme cu ani înainte ca aparatul pentru determinarea lor experimentală să poată fi proiectat⁷.

În sfârșit, există și un al treilea tip de experiment care vizează articularea unei paradigme. Mai mult decât celelalte, acesta poate fi asemănat explorării, fiind deosebit de răspândit în perioadele și științele preocupate mai mult de aspectele calitative decât cantitative ale regularităților naturii. Adesea, o paradigmă elaborată pentru o clasă de fenomene se dovedește a fi ambiguă când este aplicată la alte clase, strâns înrudite. În astfel de cazuri, sunt necesare experimente care să aleagă între modalități alternative de aplicare a paradigmei la noua clasă de fenomene. De pildă, aplicațiile paradigmei teoriei calorice vizau încălzirea și răcirea prin amestecuri și schimbări de stare. Dar căldura poate fi eliberată sau absorbită prin multe alte căi — de pildă, prin combinații chimice, frecare, și prin comprimarea sau absorbția unui gaz — și fiecăruia din aceste alte fenomene teoria i se poate aplica în diferite feluri. Dacă vidul are, de exemplu, capacitate calorică, atunci încălzirea prin comprimare poate fi explicată ca rezultat al amestecului gazului cu vidul. Sau se poate datora unei schimbări în căldura specifică a gazelor, odată cu schimbarea presiunii. Mai sunt și alte explicații pe lângă acestea. Numeroase experimente

⁶ Duanne Roller și Duanne H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from Greeks to Coulomb* („Harvard Case Histories in Experimental Science“, Case 8; Cambridge, Mass., 1954) pp. 66–80.

⁷ Pentru exemple, vezi T. S. Kuhn, „The Function of Measurement in Modern Physical Science“, *Isis*, LII (1961), pp. 161–193.

au fost întreprinse pentru a explora asemenea posibilități variate și a distinge între ele; toate aceste experimente rezultă din teoria calorică-ca-paradigmă și toate o folosesc în proiectarea experimentelor și interpretarea rezultatelor⁸. De îndată ce fenomenul căldurii prin comprimare a fost stabilit, toate celelalte experimente, în acest domeniu, deveneau astfel dependente de paradigmă. Fiind dat fenomenul, cum s-ar fi putut altfel alege un experiment care să-l elucideze?

Să ne ocupăm acum de problemele teoretice ale științei normale, care se împart în aproape aceleași categorii ca și cele experimentale și observaționale. O parte a activității teoretice normale (deși numai o mică parte) constă numai în folosirea teoriei existente pentru predicția informației factuale de o valoare intrinsecă. Întocmirea tabelelor astronomice, calcularea caracteristicilor lentilei sau trasarea curbelor de propagare a undelor radio sunt exemple de astfel de probleme. Oamenii de știință le consideră însă o treabă de corvoadă care poate fi încredințată inginerilor și tehnicienilor. Ele nu apar niciodată în număr prea mare în reviste științifice importante. Aceste reviste cuprind, în schimb, numeroase discuții teoretice ale unor probleme care, pentru nespecialist, par aproape identice. Ele sunt aplicații ale teoriei, efectuate nu pentru că predicțiile la care duc au o valoare intrinsecă, ci pentru că ele pot fi confruntate direct cu experimentul. Scopul lor este de a releva o nouă aplicație a paradigmei sau de a spori precizia unei aplicații deja realizate.

Nevoia unei asemenea activități rezultă din imensele dificultăți întâmpinate adesea în descoperirea punctelor de contact între o teorie și natură. Aceste dificultăți pot fi succint ilustrate printr-o examinare a istoriei dinamicii de după Newton. La începutul secolului al XVIII-lea, acei oameni de știință care considerau *Principia* o paradigmă acceptau fără ezitare generalitatea concluziilor ei și aveau toate motivele să procedeze astfel. Nici o altă operă a istoriei științei nu permisesese, simultan, o asemenea extindere și precizie a cercetării. Pentru bolta cerească, Newton a derivat legile mișcării planetelor, ale lui Kepler, și a explicat de asemenea

⁸ T. S. Kuhn, „The Caloric Theory of Adiabatic Compression“, *Isis*, XLIX (1958), pp. 132–140.

anumite cazuri în care se observă că Luna le încalcă. Pentru Pământ, el a derivat rezultatele unor observații dispersate despre pendule și marea. Cu ajutorul unor ipoteze suplimentare dar *ad hoc*, el a fost de asemenea în stare să deducă legea lui Boyle ca și o formulă importantă a vitezei sunetului în aer. Dată fiind starea științei în acea vreme, succesul acestor demonstrații a fost cu totul impresionant. Totuși, dată fiind presupusa generalitate a legilor lui Newton, numărul acestor aplicații nu era mare, iar Newton nu a mai elaborat aproape nici o altă aplicație. Apoi, comparate cu ceea ce orice student în fizică poate realiza astăzi cu aceleași legi, puținele aplicații ale lui Newton nu erau nici măcar elaborate cu precizie. În sfârșit, *Principia* fusese destinată să fie aplicată mai ales problemelor mecanicii cerești. Nu era deloc clar cum poate fi ea adaptată aplicațiilor terestre, mai ales celor privind mișcarea aflată sub influența unei forțe. În orice caz, problemele terestre fuseseră deja atacate cu mult succes prin tehnici cu totul diferite, dezvoltate inițial de către Galileu și Huyghens și perfecționate pe continent, în secolul al XVIII-lea, de către frații Bernoulli, d'Alembert și mulți alții. S-ar fi putut probabil arăta că tehnicile lor și cele din *Principia* sunt cazuri speciale ale unei formule mai generale, dar pentru o vreme nimeni nu a știut care ar putea fi aceasta⁹.

Să ne oprim puțin asupra problemei preciziei. Am ilustrat deja aspectul ei empiric. Echipamente speciale — precum aparatul lui Cavendish, mașina lui Atwood, sau telescoape perfecționate — erau necesare pentru a furniza datele speciale cerute de aplicațiile concrete ale paradigmei lui Newton. Obținerea unei concordanțe ridica dificultăți asemănătoare și teoriei. De exemplu, aplicându-și legile la mișcarea pendulului, Newton a fost nevoit să considere greutatea acestuia drept un punct de masă pentru a da o definiție

⁹ C. Truesdell, „A Program toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason“, *Archive for History of the Exact Sciences*, I (1960), pp. 3–36 și „Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*“, *Texas Quarterly*, X (1967) pp. 281–297; T. L. Hankins, „The Reception of Newton's Second Law of Motion in the 18th Century“, *Archives Internationales d'histoire des sciences*, XX (1967), pp. 42–65.

unică lungimii pendulului. Cele mai multe din teoremele sale (puținele excepții fiind ipotetice și preliminare) ignorau de asemenea efectul rezistenței aerului. Acestea erau aproximații fizice judicioase. Totuși, ca aproximații, ele reduceau concordanța așteptată dintre predicțiile lui Newton și experimentele reale. Aceleași dificultăți apar și mai clar în aplicarea teoriei lui Newton la mecanica cerească. Observații telescopice cantitativ simple arată că planetele nu ascultă de legile lui Kepler, iar teoria lui Newton arată că nici nu trebuie. Pentru a deriva aceste legi, Newton a fost nevoit să neglijeze orice atracție gravitațională, cu excepția celei dintre planete și soare. Deoarece planetele se atrag de asemenea reciproc putea fi prevăzut numai un acord aproximativ între teoria aplicată și observațiile telescopice¹⁰.

Acordul obținut este, firește, mai mult decât satisfăcător pentru cei care l-au obținut. Exceptând unele probleme terestre, nici o altă teorie nu ar fi putut obține un rezultat atât de bun. Nici unul dintre cei care au contestat validitatea operei lui Newton nu au făcut-o din cauza acordului ei limitat cu experimentul și observația. Totuși, aceste limite au lăsat multe probleme teoretice fascinante în seama succesorilor lui Newton. Erau necesare, de pildă, procedee teoretice pentru tratarea mișcărilor mai multor (decât două) corpuri care se atrag simultan, ca și pentru cercetarea stabilității orbitelor perturbate. Astfel de probleme i-au preocupat pe mulți dintre cei mai buni matematicieni europeni ai secolului al XVIII-lea și începutului secolului al XIX-lea. Euler, Lagrange, Laplace și Gauss au obținut unele din rezultatele lor cele mai strălucite lucrând la probleme destinate să îmbunătățească corespondența dintre paradigma newtoniană și observațiile astronomice. Mulți dintre ei au lucrat simultan la dezvoltarea matematicii necesare unor aplicații pe care nici Newton, nici școala contemporană de mecanică de pe continent nu le încercaseră măcar. Ei au produs, astfel, o literatură imensă și unele tehnici matematice, extrem de puternice, pentru hidrodinamică și pentru problemele coardelor vibrante. Aceste probleme de aplicație au generat probabil cea mai strălucită și

epuizantă muncă științifică a secolului al XVIII-lea. Alte exemple ar putea fi descoperite prin examinarea perioadei postparadigmatică în dezvoltarea termodinamicii, teoriei undulatorii a luminii, teoriei electromagnetice sau oricărei alte ramuri a științei ale cărei legi fundamentale sunt pe deplin cantitative. Cel puțin în științele mai matematizate, majoritatea muncii teoretice este de acest gen.

Dar nu toată. Chiar în științele matematice, există de asemenea probleme teoretice de articulare a paradigmei; iar în perioadele în care dezvoltarea științifică este predominant calitativă, aceste probleme sunt dominante. Atât în științele mai cantitative cât și în cele mai calitative, unele din probleme vizează numai o clarificare prin reformulare. *Principia*, de exemplu, nu s-a dovedit a fi întotdeauna o lucrare ușor de aplicat, pe de o parte, pentru că păstra ceva din stângăcia inevitabilă a primei încercări iar, pe de altă parte, pentru că o mare parte din sensul ei era doar implicit în aplicațiile ei. Pentru multe aplicații terestre, în orice caz, o serie de tehnici elaborate pe continent (și aparent neînrudite) păreau considerabil mai puternice. Ca urmare, de la Euler și Lagrange în secolul al XVIII-lea până la Hamilton, Jacobi și Hertz în al XIX-lea, mulți dintre cei mai străluciți fizicieni matematicieni europeni s-au străduit în mod repetat să formuleze teoria mecanică într-o formă echivalentă dar, logic și estetic, mai satisfăcătoare. Ei doreau, cu alte cuvinte, să expună ideile explicite și implicite din *Principia* și din mecanica continentală într-o versiune mai coerentă logic, care ar fi putut fi în același timp mai omogenă și mai puțin echivocă în aplicarea ei la noile probleme ale mecanicii¹¹.

Reformulări similare ale unei paradigme s-au petrecut, în repetate rânduri, în toate științele, dar majoritatea lor a produs mai multe schimbări substanțiale în paradigmă decât reformulările *Principiilor* menționate mai sus. Astfel de schimbări rezultă dintr-o activitate empirică, anterior descrisă ca fiind orientată spre articularea paradigmei. Într-adevăr, a caracteriza o astfel de activitate drept empirică era arbitrar. Mai mult decât orice alt gen de cercetare normală, problemele articulării paradigmei sunt simultan teoretice

¹⁰ Wolf, *op. cit.*, pp. 75–81, 96–101; și William Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed., Londra, 1847), II, pp. 213–271.

¹¹ René Dugas, *Histoire de la mécanique* (Neuchâtel, 1950), vol. IV–V.

și experimentale; exemplele date mai sus pot ilustra la fel de bine și această idee. Înainte de a-și putea construi aparatul și a face măsurători cu el, Coulomb a trebuit să facă uz de teoria electrică pentru a afla cum să-și construiască acest aparat. Rezultatele măsurătorilor sale au dus la o rafinare a acelei teorii. De asemenea, oamenii care au proiectat experimente care să distingă între diferitele teorii ale căldurii prin comprimare erau în general aceiași care elaboraseră teoriile ce urmau să fie comparate. Ei operau atât cu faptul cât și cu teoria, și această activitate producea nu numai informație nouă dar și o paradigmă mai precisă, obținută prin eliminarea ambiguităților din versiunile inițiale. În numeroase științe, cea mai mare parte a cercetării normale este de acest tip.

Aceste trei clase de probleme — determinarea faptului semnificativ, potrivirea faptelor cu teoria și articularea teoriei — epuizează, după părerea mea, literatura științei normale, atât empirică cât și teoretică. Dar ele nu epuizează, firește, întreaga literatură științifică. Există de asemenea probleme extraordinare și s-ar putea ca tocmai soluționarea lor să facă din știință, ca atare, o întreprindere atât de remarcabilă. Dar problemele extraordinare nu apar cum ai bate din palme. Ele se ivesc numai în ocazii speciale, pregătite de dezvoltarea științei normale. Inevitabil deci, majoritatea covârșitoare a problemelor abordate chiar de cei mai buni oameni de știință revine de obicei uneia din cele trei categorii descrise mai sus. Activitatea bazată pe o paradigmă nu poate fi realizată altfel, iar a abandona paradigma înseamnă a înceta de a mai practica știința pe care ea o definește. Vom vedea în curând că asemenea abandonări survin. Ele constituie pivoții în jurul cărora evoluează revoluțiile științifice. Dar înainte de a începe examinarea acestor revoluții, avem nevoie de o perspectivă mai largă asupra acelor preocupări ale științei normale care le pregătesc.

IV

Știința normală ca rezolvare de *puzzles**

Poate cea mai izbitoare trăsătură a problemelor cercetării normale este măsura foarte mică în care ele urmăresc să producă noutăți majore de ordin conceptual sau fenomenal. Uneori, cum este cazul unei măsurări a lungimii de undă, cu excepția celor mai ezoterice detalii ale rezultatului, totul este cunoscut dinainte și numai marja obișnuită de așteptare este ceva mai largă. Măsurătorile lui Coulomb nu corespundeau neapărat legii inversului pătratului; cei care studiau căldura prin compresii se așteptau adesea la unul din câteva rezultate posibile. Dar chiar în astfel de cazuri, aria rezultatelor anticipate, și deci asimilabile, era întotdeauna restrânsă în raport cu cea imaginabilă. Iar proiectul al cărui rezultat nu intră în această arie mai restrânsă este de obicei un eșec al cercetării care se răsfrânge asupra omului de știință și nu asupra naturii.

În secolul al optsprezecelea, de pildă, s-a acordat puțină atenție experimentelor care măsurau atracția electrică prin procedee ca balanța cu talere. Întrucât nu dădeau rezultate simple și nici consistente, ele nu puteau fi folosite în articularea paradigmei din care erau derivate. De aceea, ele au rămas *simple* fapte, necorelate și necorelabile cu progresul continuu al cercetării în electricitate. Numai retrospectiv, dispunând de o paradigmă ulterioară, putem distinge caracteristicile lor. Coulomb și contemporanii săi dispuneau firește și ei de această din urmă paradigmă sau de una

* Termenul *puzzle*, absolut esențial în lucrare, pare să nu aibă un echivalent românesc pentru sensul pe care îl are în vedere autorul. De aceea, urmând maniera generală a traducerilor științifice, am preferat să-l lăsăm în original.

care, aplicată problemelor atracției, inducea aceleași așteptări. Acesta a fost motivul pentru care Coulomb a fost în stare să construiască un aparat care ducea la un rezultat asimilabil prin articularea paradigmei. Dar tot acesta a fost și motivul pentru care rezultatul nu a surprins pe nimeni, astfel încât câțiva din contemporanii lui Coulomb au putut să-l prevadă dinainte. Chiar și proiectul al cărui scop este articularea paradigmei nu urmărește o noutate *neșteptată*.

Dar dacă scopul științei normale nu constă în noutăți majore, de sine stătătoare, dacă eșecul în a aproxima rezultatul anticipat este de obicei eșecul omului de știință, atunci de ce sunt totuși atacate aceste probleme? O parte a răspunsului a fost deja dată. Cel puțin pentru oamenii de știință, rezultatele obținute în cercetarea normală sunt semnificative, pentru că ele sporesc sfera și precizia aplicării unei paradigme. Acest răspuns nu poate explica însă entuziasmul și devotamentul pe care le manifestă oamenii de știință pentru problemele cercetării normale. Nimeni nu consacră ani de zile (să zicem) perfecționării unui spectrometru sau găsirii unei soluții mai bune la problema coardelor vibrante numai pentru importanța informației pe care o va obține. Informațiile obținute prin calcularea pozițiilor planetelor sau prin măsurări ulterioare cu un instrument existent sunt adesea la fel de semnificative, dar aceste activități sunt disprețuite (în mod curent) de către oamenii de știință pentru că sunt, într-o măsură considerabilă, simple repetări ale unor proceduri aplicate anterior. Această atitudine ne dă explicație asupra atracției pe care o prezintă problemele cercetării normale. Deși rezultatele lor pot fi anticipate, adesea atât de detaliat încât ceea ce rămâne de aflat devine, în sine, neinteresant, modul de a obține acele rezultate este extrem de nesigur. A rezolva o problemă de cercetare normală înseamnă a obține anticipatul într-un chip nou și, pentru aceasta, trebuie rezolvate tot felul de *puzzles* complexe, de natură instrumentală, conceptuală și matematică. Cel care reușește se dovedește a fi un expert în a rezolva *puzzles* și greutățile pe care acestea le ridică constituie pentru el un stimulent dintre cele mai importante.

Termenii de *puzzle* și „rezolvator de *puzzle*“ (*Puzzle-solver*) scot în evidență câteva din temele care s-au impus tot mai pregnant

în paginile precedente. *Puzzles* sunt — în sensul într-un totuș uzual folosit aici — acea categorie specială de probleme care au menirea de a testa ingeniozitatea și îndemânarea în rezolvare. Exemplele date în dicționare sunt *jigsaw puzzle* și „cuvinte încrucișate“ (*crosswords puzzle*), iar ceea ce trebuie să desprindem acum sunt tocmai caracteristicile pe care acestea le au în comun cu problemele științei normale. Una dintre ele a fost deja amintită. Calitatea unui *puzzle* nu rezidă nicidecum în importanța sau relevanța intrinsecă a soluției lui. Dimpotrivă, problemele într-adevăr presante, cum ar fi vindecarea cancerului sau planul unei păci durabile, nu sunt câtuși de puțin *puzzles*, în mare măsură pentru că pot să nu aibă nici o soluție. Să luăm, de pildă, un *jigsaw puzzle* ale cărui piese sunt alese la întâmplare din două cutii diferite. Deoarece o astfel de problemă îi va depăși probabil (deși nu neapărat) chiar pe cei mai inventivi oameni, ea nu poate fi un test al capacității de rezolvare. În oricare din sensurile obișnuite, nu poate fi vorba aici de un *puzzle*. Dacă valoarea intrinsecă nu este un criteriu definitoriu al unui *puzzle*, existența garantată a unei soluții a lui este un astfel de criteriu.

Am văzut însă mai înainte că, o dată cu asimilarea unei paradigme, o comunitate științifică dobândește un criteriu de alegere a acelor probleme despre care, atâta vreme cât paradigma este admisă, se poate presupune că au o soluție. Într-o mare măsură, acestea sunt singurele probleme pe care comunitatea le va admite ca științe sau îi va încuraja pe membrii ei să le abordeze. Alte probleme, inclusiv multe dintre cele care mai înainte fuseseră normale, sunt respinse ca fiind metafizice sau obiect al altei discipline sau, uneori, ca fiind pur și simplu prea problematice pentru a merita osteneală. În această privință, o paradigmă poate chiar izola comunitatea de acele probleme, socialmente importante, care nu pot fi reduse la formele de *puzzles*, deoarece ele nu pot fi formulate în termenii instrumentației conceptuale și experimentale furnizate de o paradigmă. Astfel de probleme pot constitui un exercițiu de virtuositate așa cum au dovedit-o pregnant unele aspecte ale baconianismului secolului al șaptesprezecelea sau ale științelor sociale contemporane. Una din cauzele progresului atât de rapid al științei normale este că practicienii ei se concentrează

asupra unor probleme pe care numai propria lor lipsă de ingeniozitate i-ar putea împiedica să le rezolve.

Dacă însă problemele științei normale sunt *puzzles* în acest sens, nu mai este nevoie să ne întrebăm de ce oamenii de știință le atacă cu atâta pasiune și devotament. Un om poate fi atras spre știință din tot felul de motive. Printre ele: dorința de a fi util, chemarea de a explora teritorii noi, speranța de a descoperi o ordine și tendința de a testa cunoașterea existentă. Aceste motive, și altele, ne ajută de asemenea să determinăm problemele particulare în care el se va angaja mai târziu. Apoi, deși nu vor lipsi frustrări ocazionale, asemenea motive au șanse serioase mai întâi să-l conducă spre știință iar apoi să-l antreneze definitiv¹. Întreprinderea științifică în ansamblu trebuie să se dovedească din când în când utilă, deschisă spre căi noi, indicând ordine și testând convingeri adânc înrădăcinate. Cu toate acestea, *individul* angajat într-o problemă de cercetare normală *nu face aproape niciodată vreunul din aceste lucruri*. Odată angajat într-o asemenea activitate, motivația sa este de un tip diferit. Ceea ce îl stimulează este convingerea că, dacă va fi suficient de iscusit, va reuși să rezolve un *puzzle* pe care nimeni înaintea lui nu l-a rezolvat sau nu l-a rezolvat atât de bine. Multe dintre cele mai strălucite minți științifice și-au dedicat întreaga atenție profesională unor asemenea *puzzles* solicitante. De multe ori, un domeniu particular de specializare nu oferă nimic altceva de făcut, ceea ce nu-l face să fie mai puțin fascinant pentru cel care i s-a dedicat.

Să trecem acum la un alt aspect, mai dificil și mai revelator, al paralelismului dintre *puzzles* și problemele științei normale. Pentru a fi un *puzzle*, o problemă trebuie să se distingă prin mai mult decât o soluție garantată. Trebuie să existe, de asemenea, reguli care limitează atât natura soluțiilor acceptabile cât și etapele prin care sunt obținute. A rezolva un *jigsaw puzzle* nu înseamnă, de pildă, numai „a forma o imagine”. Copilul sau artistul contemporan

¹ Frustrările provocate de conflictul dintre rolul individului și structura generală a dezvoltării științifice pot fi însă uneori extrem de serioase. A se vedea, pe această temă, Lawrence S. Kubie, „Some Unsolved Problems of the Scientific Career”, *American Scientist* XLI (1953), pp. 596–613; și XLII (1954), pp. 104–112.

pot face acest lucru împrăștiind anumite piese, ca forme abstracte, pe un fond oarecare. Imaginea astfel obținută poate fi mult mai bună și va fi cu siguranță mai originală decât cea care a stat la baza respectivului *puzzle*. Dar o asemenea imagine nu va fi o soluție. Pentru a o obține într-adevăr, trebuie utilizate toate piesele, fețele lor mate trebuie întoarse și trebuie astfel angrenate, fără a le forța, până când nu mai rămâne nici un loc gol. Acestea sunt câteva din regulile care guvernează soluțiile unui *jigsaw puzzle*. La fel de ușor pot fi găsite restricții similare asupra soluțiilor de șah etc.

Dacă putem accepta o utilizare mult mai largă a termenului „regulă” — prin care acesta poate fi uneori identificat cu „punct de vedere stabilit” sau cu „idee preconcepută” —, atunci problemele accesibile unei anumite tradiții de cercetare împărtășesc o mare parte din aceste caracteristici ale unui *puzzle*. Cel care construiește un instrument pentru determinarea lungimilor de unde optice nu poate fi satisfăcut de un aparat care nu face decât să atribuie anumite numere unor anumite linii spectrale. El nu este numai un explorator sau un măsurător. Dimpotrivă, analizându-și aparatul în termenii sistemului admis al teoriei optice, el trebuie să arate că numerele produse de instrumentul său sunt cele pe care teoria le identifică drept lungimi de undă. Dacă unele imprecizuni ale teoriei sau vreun component, rămas neanalizat, al aparatului său îl împiedică să ducă la bun sfârșit demonstrația, colegii săi pot foarte bine să conchidă că el nu a măsurat nimic. De pildă, maximele împrăștierii electronilor, care au fost mai târziu diagnosticate drept indicatori ai lungimilor de undă ale electronului, nu aveau nici o semnificație aparentă când au fost observate și înregistrate pentru prima oară. Înainte de a deveni măsuri a ceva, ele trebuiau să fie corelate cu o teorie care prevedea comportamentul de undă al materiei în mișcare. Și chiar după ce această corelație a fost evidențiată, aparatul trebuia reproiectat astfel încât rezultatele experimentale să poată fi corelate neechivoc cu o teorie². Atât timp cât aceste condiții nu au fost satisfăcute, nici o problemă nu a fost rezolvată.

² Pentru o scurtă relatare a evoluției acestor experimente, vezi p. 4 a expunerii lui C. J. Davisson, în *Les prix Nobel en 1937*, Stockholm, 1938.

Tipuri similare de restricții leagă soluțiile admisibile de probleme teoretice. De-a lungul secolului al optsprezecelea, oamenii de știință care au încercat să deducă mișcarea observată a Lunii din legile newtoniene ale mișcării și gravitației au eșuat permanent. Drept urmare, unii dintre ei au propus înlocuirea legii inversului pătratului cu o lege care se abătea de la prima în cazul distanțelor mici. Aceasta ar fi însemnat însă schimbarea paradigmei, definirea unui nou *puzzle*, dar nicidecum rezolvarea celui vechi. În cele din urmă, oamenii de știință au menținut legile, până când, în 1750, unul din ei a descoperit cum pot fi aplicate cu succes³. Numai o modificare a regulilor jocului ar fi putut oferi o alternativă.

Studiul tradițiilor de știință normală dezvăluie numeroase reguli noi, iar acestea oferă numeroase informații despre opțiunile pe care paradigmele le impun oamenilor de știință. Care putem spune că sunt principalele categorii în care intră aceste reguli⁴? Cea mai evidentă și probabil cea mai constrângătoare este ilustrată de tipurile de generalizări pe care tocmai le-am notat. Acestea sunt enunțuri explicite de legi științifice și de concepte și teorii științifice. Atâta vreme cât sunt acceptate, enunțurile de acest fel contribuie la rezolvarea unor *puzzles* și la restrângerea soluțiilor admisibile. Legile lui Newton, de pildă, au îndeplinit asemenea funcții în cursul secolelor XVIII și XIX; și atâta vreme cât au jucat acest rol, cantitatea de materie a fost o categorie ontologică fundamentală pentru fizicieni, iar forțele care acționează între părțile de materie au constituit o temă dominantă de cercetare⁵. În chimie, legile proporțiilor fixe și determinate au exercitat multă vreme o influență întru totul asemănătoare, punând problema greutăților atomice, delimitând rezultatele admisibile ale analizelor chimice și informându-i pe chimiști despre ce ar fi atomii și moleculele, compuşii

³ W. Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev ed., Londra, 1847), II, pp. 101–105, 220–222.

⁴ Datorez această întrebare lui W. O. Hagstrom, a cărui operă în sociologia științei se suprapune uneori cu a mea.

⁵ Pentru aceste aspecte ale newtonianismului, vezi I. B. Cohen, *op. cit.*, cap. VII, mai ales pp. 255–257, 275–277.

și amestecurile⁶. Ecuațiile lui Maxwell și legile termodinamicii statistice au astăzi aceeași autoritate și funcție.

Regulile de acest gen nu sunt însă nici singurele și nici măcar cele mai interesante dintre cele scoase la iveală de studiul istoric. La un nivel inferior sau mai concret decât cel al legilor și teoriilor există, de pildă, o multitudine de preferințe față de tipuri de instrumentație și față de moduri în care instrumentele acceptate pot fi adecvat folosite. Schimbarea atitudinii față de rolul focului în analizele chimice a avut o însemnătate vitală în dezvoltarea chimiei din secolul al șaptesprezecelea⁷. Peste două secole, ideea lui Helmholtz că experimentarea fizică poate face lumină în domeniul lor a întâmpinat o puternică rezistență din partea fiziologilor⁸. Iar în secolul nostru, curioasa istorie a cromatografiei chimice ilustrează din nou rezistența opțiunilor instrumentale care, asemenea legilor și teoriilor, furnizează oamenilor de știință regulile jocului⁹. Dacă am analiza descoperirea razelor X, am afla temeiurile unor astfel de opțiuni.

Caracteristici ale științei, mai puțin locale și temporare dar nicidecum imuabile, sunt opțiunile de un nivel mai înalt, cvasimetafizice pe care studiul istoric le evidențiază atât de frecvent. Cam după 1630, de exemplu, și mai ales după apariția extrem de influentelor opere științifice ale lui Descartes, majoritatea fizicienilor a presupus că universul ar fi compus din corpusculi microscopici și că toate fenomenele naturale ar putea fi explicate prin forma, mărimea, mișcarea și interacțiunea corpusculilor. Această serie de opțiuni s-a dovedit a fi atât metafizică cât și metodologică. Din punct de vedere metafizic, ea indica oamenilor de știință tipurile de entități pe care le conține sau nu universul: există numai materie, configurată, în mișcare. Din punct de vedere metodologic, ea le

⁶ Acest exemplu este discutat pe larg spre sfârșitul capitolului X.

⁷ H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e siècle à la fin du XVIII^e siècle* (Paris, 1923), pp. 359–361; Marie Boas, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry* (Cambridge, 1958), pp. 112–115.

⁸ Leo Königsberger, *Hermann von Helmholtz*, trad. Francis A. Welby (Oxford, 1906), pp. 65–66.

⁹ James E. Meinhard, „Chromatography: A Perspective“, *Science*, CX (1949), pp. 387–392.

indica cum trebuie să arate legile și explicațiile fundamentale: legile trebuie să specifice mișcarea și interacțiunea corpusculară, iar explicațiile trebuie să reducă orice fenomen natural dat la acțiunea corpusculară supusă acestor legi. Încă mai important: concepția corpusculară a universului le spunea oamenilor de știință care ar putea să fie multe din problemele lor de cercetare. De pildă, un chimist care — asemenea lui Boyle — adopta noua filozofie, acorda o atenție deosebită reacțiilor care puteau fi concepute ca transmutații. Mai clar decât celelalte, acestea dezvăluiau procesul rearanjării corpusculare care ar trebui să stea la baza oricărei transformări chimice¹⁰. Efecte asemănătoare ale corpuscularismului pot fi remarcate în studiul mecanicii, opticii și căldurii.

În sfârșit, la un nivel și mai înalt, există o altă clasă de opțiuni, fără de care nimeni nu poate fi om de știință. Omul de știință trebuie, de pildă, să fie preocupat să înțeleagă lumea și să extindă precizia formulărilor și sfera în care a fost introdusă o anumită ordine. Această opțiune, la rândul ei, trebuie să-l îndemne să examineze (singur sau cu ajutorul colegilor) anumite aspecte ale naturii până la cele mai mici detalii empirice. Iar dacă o astfel de examinare îi dezvăluie porțiuni de aparentă dezordine, atunci aceasta trebuie să-l oblige la o perfecționare a tehnicilor sale observaționale sau la o articulare mai deplină a teoriilor sale. Mai există, fără îndoială, și alte asemenea reguli, valabile pentru oamenii de știință din toate vremurile.

Existența unor puternice rețele de opțiuni — conceptuale, teoretice, instrumentale și metodologice — este o sursă principală a metaforei care leagă știința normală de rezolvarea unor *puzzles*. Întrucât ele produc regulile care-i spun practicianului unei discipline mature cum arată lumea și știința despre lume, el se poate concentra, cu încredere, asupra problemelor ezoterice pe care i le circumscriu aceste reguli și cunoașterea existentă. Lui personal

¹⁰ Despre concepția corpusculară, în general, vezi Marie Boas, „The Establishment of the Mechanical Philosophy“, *Osiris* X (1952), pp. 412–541. În privința efectelor sale asupra chimiei lui Boyle, vezi T. S. Kuhn, „Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century“, *Isis*, XLIII (1952), pp. 12–36.

îi rămâne să rezolve acel *puzzle* astfel delimitat. În acest sens, ca și în altele, o examinare a acestor *puzzles* și reguli clarifică natura practicii științifice normale. Într-un alt sens însă, o astfel de clarificare poate fi, în mod semnificativ, eronată. Deși există evident reguli la care aderă, la un moment dat, toți practicienii unei discipline științifice, aceste reguli pot să nu specifice, prin ele însele, tot ce este comun practicii acelor specialiști. Știința normală este o activitate considerabil determinată, dar ea nu este neapărat determinată, în întregime, de reguli. Iată de ce, la începutul acestui eseu, am introdus ca sursă a coerenței tradițiilor de cercetare normală mai degrabă paradigme comune decât reguli, presupoziii și puncte de vedere comune. Regulile, după părerea mea, derivă din paradigme, dar paradigmele pot ghida cercetarea chiar în lipsa regulilor.

V

Prioritatea paradigmelor

Pentru a descoperi relația dintre reguli, paradigme și știința normală, să considerăm mai întâi felul în care istoricul delimitează sferele particulare de angajare, pe care le-am definit anterior ca reguli acceptate. Investigația istorică minuțioasă a unei discipline date, la un moment dat, dezvăluie o mulțime de ilustrări repetate și cvasistandard ale diferitelor teorii în aplicațiile lor conceptuale, observaționale și instrumentale. Acestea sunt paradigmele respectivei comunități științifice, așa cum apar în manualele, cursurile și exercițiile ei de laborator. Studiindu-le și operând cu ele, membrii comunității respective își învață meseria. Istoricul va descoperi firește și o zonă de penumbră, populată de realizări al căror statut este încă îndoielnic; dar nucleul problemelor rezolvate și al tehnicilor aplicate va fi de obicei clar. În ciuda unor ambiguități ocazionale, paradigmele unei comunități științifice mature pot fi determinate relativ ușor.

Identificarea paradigmelor comune nu înseamnă însă identificarea regulilor comune. Pentru aceasta este nevoie de un al doilea demers, oarecum diferit. Ca să-l efectueze, istoricul trebuie să compare paradigmele comunității între ele, precum și cu rapoartele curente de cercetare. Procedând astfel, obiectivul său este de a descoperi care elemente izolare, explicite sau implicite, au putut fi *abstrase*, de către membrii acelei comunități, din paradigmele lor mai cuprinzătoare, și aplicate ca reguli în cercetare. Oricine a încercat să descrie sau să analizeze evoluția unei anumite tradiții științifice va fi căutat neapărat astfel de reguli și principii acceptate. Aproape sigur (cum reiese din secțiunea precedentă), el va fi reușit, cel puțin în parte, în această întreprindere. Dar, dacă experiența sa s-a apropiat cât de puțin de a mea, el își va da seama că investigarea regulilor este nu numai mai dificilă, dar și mai puțin

satisfăcătoare decât investigarea paradigmelor. Unele din generalizările folosite pentru descrierea convingerilor împărtășite de acea comunitate nu prezintă nici o problemă. Altele însă, inclusiv unele din cele exemplificate mai sus, vor părea prea voalate. Formulate în acest fel, sau în oricare altul, ele ar fi aproape sigur respinse de unii membri ai grupului studiat. Totuși, dacă coerența unei tradiții de cercetare urmează să fie înțeleasă în termeni de reguli, sunt necesare unele specificări ale unei baze comune în domeniul respectiv. Ca urmare, investigarea unei clase de reguli capabile să constituie o anumită tradiție de cercetare normală devine o sursă de frustrări permanente și profunde.

Recunoașterea acestei frustrări face însă posibilă diagnosticarea sursei ei. Oamenii de știință pot fi de acord că un Newton, Lavoisier, Maxwell sau Einstein au oferit soluții aparent permanente pentru un grup de probleme evidente, dar pot totuși să nu fie de acord, uneori fără să-și dea seama, asupra acelor caracteristici marcante abstracte care fac ca aceste soluții să fie permanente. Ei pot, cu alte cuvinte, să fie de acord în *identificarea* unei paradigme, fără să fie de acord asupra unei *interpretări* sau *raționalizări* depline a ei și fără să încerce măcar să ofere astfel de interpretări sau raționalizări. Lipsa unei interpretări standard sau a unei reduceri, acceptate, la reguli nu va împiedica însă o paradigmă să ghideze cercetarea. Știința normală poate fi determinată, în parte, prin examinarea directă a paradigmelor, procedură ce este adesea facilitată – deși nu depinde – de formularea regulilor și presupuzițiilor. Într-adevăr, existența unei paradigme nici măcar nu implică existența vreunei mulțimi complete de reguli¹.

Inevitabil, primul efect al acestor afirmații este că ridică probleme. În lipsa unei mulțimi suficiente de reguli, ce factori îl vor determina pe omul de știință să urmeze o anumită tradiție de știință normală? Ce poate să însemne expresia „examinare directă a

¹ Michael Polanyi a elaborat strălucit o idee foarte asemănătoare, argumentând că o mare parte din reușita omului de știință depinde de o „cunoaștere tacită”, adică de o cunoaștere dobândită prin practică și care nu poate fi articulată explicit. Vezi lucrarea sa *Personal Knowledge* (Chicago, 1958), mai ales Cap. V și VI.

paradigmelor“? Răspunsuri parțiale la asemenea întrebări au fost elaborate, deși într-un context cu totul diferit, de Ludwig Wittgenstein. Întrucât acel context este mai elementar și mai familiar, va fi util să considerăm mai întâi modul în care argumentează el. Ce trebuie să știm, se întreba Wittgenstein, pentru a putea folosi, în mod exact și fără a isca controverse, termeni ca „scaun“, „frunză“ sau „joc“?²

Această întrebare este foarte veche. Răspunsul, în general, este că trebuie să știm, conștient sau intuitiv, ce *este* un scaun, o frunză sau un joc. Adică, trebuie să surprindem o mulțime de atribute pe care le au toate jocurile, și numai ele. Wittgenstein era însă de părere că, dat fiind felul în care folosim limbajul și tipul de lume la care îl aplicăm, nu trebuie să existe nici o astfel de mulțime de atribute. Deși o discuție asupra *unora* din atributele împărtășite de un *număr* de jocuri, sau scaune, sau frunze, ne poate ajuta adesea să învățăm cum să folosim termenul respectiv, nu există nici o mulțime de caracteristici care să fie simultan aplicabilă tuturor membrilor clasei și numai lor. În schimb, în fața unei activități până atunci neobservate, folosim termenul „joc“ pentru că ceea ce vedem are o mare „asemănare de familie“ cu un număr de activități pe care am învățat în prealabil să le numim cu acest nume. Așadar, pentru Wittgenstein, jocurile, scaunele și frunzele sunt familii naturale, fiecare fiind constituită de o rețea de asemănări care se suprapun și se încrucișează. Existența unei asemenea rețele explică în măsură suficientă reușita noastră în identificarea obiectului sau activității corespunzătoare. Numai dacă familiile pe care le-am numit se suprapun și fuzionează treptat una cu alta — deci, numai dacă nu ar exista nici o familie *naturală* — reușita noastră în identificare și denumire ar fi o dovadă în favoarea unei mulțimi de caracteristici comune, corespunzând fiecăruia dintre numele de clase pe care le folosim.

² Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, trad. G.E.M. Anscombe (New York, 1953), pp. 31–36. Wittgenstein nu spune însă aproape nimic despre tipul de lume care trebuie să susțină procedura de denumire pe care el o schițează. În consecință, o parte din ceea ce urmează nu i se poate atribui.

Ceva asemănător ar putea foarte bine să fie valabil și în cazul diferitelor probleme și tehnici de cercetare care apar în cadrul unei singure tradiții științifice normale. Ceea ce au acestea în comun nu este satisfacerea vreunei mulțimi explicite sau chiar integral cunoscute de reguli și presupoziii care conferă acelei tradiții caracterul ei, ca și influența pe care o are asupra intelectului științific. În schimb, ele se pot înrudi prin asemănare și prin modelare cu o parte sau alta a edificiului științific pe care comunitatea respectivă îl recunoaște deja printre realizările ei consacrate. Oamenii de știință lucrează după modele dobândite prin educație și prin asimilarea ulterioară a literaturii de specialitate, adesea neștiind și neavând nevoie să știe ce caracteristici au conferit acestor modele statutul de paradigme ale comunității. Din această cauză, ei nu au nevoie de vreo mulțime completă de reguli. Coerența manifestată de tradiția de cercetare la care participă poate chiar să nu implice existența unei mulțimi subiacente de reguli și presupoziii care ar putea fi descoperită de investigații istorice sau filozofice ulterioare. Faptul că de obicei oamenii de știință nu chestionează sau dezbat legitimitatea unei anumite probleme sau soluții ne îndeamnă să presupunem că, cel puțin intuitiv, ei cunosc răspunsul. Dar s-ar putea ca acest fapt să indice numai că nici întrebarea și nici răspunsul nu sunt considerate relevante pentru cercetarea lor. Paradigmele pot fi anterioare, mai constrângătoare și mai complete decât orice mulțime de reguli pentru cercetare, care ar putea fi în mod echivoc abstrasă din ele.

Până acum, această idee a fost întru totul teoretică: *paradigmele pot determina știința normală fără intervenția unor reguli reperabile*. Voi încerca acum să sporesc claritatea și importanța ei, indicând câteva motive care mă îndeamnă să cred că *paradigmele operează într-adevăr în acest fel*. Primul, discutat deja pe larg, constă în dificultatea extremă de a descoperi regulile care au ghidat tradiții particulare de știință normală. Această dificultate este foarte asemănătoare cu cea întâmpinată de filozof atunci când încearcă să identifice ce au în comun toate jocurile. Al doilea, în raport cu care primul este de fapt un corolar, este intrinsec naturii educației științifice. Ar trebui să fie limpede că oamenii de știință nu învață niciodată concepte, legi și teorii în mod abstract și în sine. Mai

degrabă, aceste instrumente intelectuale sunt de la început întâlnite într-o unitate, istoric și pedagogic anterioară, care le dezvăluie odată cu și prin aplicațiile lor. O nouă teorie este totdeauna prezentată împreună cu aplicațiile ei într-un domeniu concret de fenomene naturale; fără ele, ea nu ar fi nici măcar un candidat la acceptare. După ce a fost acceptată, aceleași aplicații sau altele însoțesc teoria în manualele din care viitorul om de știință își va învăța meseria. Aplicațiile nu apar în manuale ca simple variații sau ca documentare. Dimpotrivă, procesul învățării unei teorii depinde de studiul aplicațiilor, inclusiv practica rezolvării problemelor, atât cu creionul și hârtia cât și cu instrumentele de laborator. Dacă, de pildă, studentul în dinamica newtoniană descoperă vreodată semnificația unor termeni ca „forță“, „masă“, „spațiu“ și „timp“, aceasta se datorește mai puțin definițiilor incomplete, deși uneori utile, din manual, cât observării și participării la aplicarea acestor concepte în rezolvarea problemelor.

Procesul de învățare directă, „văzând și făcând“, continuă de-a lungul întregii inițieri profesionale. Pe măsură ce studentul avansează de la cursurile din primul an spre disertația de doctorat, problemele ce-i sunt date devin mai complexe și mai lipsite de precedente. Dar ele continuă să fie fidel modelate după rezultate anterioare, la fel cum vor fi și problemele pe care le va aborda, în mod normal, în cursul viitoarei sale cariere științifice independente. Se poate presupune că undeva, pe parcurs, omul de știință a abstras intuitiv, pentru sine, regulile jocului, deși sunt puține temeiuri să credem acest lucru. Deși mulți oameni de știință vorbesc ușor și bine despre anumite ipoteze individuale care stau la baza unei anumite cercetări curente, ei nu sunt mult superiori profanilor când este vorba de a caracteriza fundamentele domeniului lor, problemele și metodele lui legitime. Dacă totuși au asimilat astfel de abstracții, ei o dovedesc mai ales prin capacitatea lor de a reuși în cercetare. Această capacitate poate fi însă înțeleasă fără a recurge la niște reguli ipotetice ale jocului.

Consecințele educației științifice au o reciprocă ce oferă un al treilea temei de a presupune că paradigmele ghidează cercetarea prin modelare directă, ca și prin reguli abstrase. Știința normală

poate funcționa fără reguli numai atâta vreme cât comunitatea științifică acceptă fără întrebări soluțiile, deja obținute, la probleme particulare. Regulile ar trebui deci să capete importanță, iar indiferența caracteristică față de ele ar trebui să dispară ori de câte ori paradigmele sau modelele sunt considerate nesigure. Este, de altfel, ceea ce se și întâmplă. În particular, perioada dinaintea unei paradigme este regulat marcată de controverse frecvente și serioase asupra metodelor, problemelor și criteriilor legitime de rezolvare, deși acestea contribuie mai degrabă la delimitarea școlilor decât la realizarea unui acord. Am menționat câteva asemenea controverse în optică și electricitate; ele au jucat un rol chiar mai important în dezvoltarea chimiei din secolul al șaptesprezecelea și a geologiei de la începutul secolului al nouăsprezecelea³. Mai mult, asemenea controverse nu dispar definitiv la apariția unei paradigme. Deși aproape inexistente în perioadele de cercetare normală, ele reapar regulat exact înaintea și în cursul revoluțiilor științifice, perioade în care paradigmele sunt mai întâi atacate și apoi schimbate. Tranziția de la mecanica newtoniană la cea cuantică a stârnit numeroase controverse atât asupra naturii cât și asupra criteriilor fizicii — controverse care mai continuă încă⁴. Există încă oameni în viață care își pot aminti confruntările similare generate de teoria electromagnetică a lui Maxwell și de mecanica statistică⁵. Și chiar mai devreme, asimilarea mecanicii lui Galilei

³ Pentru chimie, vezi H. Metzger, *op. cit.*, pp. 24–27, 146–149; și Marie Boas, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry* (Cambridge, 1958), cap. II. Pentru geologie, vezi Walter F. Cannon, „The Uniformitarian-Catastrophist Debate“, *Isis*, LI (1960), pp. 38–55; și C. C. Gillispie, *Genesis and Geology* (Cambridge, Mass., 1951), cap. IV–V.

⁴ Pentru controversele privind mecanica cuantică, vezi Jean Ullmo, *La crise de la physique quantique* (Paris, 1950), cap. II.

⁵ Pentru mecanica statistică, vezi René Dugas, *La théorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes* (Neuchâtel, 1959), pp. 158–184, 206–219. Relativ la primirea făcută operei lui Maxwell, vezi Max Planck, „Maxwell's Influence in Germany“, în James Clerk Maxwell, *A Commemoration Volume, 1831–1931* (Cambridge, 1931), pp. 45–65, mai ales pp. 58–63; și Sylvanus P. Thompson, *The Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (Londra, 1910), II, pp. 1021–1027.

și Newton a generat o serie de polemici celebre cu aristotelicieni, cartezieni și leibnizieni în privința metodelor legitime ale științei⁶.

Când oamenii de știință nu sunt de acord în privința rezolvării problemelor fundamentale ale domeniului lor, examinarea regulilor dobândește o însemnătate pe care nu o are de obicei. Atâta vreme însă cât paradigmele sunt trainice, ele pot funcționa fără vreun acord asupra raționalizării regulilor sau chiar fără nici o încercare de raționalizare a lor.

Un al patrulea temei ce conferă paradigmelor un statut anterior celui al regulilor și presupuzițiilor comune va fi discutat în încheierea acestei secțiuni. În introducerea la acest eseu, arătăm că pot exista atât revoluții mici cât și revoluții mari, că unele afectează numai membrii unei subspecialități științifice și că pentru asemenea grupuri, chiar și descoperirea unui fenomen nou și neașteptat poate fi revoluționară. Următoarea secțiune va prezenta anumite revoluții de acest fel. Este încă prea puțin clar cum de ele pot exista. Dacă știința normală este într-atât de rigidă și dacă comunitățile științifice sunt atât de strâns unite, cum lasă să se înțeleagă cele spuse anterior, cum poate o schimbare de paradigmă să afecteze vreodată numai un mic subgrup? Ceea ce am spus până acum ar putea să sugereze că știința normală este o întreprindere unică, monolită și unificată, care rezistă sau cade împreună cu oricare din paradigmele ei sau cu toate laolaltă. Dar este evident că știința nu arată (decât rareori sau niciodată) astfel. Adesea, considerând toate domeniile laolaltă, ea pare mai degrabă o structură cam subredă, cu o slabă coerență între diversele ei părți. Nimic din cele spuse până acum nu contrazice această observație foarte familiară. Dimpotrivă, substituind paradigmele regulilor, vom înțelege mai ușor diversitatea domeniilor și specialităților științifice. Spre deosebire de paradigmă, regulile explicite (atunci

⁶ Pentru un exemplu al luptei cu aristotelicienii, vezi A. Koyré, „A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton“, *Transactions of the American Philosophical Society*, XLV (1955), pp. 329–395. Pentru dezbaterile cu cartezienii și cu leibnizienii, vezi Pierre Brunet, *L'introduction des théories de Newton en France en XVIII^e siècle* (Paris, 1931); și A. Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe* (Baltimore, 1957), cap. XI.

când există) sunt de obicei comune unui grup științific foarte larg. Practicienii unor domenii foarte diferite, de pildă, astronomia și botanica taxonomică, sunt educați prin contactul cu realizări întru totul diferite, descrise în cărți foarte diferite. Și chiar cei care, fiind în aceleași domenii sau în unele foarte apropiate, încep prin a studia aceleași cărți și rezultate pot ajunge să asimileze, în cursul specializării profesionale, paradigme cu totul diferite.

Să luăm numai un singur exemplu: comunitatea foarte largă și diversă a fizicienilor. Astăzi, fiecare membru al acestui grup învață legile mecanicii cuantice, de pildă, și cei mai mulți dintre ei le aplică la un moment dat în cercetare sau predare. Dar nu toți învață aceleași aplicații ale acestor legi și nu sunt deci toți afectați în același fel de schimbările survenite în practica mecanicii cuantice. În cursul specializării lor profesionale, unii fizicieni fac cunoștință doar cu principiile fundamentale ale mecanicii cuantice. Alții studiază în detaliu aplicațiile paradigmaticale ale acestor principii în chimie, iar alții în fizica solidului ș.a.m.d. Pentru fiecare, înțelesul mecanicii cuantice depinde de cursurile pe care le-a urmat, de manualele pe care le-a citit și de revistele pe care le studiază. De aici rezultă că, deși o schimbare în legile mecanicii cuantice va fi revoluționară pentru toate aceste grupuri, o schimbare care vizează numai una sau alta din aplicațiile paradigmei mecanicii cuantice va fi revoluționară numai pentru membrii unei anumite subspecialități. Pentru restul profesiei și pentru cei care practică alte științe fizice, această schimbare poate să nu fie deloc revoluționară. Pe scurt, deși mecanica cuantică (sau dinamica newtoniană, sau teoria electromagnetică) este o paradigmă pentru multe grupuri științifice, ea nu este aceeași paradigmă pentru toate. Ea poate deci determina simultan mai multe tradiții de știință normală care coincid în parte, fără a fi coextensive. O revoluție produsă într-una din aceste tradiții nu se va extinde neapărat și asupra celorlalte.

O scurtă ilustrare a efectelor specializării poate întări ideile de mai sus. Un cercetător care nădăjduia să afle ceva despre modul în care înțeleg oamenii de știință teoria atomică a întrebat pe un distins fizician și pe un eminent chimist dacă un singur atom de

heliu este sau nu este o moleculă. Amândoi au răspuns fără să ezite, dar răspunsurile lor nu au coincis. Pentru chimist, atomul de heliu era o moleculă, întrucât se comportă ca atare în lumina teoriei cinetice a gazelor. Pentru fizician însă, atomul de heliu nu este o moleculă, pentru că nu indică nici un spectru molecular⁷. Probabil că amândoi vorbeau despre aceeași particulă, dar o vedeau prin prisma propriei lor pregătiri și practici de cercetare. Experiența pe care o aveau în rezolvarea problemelor le spunea ce trebuie să fie o moleculă. Experiențele lor aveau, fără îndoială, o mare parte comună, dar, în acest caz, ele nu le spuneau același lucru. În cele ce urmează, vom vedea cât de importante pot fi uneori asemenea diferențe de paradigmă.

⁷ Cercetătorul era James K. Senior, căruia îi sunt îndatorat pentru o relatare verbală. Unele probleme înrudite sunt tratate în articolul său „The Vernacular of the Laboratory“, *Philosophy of Science*, XXV (1958), pp. 163–168.

VI

Anomalia și emergența descoperirilor științifice

Știința normală, activitatea rezolvării de *puzzles* pe care tocmai am examinat-o, este o întreprindere într-o mare măsură cumulativă, extrem de eficientă în obținerea rezultatelor, sporind aria de cuprindere și precizia cunoașterii științifice. În toate aceste privințe, ea corespunde, cu mare fidelitate, celei mai obișnuite imagini despre munca științifică. Totuși, un produs uzual al întreprinderii științifice lipsește. Știința normală nu vizează noutăți factuale sau teoretice, iar reușita ei constă în a nu găsi nici una dintre ele. Dar cercetarea științifică descoperă neîncetat fenomene noi și nebanuite, iar oamenii de știință inventează din când în când teorii radical noi. Istoria arată chiar că întreprinderea științifică a dezvoltat o metodă extrem de puternică pentru a produce astfel de surprize. Dacă această trăsătură a științei trebuie împăcată cu altele, discutate mai sus, atunci cercetarea din cadrul unei paradigme trebuie să fie o cale deosebit de eficientă pentru a produce schimbarea ei. Este ceea ce fac noutățile fundamentale factuale și teoretice. Produse inadvertent de către un joc jucat potrivit unor anumite reguli, asimilarea lor solicită elaborarea altor reguli. Iar după ce au devenit părți ale științei, întreprinderea științifică (cel puțin, a acelor specialiști în al căror domeniu au apărut noutățile) nu mai este niciodată ceea ce a fost.

Trebuie să ne întrebăm, acum, cum pot surveni asemenea schimbări, considerând mai întâi descoperirile sau noutățile factuale și apoi invențiile sau noutățile teoretice. Această distincție între descoperire și invenție sau între fapt și teorie se va dovedi însă, foarte curând, mult prea artificială. Artificialitatea ei este o cheie importantă pentru înțelegerea câtorva din tezele principale ale acestui eseu.

Examinând, în continuare, anumite descoperiri vom observa imediat că ele nu sunt evenimente izolate, ci episoade îndelungate, cu o structură care re apare regulat. Descoperirea începe prin conștientizarea unei anomalii, adică prin recunoașterea faptului că natura a înșelat oarecum așteptările induse de paradigma care guvernează știința normală. Ea continuă apoi cu explorarea mai mult sau mai puțin amplă a zonei anomaliei și se încheie numai atunci când teoria paradigmată a fost astfel ajustată încât ceea ce era anomalie a devenit un fapt așteptat. Asimilarea unui nou tip de fapt necesită mai mult decât o ajustare suplimentară a teoriei; dar până când această ajustare nu este dusă la bun sfârșit, adică, până când omul de știință nu a învățat să vadă natura într-un chip diferit, noul fapt nu este cătuși de puțin un fapt științific.

Pentru a vedea cât de strâns împletite sunt noutățile factuale și teoretice în țesătura descoperirii științifice, să examinăm un exemplu celebru, descoperirea oxigenului. Cel puțin trei oameni și-o revendică în mod legitim, iar alți câțiva chimiști (pe la începutul anilor 1770) vor fi îmbogățit, fără să știe, aerul dintr-un recipient de laborator¹. Progresul științei normale, în acest caz al chimiei pneumatice, a pregătit cu conștiinciozitate toate premisele unei breșe. Primul care a pretins că a preparat o mostră pură de oxigen a fost farmacistul suedez C. W. Scheele. Opera sa poate fi totuși ignorată întrucât nu a fost publicată decât după ce descoperirea oxigenului fusese în repetate rânduri anunțată de alții, astfel încât ea nu are nici un efect asupra structurii istorice care ne interesează².

Al doilea (în timp) care a emis aceleași pretenții a fost savantul și teologul britanic Joseph Priestley, care a colectat separat gazul

¹ Pentru discuția încă clasică a descoperirii oxigenului, vezi A. N. Meldrum, *The Eighteenth Century Revolution in Science — the First Phase* (Calcutta, 1930), cap. V. O recentă și indispensabilă trecere în revistă, incluzând o relatare a controversei priorităților, este cea a lui Maurice Daumas, *Lavoisier, théoricien et expérimentateur* (Paris, 1955), cap. II–III. Pentru o relatare și bibliografie mai amplă, vezi de asemenea T. S. Kuhn, „The Historical Structure of Scientific Discovery“, *Science*, CXXXVI (June 1, 1962), pp. 760–764.

² Vezi însă Uno Bocklund, „A Lost Letter from Scheele to Lavoisier“, *Lychnos*, 1957–1958, pp. 39–62, pentru o evaluare diferită a rolului lui Scheele.

eliberat de oxidul roșu de mercur încălzit în cursul unei îndelungate investigații normale a „aerului“ degajat de un mare număr de substanțe solide. În 1774 el a identificat gazul astfel produs ca oxid de azot, iar în 1775, în urma altor teste, ca aer obișnuit, dar având o cantitate subnormală de flogistic. Al treilea pretendent, Lavoisier, și-a început cercetarea care l-a condus spre oxigen după experiențele lui Priestley din 1774 și poate ca urmare a unei sugestii a lui Priestley. La începutul anului 1775, Lavoisier relata că gazul obținut prin încălzirea oxidului roșu de mercur era „aer însuși, în întregime, fără vreo alterare [numai că]... iese mai pur, mai respirabil“³. Prin 1777, probabil pe baza unei alte metode a lui Priestley, Lavoisier conchidea că gazul era o specie distinctă, unul din cei doi constituenți principali ai atmosferei, o concluzie pe care Priestley nu a putut s-o accepte niciodată.

Această structură a descoperirii ridică o întrebare care poate fi pusă în legătură cu orice fenomen nou care a intrat vreodată în conștiința oamenilor de știință. Cine a descoperit primul oxigenul? Priestley sau Lavoisier, dacă este vorba într-adevăr de unul dintre ei? Și, în orice caz, când a fost descoperit oxigenul? În această formă, întrebarea poate fi pusă chiar dacă ar fi existat un singur pretendent la descoperire. Considerat ca o tranșare a priorității și datei, răspunsul nu ne interesează cătuși de puțin. Totuși, o încercare de a da un răspuns va clarifica natura descoperirii, deoarece vreun asemenea răspuns nu poate fi găsit. Această întrebare este improprie pentru tipul de proces care este descoperirea. Faptul că ea este pusă — prioritatea descoperirii oxigenului fiind în repetate rânduri contestată, începând din 1780 — dovedește că ceva nu este în regulă cu imaginea despre știință care conferă descoperirii un rol atât de fundamental. Să examinăm încă o dată exemplul nostru. Revendicarea de către Priestley a descoperirii oxigenului se întemeiază pe prioritatea sa în a izola un gaz care, mai târziu, a fost recunoscut ca o specie distinctă. Dar eșantionul de gaz al lui

³ J. B. Conant, *The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775–1789* („Harvard Case Histories in Experimental Science“, Case 2; Cambridge, Mass., 1950), p. 23. Această broșură foarte utilă reproduce multe documente relevante.

Priestley nu era pur, iar dacă a obține oxigen impur înseamnă a-l descoperi, atunci oxigenul a fost descoperit de către oricine a îmbuteliat vreodată aer din atmosferă. Apoi, dacă Priestley a fost descoperitorul, când a fost făcută descoperirea? În 1774, el credea că a obținut oxid de azot, gaz pe care-l cunoștea deja; în 1775, a crezut că este vorba de aer deflogisticat, care nu este încă oxigen sau un gaz cu totul neașteptat, cel puțin pentru adeptii chimiei flogisticului. Prioritatea revendicată de Lavoisier pare mai întemeiată, dar ea ridică aceleași probleme. Dacă îi refuzăm premiul lui Priestley, nu i-l putem decerna lui Lavoisier pentru cercetările din 1775 care l-au condus la identificarea gazului ca fiind „în întregime aer”. Ar trebui poate să așteptăm cercetările din 1776 și 1777, în urma cărora Lavoisier a fost în stare nu numai să observe gazul, dar să stabilească și despre ce gaz este vorba. Dar chiar și în acest caz, decernarea premiului ar putea fi pusă la îndoială, întrucât în 1777 și până la sfârșitul vieții sale, Lavoisier a rămas convins că oxigenul era un „principiu (atomic) de aciditate” și că gazul oxigen se forma numai atunci când acest „principiu” se unea cu caloricul, substanța căldurii⁴. Vom spune atunci că oxigenul nu fusese încă descoperit în 1777? Unii ar fi înclinați să răspundă afirmativ. Dar principiul acidității nu a fost alungat din chimie decât după 1810, iar caloricul a mai zăbovit până prin anii 1860. Oxigenul devenise însă o substanță chimică standard înaintea ambelor acestor date.

Este limpede că avem nevoie de un nou vocabular și de noi concepte pentru a analiza evenimente ca descoperirea oxigenului. Deși neîndoielnic corectă, propoziția „oxigenul a fost descoperit” induce în eroare, lăsând să se înțeleagă că a descoperi ceva este un act singular și simplu, asimilabil conceptului nostru obișnuit (dar de asemenea îndoielnic) de a vedea. Iată de ce acceptăm atât de prompt că descoperirea, ca și actele de a vedea sau a atinge, poate fi precis atribuită unui individ și unui moment în timp. Dar această din urmă atribuire nu este niciodată posibilă, iar cea dintâi foarte rar. Lăsându-l deoparte pe Scheele, putem spune, fără teamă

⁴ H. Metzger, *La Philosophie de la matière chez Lavoisier* (Paris, 1935); și Daumas, *op. cit.*, cap. VII.

de a greși, că oxigenul nu fusese descoperit înainte de 1774, ci mai probabil prin 1777 sau curând după aceea. Dar între aceste limite, orice încercare de a data precis descoperirea nu poate fi decât arbitrară, pentru că descoperirea unui nou tip de fenomen este inevitabil un eveniment complex, care implică a recunoaște atât *că* ceva este cât și *ce* este. Să notăm, de pildă, că dacă oxigenul ar fi fost pentru noi aer deflogisticat, am afirma fără ezitare că Priestley a fost cel care l-a descoperit, deși tot n-am fi știut când anume. Dar dacă atât observația cât și conceptualizarea, faptul și asimilarea lui într-o teorie, sunt inseparabil legate într-o descoperire, atunci aceasta din urmă apare ca un proces care cere timp. Numai atunci când toate categoriile conceptuale relevante sunt pregătite dinainte (în care caz fenomenul nu ar mai fi de un tip nou), și numai atunci, descoperirea *că* ceva este și, respectiv, *ce* este ar putea surveni firesc, împreună și instantaneu.

Să admitem acum că descoperirea implică un proces amplu, deși nu neapărat îndelungat, de asimilare conceptuală. Putem spune de asemenea că ea implică și o schimbare în paradigmă? Deocamdată, nu poate fi dat nici un răspuns general la o asemenea întrebare, dar, cel puțin în acest caz, răspunsul trebuie să fie afirmativ. Ceea ce anunța Lavoisier în articolele sale de după 1777 nu era atât descoperirea oxigenului, cât teoria arderii prin oxidare. Această teorie a fost principiul de bază care a dus la o reformulare într-atât de cuprinzătoare a chimiei încât a ajuns să fie în mod uzual denumită revoluție chimică. Într-adevăr, dacă descoperirea oxigenului nu ar fi fost o parte intimă a apariției unei noi paradigme în chimie, problema priorității, de la care am pornit, nu ar fi părut atât de importantă. În acest caz, ca și în altele, valoarea atribuită unui nou fenomen, și deci descoperitorului său, variază în funcție de aprecierea măsurii în care fenomenul a înșelat așteptările induse de paradigmă. Să notăm însă faptul, care se va dovedi important mai târziu, că descoperirea oxigenului nu a fost, în sine, cauza schimbărilor din teoria chimică. Mult înainte de a fi jucat vreun rol în descoperirea noului gaz, Lavoisier era convins că ceva nu era în regulă cu teoria flogisticului și de asemenea că corpurile care ard absorb o parte din atmosferă. Aceste observații le-a înmănat, într-o notă sigilată, în 1772, secretarului Academiei

Franceze⁵. Cercetările asupra oxigenului nu au făcut decât să clarifice și să structureze considerabil convingerea mai veche a lui Lavoisier că ceva nu mergea bine. Aceste cercetări l-au făcut să înțeleagă un fapt pe care era deja pregătit să-l descopere: și anume, natura substanței pe care arderea o absoarbe din atmosferă. Faptul că a fost, mai dinainte, conștient de aceste dificultăți trebuie să-l fi ajutat considerabil pe Lavoisier să observe, în experimente ca ale lui Priestley, un gaz pe care Priestley însuși nu fusese în stare să-l remarce. Și viceversa, faptul că ceea ce a observat Lavoisier a fost posibil numai printr-o revizuire majoră a paradigmei explică, în linii mari, de ce Priestley nu a fost în stare, până la sfârșitul vieții, să observe același lucru.

Alte două exemple, mult mai scurte, vor confirma multe din cele tocmai spuse și totodată ne vor permite să trecem de la elucidarea naturii descoperirilor la o înțelegere a împrejurărilor în care ele apar în știință. Pentru a prezenta principalele moduri în care pot surveni descoperirile, am ales exemple care sunt nu numai diferite între ele, dar și diferite de descoperirea oxigenului.

Primul, descoperirea razelor X, este un caz clasic de descoperire accidentală, un caz întâlnit mult mai frecvent decât ne lasă să înțelegem rigorile impersonale ale relatărilor științifice. Istoria lui începe într-o zi în care fizicianul Roentgen își întrerupea o investigație curentă a razelor catodice deoarece observase că un ecran de cianură platinosă de bariu, aflat la o oarecare distanță de aparatul său căptușit cu plumb, devenise luminescent în momentul descărcării. Investigațiile ulterioare — de-a lungul a șapte săptămâni agitate, în care Roentgen părăsea foarte rar laboratorul — au arătat că luminescența emana în linii drepte de la tubul de raze catodice, că radiațiile proiectau umbre, că nu puteau fi deviate de un magnet și încă multe altele. Înainte de a-și anunța descoperirea, Roentgen se convinsese că efectul descoperit nu se datora razelor catodice, ci unui agent oarecum asemănător luminii⁶.

⁵ Cea mai autorizată prezentare a originii nemulțumirii lui Lavoisier este Henry Guerlac, *Lavoisier — the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772* (Ithaca, N. Y., 1961).

⁶ L. W. Taylor, *Physics, the Pioneer Science* (Boston, 1941), pp. 790–794; și T. W. Chalmers, *Historic Researches* (Londra, 1949), pp. 218–219.

Chiar și un rezumat atât de scurt dezvăluie asemănări izbitoare cu descoperirea oxigenului: înainte de a experimenta cu oxidul roșu de mercur, Lavoisier realizase experimente care nu dăduseră rezultatele anticipate de paradigma flogisticului; descoperirea lui Roentgen a început prin observația că ecranul devine luminescent când nu trebuia. În ambele cazuri, perceperea anomaliei — adică a unui fenomen la care nu se aștepta, potrivit paradigmei cu care lucra — a jucat un rol esențial în pregătirea terenului pentru perceperea noutății. Dar, din nou în ambele cazuri, perceperea că ceva nu este în regulă a fost numai preludiul descoperirii. Nici oxigenul și nici razele X nu au ieșit la iveală decât în urma unui proces ulterior de experimentare și prelucrare. În ce moment al investigației lui Roentgen, de pildă, ar trebui să spunem că razele X au fost într-adevăr descoperite? În orice caz, nu în primul moment când tot ce observase era numai un ecran luminescent. Cel puțin un alt investigator observase acea luminescență și, mai târziu spre regretul său, nu descoperi nimic⁷. După cum este cât se poate de limpede că momentul descoperirii nu poate fi fixat undeva, în cursul ultimei săptămâni de cercetări, când Roentgen explora proprietățile noii radiații pe care o descoperise *deja*. Tot ce putem spune este că razele X au apărut la Würzburg între 8 noiembrie și 28 decembrie 1895.

Într-o a treia privință însă, existența unor paralele semnificative între descoperirea oxigenului și, respectiv, a razelor X este mult mai puțin evidentă. Spre deosebire de descoperirea oxigenului, cea a razelor X nu a fost implicată, cel puțin în deceniul care i-a urmat, în vreo zdruncinare vizibilă a teoriei științifice. În ce sens se poate spune atunci că asimilarea acestei descoperiri a necesitat o schimbare de paradigmă? Argumentele în favoarea negării unei asemenea schimbări sunt foarte puternice. Este neîndoielnic că paradigmele la care au subscris Roentgen și contemporanii săi nu ar fi putut fi folosite în predicția razelor X. (Teoria electromagnetică

⁷ E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I, (2d. ed.; Londra, 1951), 358, n. 1. Sir George Thompson m-a informat despre un al doilea eșec. Alertat de valoarea inexplicabilă a plăcilor fotografice, Sir William Crookes era de asemenea pe urmele descoperirii.

a lui Maxwell nu fusese încă acceptată pretutindeni, iar teoria corpusculară a razelor catodice era numai una dintre câteva speculații curente.) Nu este mai puțin adevărat însă că aceste paradigme nu interziceau, cel puțin nu într-un mod evident, existența razelor X, cum interzisesse teoria flogisticului interpretarea dată de Lavoisier gazului lui Priestley. Dimpotrivă, în 1895, teoria și practica științifică acceptate admiteau un număr de forme de radiații: vizibile, infraroșii și ultraviolete. De ce nu s-ar fi putut ca razele X să fie acceptate pur și simplu ca încă o formă a unei clase bine cunoscute de fenomene naturale? De ce nu au fost ele primite în același fel ca și descoperirea unui nou element chimic? Noi elemente care să umple căsuțele goale din tabelul lui Mendeleev încă erau căutate și găsite, pe vremea lui Roentgen. Căutarea lor era un demers obișnuit al științei normale, iar reușita era prilej de felicitări, nicidecum de surpriză.

Razele X însă au fost întâmpinate nu numai cu surpriză, dar și cu stupeoare. La început, lordul Kelvin le-a calificat drept o păcăleală bine lucrată⁸. Alții, deși nu puteau pune la îndoială dovezile, erau evident uluiți. Deși razele X nu erau proscrie de teoria existentă, ele contraveneau unor așteptări adânc înrădăcinate. După părerea mea, aceste așteptări erau implicate în proiectarea și interpretarea procedurilor de laborator admise. Prin 1890, aparatele cu raze catodice erau larg răspândite în numeroase laboratoare europene. Dacă aparatul lui Roentgen produsese raze X, atunci și alți experimenatori trebuie să le fi produs o bucată de vreme, fără să-și fi dat seama. Poate că aceste raze, care puteau, la fel de bine, să aibă și alte surse necunoscute, erau implicate într-un comportament explicat până atunci fără referire la ele. Cel puțin, unele din cele mai familiare tipuri de aparate aveau să fie, de atunci încolo, căptușite cu plumb. Cercetări deja încheiate, asupra unor teme normale, aveau să fie acum reluate deoarece autorii lor nu reușiseră să identifice și să controleze o variabilă relevantă. Razele X inaugurară, fără îndoială, un nou domeniu, sporind astfel aria potențială a științei normale. Dar, ceea ce este acum mult mai

⁸ Silvanus P. Thompson, *The Life of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs* (Londra, 1910), II, 1125.

important, ele modificau domenii care existau deja. În acest proces, ele au negat unor tipuri altădată paradigmatică de instrumentație dreptul la acest titlu.

Pe scurt, conștientă sau nu, decizia de a folosi un anumit aparat într-un mod anume implică presupunerea că vor apărea numai anumite tipuri de situații. Există așteptări instrumentale ca și teoretice care au jucat adesea un rol decisiv în dezvoltarea științei. O asemenea așteptare a jucat, de pildă, un rol în descoperirea întârziată a oxigenului. Folosind un test standard pentru „puritatea aerului“, atât Priestley cât și Lavoisier au amestecat două volume din gazul lor cu un volum de oxid de azot, au agitat amestecul deasupra apei și au măsurat volumul reziduului gazos. Experiența anterioară, pe baza căreia fusese dezvoltat acest procedeu standard, îi asigura că în cazul aerului atmosferic reziduul va fi de un anumit volum și că în cazul oricărui alt gaz (sau al aerului poluat) el va fi mai mare. În experimentele cu oxigen, ambii au găsit un reziduu apropiat de un același volum, identificând gazul în mod corespunzător. Doar mult mai târziu și în mod accidental a renunțat Priestley la procedeul obișnuit și a încercat să amestece, în alte proporții, oxid de azot cu gazul său. A descoperit atunci că, la un volum de patru ori mai mare de oxid de azot, nu mai rămânea nici un reziduu. Încrederea sa în procedeul inițial de testare — procedeu confirmat de numeroase experiențe anterioare — a dus simultan la convingerea că nu pot exista gaze care să se comporte ca oxigenul⁹.

Se mai pot da numeroase exemple de acest fel; de pildă, identificarea târzie a fisiunii uraniului. Un motiv pentru care această reacție nucleară s-a dovedit a fi extrem de greu de identificat a fost acela că cei care știau la ce să se aștepte în cazul bombardării uraniului au ales teste chimice ce vizau îndeosebi elemente din partea superioară a tabelului periodic¹⁰. Ar trebui oare să conchidem,

⁹ Conant, *op. cit.*, pp. 18–20.

¹⁰ K. K. Darrow, „Nuclear Fission“, *Bell System Technical Journal*, XIX, (1940), pp. 267–289. Kriptonul, unul din cele două produse principale ale fisiunii, pare să nu fi fost identificat prin mijloace chimice, decât după ce reacția a fost bine înțeleasă. Bariul, celălalt produs, a fost cât pe ce să fie

din frecvența cu care asemenea opțiuni instrumentale se dovedesc eronate, că știința trebuie să renunțe la testele și instrumentele standard? Aceasta ar duce la o metodă de cercetare de neconceput. Procedurile și aplicațiile unei paradigme sunt la fel de necesare științei ca și legile și teoriile paradigmei, având aceleași efecte. Ele restrâng inevitabil câmpul fenomenologic accesibil în orice moment al investigației științifice. Admițând acest lucru, vom putea în același timp să înțelegem un sens esențial în care o descoperire ca aceea a razelor X necesita o schimbare de paradigmă — și, deci, o schimbare atât a procedurilor cât și a așteptărilor — pentru un anumit segment al comunității științifice. Drept urmare, vom putea de asemenea înțelege cum descoperirea razelor X a putut să pară că dezvăluie multor oameni de știință o lume nouă, stranie, și astfel a putut să contribuie atât de efectiv la criza care a dus la fizica secolului douăzeci.

Ultimul nostru exemplu de descoperire științifică, cea a buteliei de Leyda, aparține unei categorii care poate fi caracterizată ca fiind indusă de teorie. Pentru început, termenul ar putea să pară paradoxal. O mare parte din cele spuse până acum sugerează că descoperirile anticipate de teorie fac parte din știința normală și nu duc la nici un *tip nou* de fapte. M-am referit, de pildă, înainte, la descoperirile unor noi elemente chimice, în cursul celei de a doua jumătăți a secolului al nouăsprezecelea, arătând că ele sunt

identificat chimic într-un stadiu târziu al investigației întrucât, așa cum s-a întâmplat, acest element trebuia adăugat soluției radioactive pentru a precipita elementul greu pe care îl căutau chimiștii nucleari. Eșecul separării acestui bariu adăugat de produsul radioactiv a dus până la urmă, după ce reacția a fost continuu investigată vreme de aproape cinci ani, la următorul raport: „Chimiști fiind, ar trebui să fim determinați de această cercetare... să schimbăm toate numele din schema anterioară [a reacției] și să scriem deci Ba, La, Ce în loc de Ra, Ac, Th. Dar, fiind chimiști nucleari, strâns legați de fizică, nu ne putem hotărî să facem acest pas care ar contrazice întreaga existență anterioară a fizicii nucleare. S-ar putea ca o serie de accidente ciudate să ne fi dus la rezultate înșelătoare“. (Otto Hahn și Fritz Strassman, „Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle“, *Die Naturwissenschaften*, XXVII [1939], 15).

generate în acest fel de știința normală. Dar nu toate teoriile sunt teorii paradigme. Atât în perioadele premergătoare paradigmei cât și în cursul crizelor care duc la schimbări majore de paradigme, oamenii de știință elaborează de obicei numeroase teorii speculative și nearticulate, care pot indica ele însele calea spre descoperire. Adesea însă, acea descoperire nu este nicidecum cea anticipată de ipoteza speculativă și provizorie. Numai când experimentul și teoria experimentală sunt împreună și armonios articulate, descoperirea se impune, iar teoria devine o paradigmă.

Descoperirea buteliei de Leyda prezintă toate aceste trăsături, precum și altele notate mai înainte. La apariția ei, nu exista nici o paradigmă unică pentru cercetarea în electricitate. Dimpotrivă, se aflau în competiție câteva teorii, toate derivate din fenomene relative accesibile. Dar nici una din ele nu reușise să ordoneze perfect întreaga varietate a fenomenelor electrice. Această nereușită a fost sursa câtorva din anomaliiile care au constituit cadrul descoperirii buteliei de Leyda. Una din școlile aflate în competiție considera electricitatea ca un fluid și această concepție i-a îndemnat pe câțiva cercetători să încerce să îmbutelieze fluidul, ținând în mână un flacon umplut cu apă și introducând în apă un conductor legat de un generator electrostatic în funcție. Îndepărtând sticla de generator și atingând apa (sau conductorul introdus în ea) cu mâna rămasă liberă, fiecare din acești cercetători a simțit un șoc puternic. Dar aceste prime experimente nu au produs butelia de Leyda. Acest instrument s-a conturat mai încet, fiind din nou imposibil să precizăm momentul adevăratei sale descoperiri. Încercările inițiale de a înmagazina fluid electric au reușit numai pentru că cercetătorii țineau sticla în mâini în timp ce stăteau pe pământ. „Electricienii“ mai aveau încă să afle că butelia avea nevoie de un strat conducător nu numai exterior dar și interior și că fluidul nu era nicidecum înmagazinat în butelie. Undeva, în cursul investigațiilor în care au aflat aceste detalii și în care au întâlnit și alte anomalii, s-a conturat aparatul pe care îl numim butelie de Leyda. Apoi, experimentele care au dus la apariția acestui aparat, multe din ele întreprinse de Franklin, au fost totodată cele

care au reclamat revizuirea drastică a teoriei fluidului, ducând astfel la prima paradigmă completă a electricității¹¹.

Într-o măsură mai mare sau mai mică (corespunzând continuumului ce se întinde de la surpriză până la rezultatul anticipat), trăsăturile comune celor trei exemple de mai sus sunt caracteristice tuturor descoperirilor din care apar noi tipuri de fenomene. Aceste caracteristici cuprind: conștientizarea prealabilă a anomaliei, apariția treptată și simultană a identificării observaționale și conceptuale și schimbarea corespunzătoare a categoriilor și procedurilor paradigmei, schimbare ce întâmpină adesea rezistență. Există chiar dovezi că aceste caracteristici sunt constitutive naturii procesului perceptual însuși. Într-un experiment psihologic care merită să fie mult mai cunoscut în afara specialiștilor, Bruner și Postman au cerut subiecților să identifice, în condițiile unei expuneri scurte și controlate, o serie de cărți de joc. Multe dintre cărți erau normale, dar unele erau alcătuite anormal, de pildă, un șase roșu de pică și un patru negru de cupă. Fiecare etapă experimentală consta în expunerea repetată a unei singure cărți unui singur subiect. După fiecare expunere, subiectul era întrebat ce văzuse, iar etapa experimentală era încheiată după două identificări succesive corecte.¹²

Chiar în cele mai scurte expuneri, mulți subiecți au identificat majoritatea cărților, iar după o ușoară creștere a timpului de expunere toți subiecții au identificat toate cărțile. Pentru cărțile normale, aceste identificări au fost de obicei corecte, dar cărțile anormale au fost aproape întotdeauna identificate, fără ezitări, cu nedumeriri vizibile, ca fiind corecte. Patru negru de cupă a fost identificat, de pildă, cu patru de pică sau cupă. Fără conștiința vreunei nereguli, cartea a fost imediat încadrată într-una din

¹¹ Pentru diferitele stadii ale evoluției buteliei de Leyda, vezi I. B. Cohen, *Franklin and Newton; An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), pp. 385–386, 400–406, 452–467, 506–507. Ultimul stadiu este descris de Whittaker, *op. cit.*, pp. 50–52.

¹² J. S. Bruner și Leo Postman, „On the Perception of Incongruity: A Paradigm“, *Journal of Personality*, XVIII (1940), pp. 206–223.

categoriile conceptuale pregătite de experiența anterioară. Cineva ar putea chiar să refuze să afirme că subiecții au văzut ceva diferit de ceea ce au identificat. Odată cu creșterea timpului de expunere a cărților anormale, subiecții au început să ezite, dovedind că sunt conștienți că ceva nu e în regulă. De pildă, în fața unui șase roșu de pică, unii ar fi spus: acesta e un șase de pică, dar ceva nu e în regulă cu el — negrul are o margine roșie. Creșterea și mai mare a timpului de expunere a provocat tot mai multă ezitare și confuzie până când, în fine, și uneori bursc, cei mai mulți dintre subiecți vor fi făcut, fără să ezite, identificarea corectă. Mai mult decât atât, după ce au procedat astfel cu două sau trei cărți anormale, ei nu vor mai avea dificultăți deosebite cu celelalte. Câțiva subiecți, totuși, nu au fost deloc în stare să facă modificările corespunzătoare ale categoriilor lor perceptuale. Chiar și la o creștere de patruzeci de ori a timpului mediu de expunere necesar recunoașterii unor cărți normale, mai mult de zece la sută din cărțile anormale nu au fost corect identificate. Iar subiecții care au eșuat și în acest caz s-au simțit foarte contrariați. Unul din ei a exclamat: „Nu pot să-mi dau seama de culoare, oricare ar fi ea. În acest moment nici măcar nu seamănă cu o carte. Nu știu ce culoare este acum sau dacă este o pică sau o cupă. Nu sunt nici măcar sigur cum arată o pică. Dumnezeuule!“¹³ În secțiunea următoare vom avea ocazia să-i vedem pe oamenii de știință comportându-se din când în când asemănător.

Fie ca o metaforă, fie pentru că reflectă natura intelectului, acest experiment psihologic oferă o schemă deosebit de simplă și convingătoare a procesului descoperirii științifice. În știință, ca și în experimentul cu cărțile de joc, noutatea apare numai cu dificultate, învingând rezistența opusă de așteptările prelabile. Inițial, numai anticipatul și obișnuitul sunt remarcate, chiar în condițiile în care anomalia este mai târziu observată. O familiarizare mai bună creează însă sentimentul unei nereguli sau corelează efectul

¹³ *Ibidem*, p. 218. Colegul meu Postman îmi spune că, deși știa dinainte totul despre aparat și expunere, s-a trezit totuși privind foarte neliniștit la cărțile nepotrivite.

cu ceva care nu a fost în regulă mai înainte. Conștiința anomaliei inaugurează o perioadă în care categoriile conceptuale sunt ajustate până când ceea ce apăsarea inițial ca o anomalie apare acum ca un lucru anticipat. În acest punct descoperirea este încheiată. Am afirmat deja că acest proces, sau unul foarte asemănător, este implicat în apariția tuturor noutăților științifice fundamentale. Voi remarca acum că, identificând acest proces, putem în sfârșit să începem să înțelegem de ce știința normală — deși o întreprindere care nu este orientată spre noutăți și care încearcă la început să le suprimă — este totuși atât de eficientă în producerea lor.

În dezvoltarea oricărei științe, despre prima paradigmă acceptată se crede de obicei că explică cu succes majoritatea observațiilor și experimentărilor ușor accesibile practicienilor acelei științe. Dezvoltarea ulterioară solicită de obicei construirea unui aparataj complicat, elaborarea unui vocabular și a unor tehnici ezoterice și o rafinare a conceptelor care reduce într-o măsură tot mai mare asemănarea lor cu prototipurile obișnuite ale bunului-simț. Această profesionalizare duce, pe de o parte, la o restrângere imensă a viziunii omului de știință și la o rezistență considerabilă la schimbări de paradigmă. Omul de știință devine tot mai rigid. Pe de altă parte, în acele domenii spre care paradigma îndreaptă atenția grupului practicienilor, știința normală produce o detaliere a informației și o precizie a corespondenței dintre teorie și observație care nu pot fi atinse în nici un alt fel. În plus, această detaliere și precizie au o valoare ce depășește interesul lor intrinsec, nu întotdeauna prea ridicată. Fără aparatajul special construit îndeosebi pentru funcții anticipate, rezultatele care duc în ultimă instanță la descoperiri nu ar putea apărea. Și chiar când aparatajul există, noutatea i se arată de obicei numai aceluia care, cunoscând *cu precizie* la ce să se aștepte, este în stare să-și dea seama că ceva nu merge bine. Anomalia apare numai pe fundalul unei paradigme. Cu cât acea paradigmă este mai precisă și mai cuprinzătoare, cu atât mai sensibilă este capacitatea ei de a detecta o anomalie și deci de a prilejui schimbarea paradigmei. În desfășurarea normală a unei descoperiri, chiar și rezistența față de schimbare are o utilitate care va fi examinată mai îndeaproape în secțiunea următoare. Având grijă ca paradigma să nu fie abandonată prea ușor, această

rezistență garantează că oamenii de știință nu vor fi lesne abătuți din drum și că anomaliiile care duc la schimbarea paradigmei vor pătrunde până în miezul cunoașterii existente. Înșuși faptul că atât de des o noutate științifică semnificativă apare simultan în mai multe laboratoare este o dovadă atât a naturii tradiționale puternic înrădăcinate a științei normale cât și a deplinătății cu care această investigare tradițională își pregătește calea propriei ei schimbări.

VII

Criza și emergența
teoriilor științifice

Toate descoperirile considerate în secțiunea VI au fost cauze ale schimbărilor de paradigme sau au contribuit la ele. Apoi, schimbările în care au fost implicate aceste descoperiri erau, toate, atât distructive cât și constructive. După asimilarea descoperirii, oamenii de știință au fost în stare să explice un domeniu mai vast de fenomene naturale sau să explice cu mai multă precizie unele din cele deja cunoscute. Dar acest câștig a fost realizat numai cu prețul înlăturării unor convingeri și proceduri odinioară tipice și, simultan, al înlocuirii acestor componente ale vechii paradigme cu altele. După cum am arătat, astfel de modificări însoțesc toate descoperirile realizate în cadrul științei normale, în afara celor nesurprinzătoare care fuseseră anticipate în linii mari, exceptând detaliile. Descoperirile nu sunt însă singurele surse ale acestor schimbări distructive-constructive de paradigme. În secțiunea de față vom începe să discutăm modificări asemănătoare, dar mult mai ample, care rezultă din inventarea unor noi teorii.

După ce am arătat că, în știință, faptul și teoria, descoperirea și invenția nu sunt categoric și permanent distincte, putem anticipa o suprapunere între această secțiune și cea precedentă. (Ideea imposibilă că Priestley a descoperit mai întâi oxigenul, iar Lavoisier l-a inventat apoi își are atracția ei. Am întâlnit deja oxigenul ca descoperire; în curând îl vom întâlni din nou ca invenție.)

Abordând problema apariției unor noi teorii, vom înțelege indiscutabil mai bine și problema descoperirii. Totuși, suprapunerea nu este o identitate. Tipurile de descoperiri considerate în secțiunea precedentă nu au fost (cel puțin luate separat) responsabile pentru modificări de paradigme precum au fost revoluțiile copernicană,

newtoniană, chimică sau einsteiniană. Tot așa cum nu au fost responsabile pentru schimbările de paradigmă ceva mai mici (fiind profesional mai restrânse) produse de teoria ondulatorie a luminii, teoria dinamică a căldurii, sau teoria electromagnetică a lui Maxwell. Cum pot apărea astfel de teorii din știința normală, o activitate și mai puțin orientată spre obținerea lor decât spre cea a descoperirilor?

Dacă conștiința anomaliei joacă un rol în apariția unor noi tipuri de fenomene, nu ar trebui să surprindă pe nimeni că o conștiință similară, dar mai profundă, este o condiție a tuturor schimbărilor majore de teorii. În această privință, cred că evidența istorică este absolut certă. Situația astronomiei ptolemaice era scandalosă înainte de Copernic¹. Contribuția lui Galilei la studiul mișcării a depins în mare măsură de dificultățile descoperite de criticii scolastici în teoria lui Aristotel². Noua teorie newtoniană a luminii și culorii își are originea în descoperirea că nici una dintre teoriile preparadigmatice existente nu poate explica lungimea spectrului, iar teoria ondulatorie care a înlocuit-o pe cea a lui Newton a apărut în contextul unei îngrijorări crescânde provocate de anomaliile pe care le prezentau efectele de difracție și polarizare pentru teoria lui Newton³. Termodinamica s-a născut din ciocnirea a două teorii fizice ale secolului al nouăsprezecelea, iar mecanica cuantică dintr-o mulțime de dificultăți legate de radiația corpului negru, de căldurile specifice și efectul fotoelectric⁴. În toate aceste cazuri (cu

¹ A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500–1800* (Londra, 1954), p. 16.

² Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Madison Wis., 1959), Paris II–III. A. Koyré dezvăluie un număr de elemente medievale în gândirea lui Galilei, în ale sale *Études Galiléennes* (Paris, 1939), mai ales vol. I.

³ Pentru Newton, vezi T. S. Kuhn, „Newton's Optical Papers“, în *Isaac Newton's Papers and Letters in Natural Philosophy*, ed. I. B. Cohen (Cambridge, Mass., 1958), pp. 27–45. În privința preludiului la teoria ondulatorie, vezi E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I (2d ed., Londra, 1951), pp. 94–109 și W. Wheweell, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed., Londra, 1847), II, pp. 396–466.

⁴ Pentru termodinamică, vezi Silvanus P. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), I, pp. 266–281. Pentru teoria

excepția celui al lui Newton) conștiința anomaliei a durat atât de mult și a pătruns atât de adânc încât domeniile afectate de ea pot fi corect caracterizate ca aflându-se într-o stare de criză tot mai acută. Întrucât provoacă o distrugere de proporții a paradigmei și modificări majore în problemele și tehnicile științei normale, apariția noilor teorii este în general precedată de o perioadă de incertitudine profesională accentuată. După cum ne-am putea aștepta, această incertitudine este generată de eșecul constant întâmpinat în rezolvarea problemelor științei normale. Eșecul regulilor existente este preludiul căutării unora noi.

Să urmărim mai întâi un caz de schimbare de paradigmă deosebit de celebru: apariția astronomiei copernicane. Când precedesora ei, astronomia ptolemaică, fusese elaborată în cursul ultimelor două secole dinaintea erei noastre și a primelor două de după, ea reușise admirabil să prezică pozițiile variabile ale stelelor și planetelor. Nici un sistem astronomic anterior nu reușise atât de bine în aceste privințe; pentru stele, astronomia ptolemaică este încă larg folosită și astăzi ca o aproximare inginerască; pentru planete, predicțiile lui Ptolemeu erau la fel de bune ca și cele ale lui Copernic. Pentru o teorie științifică însă, a reuși admirabil nu înseamnă niciodată a reuși complet. În privința pozițiilor planetelor și a precesiei echinoxurilor, predicțiile realizate cu sistemul lui Ptolemeu nu au corespuns niciodată celor mai bune observații existente. Diminuarea acestor discrepanțe minore a fost, pentru mulți dintre urmașii lui Ptolemeu, obiectul unor probleme principale de cercetare astronomică normală, tot așa cum încercarea similară de a potrivi observațiile astronomice cu teoria newtoniană a generat probleme de cercetare normală pentru newtonienii secolului al optzecelea. Pentru o vreme, astronomii aveau toate motivele să presupună că aceste încercări vor fi la fel de reușite ca și cele care duseseră la sistemul lui Ptolemeu. Fiind puși în fața unei anumite discrepanțe, astronomii erau întotdeauna în stare să o elimine operând anumite modificări în sistemul ptolemaic al cercurilor compuse. Pe măsura trecerii timpului însă, oricine considera

cuantică, vezi Fritz Reiche, *The Quantum Theory*, trad. H. S. Hatfield și H. L. Brose (Londra, 1922), Cap. I-II.

rezultatul net al eforturilor de cercetare normală ale multor astronomi putea observa că complexitatea astronomiei creștea mult mai repede decât precizia ei și că o discrepanță corectată într-un loc avea toate șansele să reapară în alt loc⁵.

Deoarece tradiția astronomică era deseori întreruptă din exterior și deoarece, în lipsa tiparului, comunicațiile dintre astronomi erau limitate, aceste dificultăți au fost cu greu identificate. Astronomii au devenit totuși conștienți de ele. Prin secolul al treisprezecelea, Alfons al X-lea putea afirma că dacă Dumnezeu l-ar fi consultat, când a creat universul, ar fi primit câteva sfaturi bune. În secolul al șaisprezecelea, colaboratorul lui Copernic, Domenico da Novara, susținea că un sistem care devenise într-atât de greoi și imprecis ca cel ptolemaic nu putea să descrie adevărat natura. Iar Copernic însuși scria în Prefața la *De revolutionibus* că tradiția astronomică pe care o moștenise a creat în ultimă instanță doar un monstru. La începutul secolului al șaisprezecelea, tot mai mulți dintre cei mai buni astronomi europeni recunoșteau că paradigma astronomică eșuase în aplicațiile la propriile ei probleme tradiționale. Această recunoaștere a fost condiția necesară a respingerii de către Copernic a paradigmei ptolemaice și a încercării sale de a găsi o alta nouă. Celebra sa prefață constituie și astăzi una din descrierile clasice ale unei stări de criză⁶.

Declinul activității tehnice normale de rezolvare a unor *puzzles* nu este firește singurul ingredient al crizei astronomice cu care a fost confruntat Copernic. O abordare mai cuprinzătoare ar trebui să aibă de asemenea în vedere presiunea socială în favoarea reformei calendaristice, o presiune care a dat acuitate problemei precesiei. De asemenea, o relatare mai amplă va trebui să ia în considerare critica medievală a lui Aristotel, apariția neoplatonismului Renașterii și alte elemente istorice semnificative. Dar declinul tehnic rămâne totuși miezul crizei.

⁵ J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (ed. a doua; New York, 1953), Cap. XI-XII.

⁶ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 135-143.

Într-o știință matură — și astronomia devenise o astfel de știință în Antichitate — factori externi ca aceia citați mai sus sunt semnificativi îndeosebi în determinarea perioadei de declin, a ușurinței cu care este recunoscută și a ariei în care, datorită atenției deosebite ce i se acordă, survine inițial. Deși extrem de importante, problemele de acest gen depășesc granițele acestui eseu.

Dacă cele amintite aici sunt limpezi în ce privește revoluția copernicană, să ne îndreptăm acum atenția spre un al doilea exemplu, diferit, și anume criza care a precedat apariția teoriei arderii prin oxidare, a lui Lavoisier. Prin anii 1770, numeroși factori au contribuit împreună la generarea unei crize în chimie, deși istoricii nu sunt întru totul de acord asupra naturii sau importanței lor relative. Doi factori sunt însă unanim acceptați ca fiind de primă importanță: apariția chimiei pneumatice și problema raporturilor de greutate. Istoria primului factor începe în secolul al șaptesprezecelea, odată cu răspândirea pompelor de aer și aplicarea lor în experimentele chimice. În cursul secolului următor, folosind această pompă și alte aparate pneumatice, chimiștii au ajuns să înțeleagă că aerul trebuie să fie un component activ în reacțiile chimice. Dar, cu puține excepții (într-atât de echivoce încât par să nu fie deloc excepții), chimiștii au continuat să creadă că aerul era singurul fel de gaz. Până în 1756, când Joseph Black a arătat că bioxidul de carbon (CO_2) poate fi limpede distins de aerul normal, se credea că două mostre de gaz se disting numai prin impurități⁷.

După cercetările lui Black, investigarea gazelor a avansat rapid, mai ales prin Cavendish, Priestley și Scheele care, împreună, au elaborat o serie de tehnici noi, capabile să distingă diferitele tipuri de gaze. Toți acești oameni de știință, de la Black la Scheele, credeau în teoria flogisticului și o foloseau adesea în proiectarea și interpretarea experimentelor. Scheele a fost de fapt primul care a produs oxigen în urma unui șir de experimente minuțioase menite să deflogisticeze căldura. Totuși, rezultatul net al experimentelor lor a fost o varietate atât de complicată de mostre și proprietăți

⁷ J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (ediția a doua; Londra, 1951), pp. 48–51, 73–85, 90–120.

ale gazelor încât teoria flogisticului se dovedea tot mai incapabilă să facă față experimentelor de laborator. Deși nici unul dintre acești chimiști nu a propus înlocuirea teoriei, ei nu mai erau în stare să o aplice în mod consecutiv. În vremea în care Lavoisier își începea experimentele cu gaze, pe la începutul anilor 1770, existau aproape tot atât de multe versiuni ale teoriei flogisticului, câți chimiști pneumatici⁸. Această proliferare de versiuni ale unei teorii este un simptom foarte firesc de criză. În prefața sa, Copernic se plângea și el de acest fenomen.

Ambiguitatea tot mai pronunțată și utilitatea tot mai redusă, pentru chimia pneumatică, a teoriei flogisticului nu erau însă singurele surse de criză pentru Lavoisier. El era de asemenea extrem de preocupat să explice sporul de greutate al majorității corpurilor atunci când erau arse sau calcinate — ceea ce constituie de asemenea o problemă cu o lungă preistorie. Cel puțin câțiva chimiști islamici cunoscuseră faptul că metalele câștigă greutate când sunt încinse. În secolul al șaptesprezecelea, câțiva cercetători deduseseră din același fapt că un metal încins încorporează un anumit ingredient din atmosferă. În acel secol însă, o asemenea concluzie părea inutilă majorității chimiștilor. Dacă reacțiile chimice pot modifica volumul, culoarea și compoziția ingredientilor, de ce să nu modifice și greutatea? Greutatea nu a fost întotdeauna considerată drept măsură a cantității de materie. În afară de aceasta, sporul de greutate obținut prin calcinare rămânea un fenomen izolat. Cele mai multe corpuri naturale (de pildă, lemnul) pierdeau greutate prin calcinare, așa cum avea să confirme mai târziu teoria flogisticului.

În cursul secolului al optisprezecelea însă, aceste soluții inițial adecvate ale problemei sporului de greutate aveau să fie tot mai contestate. În parte, pentru că balanța era tot mai mult folosită ca un instrument chimic devenit tipic și de asemenea pentru că dezvoltarea chimiei pneumatice făcuse posibilă și de dorit

⁸ Deși se ocupă de o perioadă ceva mai târzie, un numeros material relevant se află în J. R. Partington și Douglas McKie, „Historical Studies on the Phlogiston Theory“, *Annals of Science*, II (1937), pp. 361–404; III (1938), pp. 1–58; și IV (1939), pp. 337–371.

reținerea produselor gazoase ale reacțiilor, chimiștii descopereau tot mai multe cazuri în care calcinarea era însoțită de un spor de greutate. În același timp, asimilarea treptată a teoriei gravitației a lui Newton i-a determinat pe chimiști să afirme că sporul de greutate trebuie să însemne un spor al cantității de materie. Aceste concluzii nu au dus la o respingere a teoriei flogisticului, întrucât această teorie putea fi ajustată în multe feluri. Poate că flogisticul avea o greutate negativă, sau poate că particulele de foc sau altceva intrau în corpul calcinat părăsit de flogistic. Și mai erau și alte explicații. Dar dacă problema sporului de greutate nu a produs o înfirmare, ea a produs în schimb un număr considerabil de studii speciale afectate acestei probleme. Unul din ele, „Despre flogistic considerat ca o substanță cu greutate și [analizat] în termenii schimbărilor de greutate pe care le produce în corpurile cu care se unește“, a fost citit în fața Academiei Franceze, la începutul lui 1772, anul care s-a încheiat cu înmânarea de către Lavoisier a celebrei sale note sigilate secretarului Academiei. Înainte ca acea notă să fie scrisă, o problemă care vreme de mulți ani rămăsese la periferia conștiinței chimistului avea să devină un remarcabil „puzzle“ nesoluționat⁹. Pentru a-l rezolva, au fost elaborate felurite versiuni ale teoriei flogisticului. Asemeni problemelor chimiei pneumatice, cele al sporului de greutate făceau tot mai dificilă înțelegerea teoriei flogisticului. Deși mai era încă acceptată și demnă de încredere ca instrument de lucru, o paradigmă a chimiei secolului al optsprezecelea își pierde treptat statutul ei unic. Cercetarea pe care o ghida semăna, într-o măsură tot mai mare, celei promovate de școlile concurente din perioada preparadigmatică, ceea ce poate fi considerat un alt efect tipic de criză.

Să examinăm acum, ca un al treilea și ultim exemplu, criza în fizică, de la sfârșitul secolului al nouăsprezecelea, care a pregătit calea apariției teoriei relativității. O sursă a acelei crize poate fi urmărită până spre sfârșitul secolului al șaptesprezecelea, când un număr de filozofi ai naturii, îndeosebi Leibniz, au criticat

⁹ H. Guerlac, *Lavoisier — the Crucial Year* (Ithaca, NY, 1961). Întreaga carte documentează evoluția și prima recunoaștere a unei crize. Pentru o expunere clară a situației în privința lui Lavoisier, vezi p. 35.

adoptarea de către Newton a unei versiuni modernizate a concepției clasice despre spațiul absolut¹⁰. Ei au fost foarte aproape să dovedească (deși nu întru totul) că pozițiile și mișcările absolute nu aveau nici o funcție în sistemul lui Newton; ei au reușit să sugereze atracția estetică deosebită pe care avea să o manifeste mai târziu o concepție pe deplin relativistă asupra spațiului și mișcării. Dar critica lor era pur logică. Asemeni primilor copernicani care criticau dovezile aristotelice ale stabilității Pământului, ei nu își închipuiau că trecerea lor la un sistem relativist ar putea avea consecințe observaționale. În nici un moment, ei nu s-au gândit să-și raporteze concepțiile la vreuna din problemele rezultate din aplicarea teoriei newtoniene la natură. Ca urmare, aceste concepții au murit odată cu autorii lor, în cursul primelor decenii ale secolului al optsprezecelea, spre a fi reînviolate numai în ultimele decenii ale secolului următor, când raporturile lor cu practica fizicii se schimbaseră foarte mult.

Problemele tehnice, la care trebuia raportată în ultimă instanță o filozofie relativistă a spațiului, au început să pătrundă în știința normală, cam după 1815, odată cu acceptarea teoriei ondulatorii a luminii — deși aceste probleme nu au provocat nici o criză până în anii 1890. Dacă lumina este mișcare ondulatorie, propagată într-un eter mecanic guvernat de legile lui Newton, atunci atât observația cerească cât și experimentul terestru devin potențial capabile să detecteze un vânt prin eter. Dintre observațiile cerești numai cele asupra aberației promiteau o precizie suficientă pentru a oferi o informație relevantă, astfel încât detectarea vântului de eter prin măsurarea aberației a devenit o problemă recunoscută pentru cercetarea normală. Pentru a o rezolva, s-au construit numeroase instalații speciale. Dar echipamentul respectiv nu a detectat nici un vânt de eter observabil, astfel încât experimentatorii și observatorii au trecut problema teoreticienilor. În deceniile de mijloc ale secolului, Fresnel, Stokes și alții au imaginat numeroase articulații ale teoriei eterului menite să explice eșecul observării vântului de eter. Fiecare din aceste versiuni presupunea că un corp

¹⁰ Max Jammer, *Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 114–124.

în mișcare antrenează cu el o parte a eterului; și fiecare reușea destul de bine să explice rezultatele negative ale observației cerești ca și ale experimentării terestre, inclusiv faimosul experiment al lui Michelson și Morley¹¹. Nu apăruse încă nici un conflict, cu excepția celui dintre diferitele versiuni. În absența unor tehnici experimentale relevante, conflictul nu a devenit niciodată acut.

Situația s-a schimbat din nou numai odată cu acceptarea treptată a teoriei electromagnetice a lui Maxwell, în ultimele două decenii ale secolului al nouăsprezecelea. Maxwell însuși era un newtonian care credea că lumina și electromagnetismul, în general, se datorau deplasărilor variabile ale particulelor unui eter mecanic. Primele sale versiuni ale unei teorii a electricității și magnetismului foloseau direct proprietățile ipotetice pe care el le atribuia acestui mediu. Ele au fost eliminate din versiunea finală, dar Maxwell continua totuși să creadă că teoria sa electromagnetică este compatibilă cu o anumită articulație a concepției mecanice newtoniene¹². Dezvoltarea unei versiuni adecvate a fost o preocupare de seamă pentru el și urmașii săi. În practică însă, așa cum s-a întâmplat de nenumărate ori în dezvoltarea științei, producerea unei asemenea versiuni s-a dovedit a fi extrem de dificilă. La fel cum ideea astronomică a lui Copernic, în ciuda optimismului autorului ei, a creat o criză tot mai acută pentru teoriile existente asupra mișcării, tot așa și teoria lui Maxwell, în ciuda originii ei newtoniene, a produs până la urmă o criză a paradigmei din care apăruse¹³. Apoi, focarul cel mai acut al crizei a fost generat de problemele pe care tocmai le-am discutat, și anume de cele ale mișcării în raport cu eterul.

Abordarea de către Maxwell a comportamentului electromagnetic al corpurilor în mișcare nu făcea nici o referință la eterul

¹¹ Joseph Larmor *Aether and Matter... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena* (Cambridge, 1900), pp. 6–20, 320–322.

¹² R. T. Glazebrook, *James Clerk Maxwell and Modern Physics* (Londra, 1896), cap. IX. Pentru atitudinea finală a lui Maxwell, vezi propria sa carte *A Treatise on Electricity and Magnetism* (ediția a treia; Oxford, 1892), p. 470.

¹³ Pentru rolul astronomiei în dezvoltarea mecanicii, vezi Kuhn, *op. cit.*, Cap. VII.

antrenat; de altfel, introducerea unui asemenea element în teoria sa se dovedise foarte dificilă. În consecință, o întreagă serie de observații anterioare menite să detecteze vântul de eter devenise anomică. Anii de după 1890 au fost, așadar, martorii unor îndelungate serii de încercări, atât experimentale cât și teoretice, de a detecta mișcarea în raport cu eterul și de a încorpora eterul antrenat în teoria lui Maxwell. Cele dintâi au eșuat constant, deși unii cercetători luau rezultatele lor drept echivoce. Celelalte au dus la câteva începuturi promițătoare, mai ales cele ale lui Lorentz și Fitzgerald, dar și ele au generat alte probleme, ducând până la urmă la acea proliferare de teorii competitive, care, după cum am văzut mai înainte, însoțesc o criză¹⁴. Pe fondul acestui cadru istoric a apărut, în 1905, teoria relativității restrânse a lui Einstein.

Aceste trei exemple sunt aproape în întregime tipice. În fiecare caz, o nouă teorie apare numai în urma unui eșec pronunțat în activitatea normală de rezolvare a problemelor. Apoi, exceptând cazul lui Copernic, unde factori externi științei au jucat un rol deosebit de mare, acest eșec și, ca un semn al lui, proliferarea teoriilor survin cam cu un deceniu sau două înainte de apariția noii teorii. Noua teorie pare un răspuns direct la criză. Să observăm de asemenea, deși acest aspect poate să nu fie într-atât de tipic, că problemele în raport cu care apar asemenea eșecuri aparțin toate unei categorii recunoscute de multă vreme. Practica anterioară a științei normale justificase pe deplin considerarea acestor probleme ca fiind rezolvate sau aproape rezolvate — ceea ce explică de ce sentimentul eșecului, când apare, poate fi într-atât de acut. Eșecul în cazul unui nou tip de probleme produce adesea dezamăgire, dar niciodată surpriză. Nici problemele, nici *puzzles* nu cedează adesea de la primul atac. În sfârșit, aceste exemple împărtășesc și o altă caracteristică ce ne poate ajuta să reliefăm rolul crizei: rezolvarea fiecăruia din ele fusese, cel puțin parțial, anticipată într-o perioadă când știința respectivă nu cunoscuse vreo criză: or, în lipsa crizei, acele anticipări fuseseră ignorate.

Singura anticipare completă, care este și cea mai celebră, a fost anticiparea lui Copernic de către Aristarh, în secolul al treilea î.Cr.

¹⁴ Whittaker, *op. cit.*, I, pp. 386–410; și II (Londra, 1953), pp. 27–40.

Se spune adesea că, dacă știința greacă ar fi fost mai puțin deductivă și dogmatică, astronomia heliocentrică și-ar fi început cariera sa cu optsprezece secole mai devreme¹⁵. Dar asta înseamnă să ignori întregul context istoric. Când a fost avansată ideea lui Aristarh, sistemul mult mai rezonabil al geocentrismului nu avea nici o fisură pe care un sistem heliocentric să o fi putut acoperi. Întreaga dezvoltare a astronomiei ptolemaice, cu triumfurile și eșecurile ei, se întinde pe multe secole după Aristarh. În afară de aceasta, nu exista nici un motiv evident de a-l lua pe Aristarh în serios. Nici măcar teoria mai elaborată a lui Copernic nu poate fi considerată mai simplă sau mai precisă decât sistemul lui Ptolemeu. Testele bazate pe observație, cum vom vedea mai clar ulterior, nu ofereau nici o bază pentru a alege între ele. În aceste condiții, unul din factorii care i-a condus pe astronomi spre Copernic (și care nu i-ar fi putut conduce spre Aristarh) a fost recunoașterea crizei care determinase în primul rând această inovație. Astronomia ptolemaică nu reușise să-și rezolve problemele; venise vremea să se dea o șansă unui concurent. Celelalte două exemple nu cuprind în aceeași măsură anticipări depline. Este însă neîndoielnic ca unul din motivele pentru care teoriile arderii prin absorbție din atmosferă, teorii dezvoltate în secolul al șaptesprezecelea de Rey, Hooke și Mayow, nu au reușit să-și câștige un ecou suficient a fost acela că ele nu atingeau nici un punct nevralgic recunoscut al practicii științifice normale¹⁶. Iar îndelungata ignorare a criticilor relativști ai lui Newton de către savanții secolelor optsprezece și nouăsprezece trebuie să se fi datorat în mare măsură unei absențe asemănătoare a confruntării cu problemele nerezolvate ale practicii științifice.

Filozofii științei au demonstrat, în repetate rânduri, că o mulțime anumită de date poate fi întotdeauna încorporată în mai multe construcții teoretice. Istoria științei arată că, mai ales în stadiile

¹⁵ Pentru opera lui Aristarh, vezi T. L. Heath, *Aristarchus of Samos; The Ancient Copernicus* (Oxford, 1913), Partea a II-a. Pentru o prezentare cuprinzătoare a poziției tradiționale despre ignorarea rezultatelor lui Aristarh, vezi Arthur Koestler, *The Sleepwalkers. A History of Man's Changing Vision of the Universe* (Londra, 1959), p. 50.

¹⁶ Partington, *op. cit.*, pp. 78–85.

inițiale de dezvoltare ale unei noi paradigme, nu este nici măcar prea greu să se inventeze asemenea alternative. Dar oamenii de știință recurg rar la această inventare de alternative; iar dacă procedează totuși astfel, o fac în stadiile preparadigmaticice ale dezvoltării științei lor sau numai în ocazii cu totul speciale ale evoluției ei ulterioare. Atâta vreme cât instrumentele oferite de paradigmă se dovedesc capabile să rezolve problemele pe care aceasta le definește, știința avansează cel mai repede și pătrunde cel mai adânc, prin folosirea încrezătoare a acestor instrumente. Rațiunea este clară. Ca și în manufactură, și în știință, refacerea uneltelor este o întreprindere extraordinară, rezervată numai ocaziilor care o cer. Semnificația crizelor rezidă tocmai în a indica faptul că momentul refacerii uneltelor a sosit.

VIII Răspunsul la criză

Să presupunem deci că crizele sunt o condiție necesară a apariției noilor teorii și să ne întrebăm apoi cum reacționează oamenii de știință la existența lor. O parte a răspunsului, pe cât de evidentă pe atât de importantă, poate fi aflată notând pentru început ceea ce *nu* fac oamenii de știință când sunt confrunțați cu cele mai severe și îndelungate anomalii. Deși pot începe să-și piardă încrederea și să ia în considerare alternative, ei nu renunță la paradigma care i-a dus la criză. Cu alte cuvinte, ei nu privesc anomaliile drept contraexemple, deși în vocabularul filozofiei științei ele par astfel. În parte, această generalizare este pur și simplu derivată din fapte istorice, ca în exemplele de mai înainte și așa cum vom arăta, mai pe larg, în cele ce urmează. Acestea sugerează ceea ce examinarea ulterioară a respingerii paradigmei va dezvălui mai în amănunt, și anume că de îndată ce a dobândit statutul de paradigmă, o teorie științifică este invalidată numai dacă există o alternativă care să-i ia locul. Nici un proces dezvoltat până acum de studiul istoric al dezvoltării științifice nu seamănă câtuși de puțin cu stereotipul metodologic al falsificării prin comparație directă cu natura. Aceasta nu înseamnă că oamenii de știință nu resping teorii științifice sau că experiența și experimentul nu sunt esențiale pentru acest proces de respingere. Ceea ce trebuie înțeles prin aceasta (dovedindu-se până la urmă un aspect central) este că actul de gândire care îi determină pe oamenii de știință să respingă o teorie anterior acceptată se bazează întotdeauna pe mai mult decât o comparare a acelei teorii cu natura. Decizia de a respinge o paradigmă este întotdeauna simultană cu decizia de a accepta o altă; evaluarea care duce la o astfel de decizie implică compararea fiecărei paradigme atât cu natura cât și cu cealaltă paradigmă.

Mai există apoi un al doilea motiv de a ne îndoii că oamenii de știință resping paradigmele pentru că sunt confrunțați cu anomalii sau contraexemple. Dezvoltându-l, argumentul meu va anticipa o altă teză principală a acestui eseu. Motivele de îndoială, sugerate mai sus, erau pur factuale; cu alte cuvinte, ele însele constituiau contraexemple la o teorie epistemologică predominantă. Ca atare, dacă argumentul meu este corect, ele pot cel mult contribui la crearea unei crize sau, mai precis, la adâncirea uneia existente. Prin ele însele, ele nu pot și nu vor infirma acea teorie filozofică, deoarece susținătorii ei vor face ceea ce am văzut deja că fac oamenii de știință când sunt confrunțați cu o anomalie. Ei vor inventa numeroase variante și modificări *ad hoc* ale teoriei lor pentru a elimina orice conflict evident. Multe dintre modificările și restricțiile relevante există, de fapt, dinainte în literatura de specialitate. Dacă deci aceste contraexemple epistemologice vor fi mai mult decât niște fapte iritante de importanță minoră, aceasta se va datora faptului că înlesnesc introducerea unei analize noi și diferite a științei, în cadrul căreia ele nu mai apar ca surse de dificultăți. Apoi, dacă se aplică aici o structură tipică (pe care o vom observa mai târziu în revoluțiile științifice), anomaliile nu vor mai apărea ca niște simple fapte. Dinăuntru unei noi teorii a cunoașterii științifice, ele pot părea, dimpotrivă, aproape tautologii, adică enunțuri despre situații pe care nu le-am putea concepe altfel.

S-a dovedit adeseori, de pildă, că a doua lege newtoniană a mișcării, deși a avut nevoie de secole de cercetări factuale și teoretice pentru a fi stabilită, se comportă, pentru adepții teoriei lui Newton, aproape ca un enunț pur logic pe care nici o observație nu ar putea să-l infirme¹. În secțiunea X, vom vedea că legea chimică a proporțiilor fixe care înainte de Dalton fusese doar o descoperire experimentală întâmplătoare, de o generalitate dubioasă, a devenit, după cercetările lui Dalton, un ingredient al unei definiții a compușilor chimici pe care nici un experiment nu ar fi putut să o răstoarne. Cam același lucru se întâmplă și cu generalizarea că oamenii de știință nu renunță la paradigme în fața anomaliilor sau

¹ Vezi mai ales discuția lui N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), pp. 95–105.

contraexemplurilor. Ei nu pot să procedeze astfel și să rămână în continuare oameni de știință

Deși istoria nu va reține probabil numele lor, unii oameni de știință au fost, fără îndoială, constrânși să părăsească știința datorită neputinței lor de a tolera o criză. Ca și artiștii, oamenii de știință creatori trebuie să fie în stare uneori să trăiască într-o lume dezarticulată. În altă parte, am descris această necesitate ca pe o „tensiune esențială” implicată în cercetarea științifică². Dar părăsirea științei pentru o altă ocupație este, cred, singurul tip de renunțare la paradigmă la care pot duce, prin ele însele, contraexemplurile. De îndată ce a fost descoperită o primă paradigmă prin care este văzută natura, nu mai poate exista cercetare în lipsa unei paradigme. A renunța la o paradigmă fără a o înlocui simultan cu alta înseamnă a renunța la știința însăși. Acest act se răsfrânge nu asupra paradigmei, ci asupra omului de știință. În mod inevitabil, colegii îl vor asemui „dulgherului care aruncă vina pe unelte”.

Aceeași observație poate fi făcută și în sens invers: nu există cercetare fără contraexemple. Căci ce anume diferențiază știința normală de știința în stare de criză? Firește, nu faptul că cea dintâi nu ar fi confruntată cu contraexemple. Dimpotrivă, ceea ce am considerat mai înainte drept constituenți ai științei normale, *puzzles*, există numai pentru că nici o paradigmă, care oferă o bază de cercetare științifică, nu-și poate rezolva vreodată integral toate problemele. Iar acele paradigme, foarte puține la număr, care păreau să rezolve tot (de pildă, optica geometrică) au încetat curând să mai producă probleme de cercetare, devenind în schimb instrumente ingineresti. Cu excepția celor exclusiv instrumentale, orice problemă considerată de știința normală drept un *puzzles* poate fi privită, dintr-un alt punct de vedere, ca un contraexemplu și deci ca o sursă de criză. Copernic a văzut contraexemple acolo unde

² T. S. Kuhn, „The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research”, în *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, ed. Calvin W. Taylor (Salt Lake City, 1959), pp. 162–177. Cu privire la un fenomen comparabil printre artiști, vezi Frank Barron, „The Psychology of Imagination”, *Scientific American*, Septembrie, 1958, pp. 151–166, mai ales p. 160.

majoritatea celorlalți urmași ai lui Ptolemeu văzuseră doar *puzzles* în confruntarea dintre observație și teorie. Lavoisier văzuse un contraexemplu în ceea ce Priestley considera a fi un *puzzle* rezolvat cu succes în articularea teoriei flogisticului. La fel, Einstein a văzut contraexemple acolo unde Lorentz, Fitzgerald și alții văzuseră numai *puzzles* în articularea teoriilor lui Newton și Maxwell. Pe de altă parte, chiar existența unei crize nu transformă, de la sine, un *puzzle* într-un contraexemplu. Nu există o asemenea linie categorică de demarcație. În schimb, prin proliferarea versiunilor paradigmei, criza slăbește regulile rezolvării normale a problemelor, permițând până la urmă apariția unei noi paradigme. Cred că există numai două alternative: fie că nici o teorie științifică nu se află vreodată în fața unui contraexemplu, fie că toate teoriile sunt confruntate permanent cu contraexemple.

Cum ar fi putut sta lucrurile altfel? Această întrebare implică o elucidare istorică și critică din partea filozofiei; dar abordarea unor astfel de probleme este exclusă aici. Putem însă menționa două rațiuni pentru care știința părea să ofere un exemplu atât de convingător al generalizării că adevărul și falsitatea sunt unic și precis determinate de confruntarea enunțurilor cu faptele. Știința normală se străduiește (și trebuie să se străduiască) permanent să realizeze o corespondență cât mai bună între teorie și fapte; această activitate poate fi lesne privită ca o testare ori ca o căutare de confirmare sau de infirmare. În realitate, obiectul ei este rezolvarea unui *puzzle*, pentru a cărui simplă existență trebuie presupusă validitatea paradigmei. Eșecul în obținerea unei soluții discreditează numai omul de știință, nu și teoria. Aici, mai mult decât înainte, este valabil proverbul: „Este un prost dulgher cel care aruncă vina pe unelte.” În plus, modul în care pedagogia științei încâlcește înțelegerea unei teorii, cu remarci asupra aplicațiilor ei exemplare, a contribuit la consolidarea unei teorii a confirmării, dedusă mai ales din alte surse. Stimulat cât de puțin în acest sens, cititorul unui manual științific poate lua cu ușurință aplicațiile teoriei ca dovezi în favoarea ei, ca temeiuri pentru care trebuie crezută. Dar studenții în științe acceptă teoriile datorită autorității profesorului și manualului și nicidecum pe baza evidenței. Ce alternativă au ei, sau câtă competență pentru a nu le accepta? Aplicațiile date în

manuale nu se află acolo ca dovezi, ci pentru că învățarea lor este o parte a învățării paradigmei care stă la baza practicii curente. Dacă aplicațiile ar fi prezentate ca dovezi, atunci însăși neputința manualelor de a propune interpretări alternative sau de a discuta probleme pe care savanții nu au reușit să le rezolve în termenii paradigmei i-ar acuza pe autorii lor de părtinire dusă la extrem. Nu există însă nici un temei pentru o asemenea acuzație.

Pentru a ne întoarce la întrebarea inițială: cum reacționează deci savanții când își dau seama de existența unei anomalii în corespondența dintre teorie și natură? Cele spuse adineaori arată că chiar o discrepanță mult mai mare decât cea întâlnită în alte aplicații ale teoriei nu solicită neapărat vreo reacție foarte profundă. Există întotdeauna unele discrepanțe. De obicei, chiar și cele mai îndărătne se supun până la urmă științei normale. Foarte adesea, oamenii de știință sunt dispuși să aștepte, mai ales dacă îi solicită numeroase probleme în alte zone ale domeniului lor. Am văzut, de pildă, că în cursul celor șaiszeci de ani care s-au scurs după calculele inițiale ale lui Newton, mișcarea prezisă a perigeului Lunii reprezentase numai jumătate din cea observată. În timp ce cei mai buni fizicieni ai Europei continuau să se lupte, fără succes, cu această discrepanță notorie, începuseră să se facă auzite propuneri de modificare a legii newtoniene a inversului pătratului. Totuși, nimeni nu a luat în serios aceste propuneri, iar practica avea să le justifice răbdarea în fața unei anomalii majore. În 1750, Clairaut a putut dovedi că de vină era numai aplicația matematică și că teoria lui Newton rămânea la fel de validă ca și înainte³. Chiar și în cazurile în care nici o greșală nu mai pare posibilă (poate pentru că matematica folosită este mai simplă sau de un tip familiar și aplicat cu succes în alte ocazii), o anomalie persistentă și recunoscută nu duce întotdeauna la criză. Nimeni nu a contestat serios teoria lui Newton datorită discrepanțelor, multă vreme admise, între predicțiile teoriei și viteza sunetului sau mișcarea planetei Mercur. Prima discrepanță a fost până la urmă, și cu totul neașteptat, rezolvată prin experimente asupra căldurii, realizate cu un scop

³ W. Whewell, *History of the Inductive Science* (rev. ed.; Londra, 1847) II, pp. 220–221.

diferit; a doua a dispărut odată cu teoria relativității generalizate, în urma unei crize la a cărei izbucnire nu a contribuit cu nimic⁴. Nici una dintre aceste discrepanțe nu a părut suficient de fundamentală pentru a produce starea de *malaise* care însoțește o criză. Ele au putut fi recunoscute drept contraexemple și totuși lăsate la o parte, pentru cercetări ulterioare.

Reiese deci că pentru a produce o criză, anomalia trebuie să fie mai mult decât o simplă anomalie. Întotdeauna apar dificultăți, undeva, în ajustarea teoriei la natură; cele mai multe sunt rezolvate mai devreme sau mai târziu, adesea în situații care nu puteau fi prevăzute. Omul de știință care zăbovește asupra fiecărei anomalii observate nu face prea multă treabă. Trebuie deci să ne întrebăm ce anume face ca o anomalie să merite atenția unei investigații minuțioase și concertate; dar la această întrebare nu există probabil un răspuns absolut general. Cazurile pe care le-am examinat sunt caracteristice dar foarte puțin prescriptive. Uneori, o anomalie va pune la îndoială generalizări explicite și fundamentale ale paradigmei, așa cum a făcut-o problema vântului de eter pentru cei care acceptau teoria lui Maxwell. Sau, ca în cazul revoluției copernicane, o anomalie aparent lipsită de importanță fundamentală poate provoca o criză dacă aplicațiile pe care ea le stânjenește au o importanță practică deosebită; în acest caz, relativ la alcătuirea calendarului și la astrologie. Sau, cum s-a întâmplat în chimia secolului al optsprezecelea, dezvoltarea științei normale poate transforma într-o sursă de criză o anomalie care fusese până atunci doar prilej de enervare; problema raporturilor de greutate a căpătat un statut cu totul diferit după elaborarea metodelor chimiei pneumatice.

Mai sunt probabil și alte circumstanțe în care o anomalie poate deveni extrem de presantă și, de obicei, se vor combina mai multe asemenea circumstanțe. Am văzut, de pildă, că o cauză a crizei cu care a fost confruntat Copernic a fost pur și simplu prelungirea

⁴ Pentru viteza sunetului, vezi T. S. Kuhn, „The Caloric Theory of Adiabatic Compression“, *Isis*, XLIV (1958), pp. 136–137. Pentru schimbarea o dată la un secol a periheliului lui Mercur, vezi E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II (Londra, 1953), pp. 151, 179.

perioadei în care astronomii încercau, fără succes, să reducă discrepanțele rămase în sistemul lui Ptolemeu.

Când, din astfel de motive sau altele asemănătoare, o anomalie ajunge să pară mai mult decât o simplă problemă de știință normală, putem spune că a început tranziția spre criză și spre știința extraordinară. Anomalia însăși se bucură acum de o recunoaștere mai generală din partea comunității științifice. Din ce în ce mai mulți savanți eminenți ai domeniului respectiv îi acordă o atenție tot mai mare. Dacă anomalia continuă să reziste, ceea ce de obicei nu se întâmplă, mulți dintre oamenii de știință pot ajunge să considere rezolvarea ei ca *obiect* al disciplinei lor. Pentru ei, domeniul nu va mai avea aspectul pe care îl avusese înainte. Schimbarea de aspect se datorează în parte noului centru de interes al investigației științifice. O sursă și mai importantă de schimbare este natura divergentă a numeroaselor soluții parțiale generate de atenția colectivă acordată problemei. Atacurile inițiale asupra problemei rezistente la soluționare vor fi urmat cu strictețe regulile paradigmei. Dar pe măsură ce rezistența opusă de problemă nu cedează, tot mai multe abordări ale ei vor implica unele articulare minore, sau nu tocmai minore, ale paradigmei, diferite între ele, fiecare parțial reușită, dar nici una suficient de reușită pentru ca grupul științific să o accepte ca paradigmă. Prin această proliferare a articulelor divergente (care, din ce în ce mai des, vor ajunge să fie descrise ca ajustări *ad hoc*), regulile științei normale se estompează tot mai mult. Deși mai există o paradigmă, puțini practicieni vor mai fi întru totul de acord cu ea. Sunt puse la îndoială chiar și soluțiile, până atunci considerate standard, ale problemelor rezolvate.

Când devine acută, această situație este uneori recunoscută de oamenii de știință implicați. Copernic se plângea că, în vremea sa, astronomii erau într-atât de „inconsecvenți în cercetări [astronomice]... încât nu puteau nici măcar să explice sau să observe durată constantă a anului calendaristic”. „Cu ei — continua Copernic — se întâmplă ca și cu un artist care ar trebui să adune pentru desenele sale mâini, picioare, cap și alte membre din diferite modele, fiecare parte fiind excelent desenată, dar, neintegrându-se unui singur corp și nepotrivindu-se deloc, rezultatul va fi mai

degrabă un monstru decât un om”⁵. Einstein, constrâns de uzanțele curente la un limbaj mai puțin împodobit, remarcă doar că „era ca și cum ți-ar fi fugit pământul de sub picioare, rămânând fără o fundație solidă pe care se putea construi”⁶. Cu câteva luni înainte de apariția articolului lui Heisenberg despre mecanica matriceală care avea să deschidă calea unei noi teorii cuantice, Wolfgang Pauli scria unui prieten: „În prezent, fizica este din nou într-o stare de teribilă confuzie. În orice caz, este o situație prea dificilă pentru mine și doresc să fi fost un artist de cinema sau ceva asemănător și să nu fi auzit niciodată de fizică.” Această mărturisire este deosebit de impresionantă dacă o comparăm cu ceea ce avea să spună Pauli cinci luni mai târziu: „Tipul de mecanică al lui Heisenberg mi-a redat speranța și bucuria de a trăi. Firește că ea nu soluționează misterul, dar cred că este din nou posibil să mergem înainte”⁷.

Asemenea recunoașteri explicite ale dezastrului sunt extrem de rare, dar efectele crizei nu depind întru totul de recunoașterea ei conștientă. Ce putem spune despre natura acestor efecte? Numai două dintre ele par să fie universale. Toate crizele încep cu estomparea unei paradigme și deci slăbirea regulilor cercetării normale. În această privință, cercetarea din timpul crizei seamănă foarte mult cu cercetarea din perioada preparadigmatică, cu excepția faptului că, în primul caz, focarul divergențelor este mai restrâns și mai precis definit. Și toate crizele se încheie într-unul din următoarele trei moduri. Uneori, știința normală se dovedește până la urmă în stare să rezolve problema care a provocat criza, în ciuda disperării celor care văzuseră în ea sfârșitul paradigmei existente. În alte ocazii, problema rezistă chiar și unor abordări aparent cu totul noi. Atunci, oamenii de știință pot conchide că, în starea actuală a

⁵ Citat în T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), p. 138.

⁶ Albert Einstein, „Autobiographical Note”, în *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ed. P. A. Schilpp (Evanston, Ill., 1949), p. 45.

⁷ Ralph Kronig, „The Turning Point”, în *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, ed. M. Fierz și V. F. Weisskopf (New York, 1960), pp. 22, 25–26. O mare parte a acestui articol descrie criza în mecanica cuantică din anii dinainte de 1925.

domeniului lor, nu se poate ajunge la nici o soluție. Problema este înregistrată și lăsată pe seama unei generații viitoare, înzestrată cu instrumente mai bune. Sau, în sfârșit, cazul care ne va interesa cel mai mult aici, o criză se poate încheia prin apariția unui nou candidat la statutul de paradigmă și prin lupta care urmează pentru acceptarea sa. Acest ultim mod va fi considerat pe larg în secțiunile următoare; vom anticipa însă puțin cele ce vor fi spuse acolo pentru a completa remarcile privitoare la evoluția și anatomia stării de criză.

Tranziția de la o paradigmă aflată în criză la o nouă paradigmă, care va genera o nouă tradiție de știință normală, este departe de a fi un proces cumulativ, realizat prin articularea sau extinderea vechii paradigme. Este vorba, mai degrabă, de o reconstrucție a domeniului pe noi baze, o reconstrucție care modifică unele din generalizările teoretice cele mai fundamentale ale domeniului, ca și multe din metodele și aplicațiile lor paradigmatică. În cursul perioadei de tranziție, va exista o suprapunere mare, dar niciodată completă, între problemele care pot fi rezolvate de vechea și, respectiv, de noua paradigmă. Dar va exista de asemenea o diferență decisivă în modurile de rezolvare. La sfârșitul perioadei de tranziție, specialiștii își vor fi schimbat concepția asupra domeniului, metodele și scopurile lor. Un istoric perspicace, referindu-se la un caz clasic de reorientare a unei științe prin schimbarea paradigmei, îl descria recent ca „apucare a bățului de celălalt capăt”, ca pe un proces care implică „operarea cu același mănunchi de date ca și mai înainte, dar situarea lor într-un nou sistem de relații, dându-le un cadru diferit”⁸. Alții, remarcând acest aspect al evoluției științifice, au subliniat asemănarea lui cu o schimbare în *gestalt*-ul vizual: semnele de pe hârtie, văzute mai înainte ca pasăre, sunt acum văzute ca antilopă, sau viceversa⁹. Paralela poate induce în eroare. Oamenii de știință nu văd ceva ca altceva; dimpotrivă, ei văd pur și simplu ceva. Am examinat deja unele din problemele care apar atunci când afirmăm că

⁸ Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300–1800* (Londra, 1949), pp. 1–7.

⁹ Hanson, *op. cit.*, cap. I.

Priestley a văzut oxigenul ca aer deflogisticat. În plus, omul de știință nu dispune de libertatea subiectului din experimentul gestaltist de a trece de la un mod de a vedea la altul. Totuși, modificarea *gestalt*-ului, fiind atât de familiară astăzi, rămâne un prototip elementar util a ceea ce se petrece, pe scară largă, într-o schimbare de paradigmă.

Cele anticipate mai sus ne pot ajuta să înțelegem criza ca preludiul apariției unor noi teorii, mai ales întrucât am examinat deja versiunea restrânsă a aceluiași proces cu ocazia discutării apariției descoperirilor. Tocmai pentru că apariția unei noi teorii rupe cu o tradiție de practică științifică și introduce o alta nouă, realizată după reguli diferite și într-un univers de discurs diferit, ea are șanse să se producă numai atunci când oamenii de știință simt că cea dintâi tradiție a luat-o pe un drum într-adevăr greșit. Dar această remarcă nu este mai mult decât o prefață la investigarea stării de criză și, din nefericire, întrebările pe care ea le ridică solicită mai mult competența psihologului decât a istoricului. Cum arată cercetarea extraordinară? Cum devine anomalia lege? Cum procedează oamenii de știință atunci când devin conștienți doar de faptul că există o defecțiune fundamentală la un nivel la care pregătirea lor nu îi poate ajuta? Aceste întrebări solicită mult mai multă investigație, care nu ar trebui să fie numai istorică. Cele ce urmează vor fi inevitabil mai ipotetice și mai incomplete decât cele spuse până acum.

Adeseori, o nouă paradigmă își face apariția, cel puțin în embrion, înainte ca criza să se fi adâncit prea mult sau să fi fost explicit recunoscută. Opera lui Lavoisier ne oferă un exemplu în această privință. Nota sa sigilată a fost depusă la Academia Franceză la mai puțin de un an după primul studiu amănunțit al raporturilor de greutate în teoria flogisticului și înainte ca lucrările publicate de Priestley să fi dezvăluit adevărata măsură a crizei din chimia pneumatică. La fel, primele lucrări de teorie ondulatorie a luminii, ale lui Thomas Young, au apărut chiar la începutul unei crize în optică, o criză care ar fi trecut aproape neobservată dacă, fără nici o contribuție din partea lui Young, nu ar fi luat proporțiile unui scandal științific internațional, cam la un deceniu după apariția

acestor prime lucrări. S-ar putea spune că, în asemenea cazuri, numai o mică breșă în paradigmă și un început de estompare a regulilor sale de ghidare a științei normale au fost suficiente pentru a induce în câteva un nou mod de a privi domeniul. Ceea ce a intervenit între prima senzație că ceva nu este în ordine și recunoașterea unei alternative disponibile trebuie să fi fost, în mare măsură, inconștient.

În alte cazuri însă — de pildă, cele ale lui Copernic, Einstein și al teoriei nucleare contemporane — s-a scurs o perioadă considerabilă de timp între prima conștientizare a breșei și apariția unei noi paradigme. În astfel de cazuri, istoricul poate surprinde măcar câteva crâmpoie din știința extraordinară. În fața unei anomalii admise ca fundamentală în teorie, primul efort al omului de știință va fi, adesea, cel de a delimita mai precis și de a-i da o structură. Deși conștient acum că nu mai pot fi întru totul adecvate, el va forța mai mult ca oricând regulile științei normale spre a stabili unde anume și cât de departe pot opera ele în zona anomaliei. Simultan, el va căuta posibilități de a lărgi breșa, de a o face mai izbitoare și poate mai sugestivă decât fusese evidențiată în experimentele al căror rezultat era considerat cunoscut dinainte. Iar din acest din urmă efort, mai mult decât în oricare altă parte a dezvoltării postparadigmatice a științei, el se va apropia cel mai mult de imaginea noastră dominantă despre omul de știință. În primul rând, el va părea, adeseori, un om care cercetează la întâmplare, care experimentează doar pentru a vedea ce se întâmplă și care caută un efect a cărui natură îi este cu totul necunoscută. În același timp, pentru că nici un experiment nu poate fi conceput fără vreo teorie, omul de știință aflat în criză va încerca permanent să construiască teorii speculative care, dacă reușesc, pot indica drumul spre o nouă paradigmă, iar dacă nu reușesc, pot fi abandonate cu destulă ușurință.

Relatarea lui Kepler despre lupta sa îndelungată cu mișcarea planetei Marte și descrierea pe care o face Priestley despre răspunsul său la proliferarea noilor gaze oferă exemple clasice de cercetări făcute mai mult la întâmplare, generate de conștiința

anomaliei¹⁰. Dar, probabil, cele mai bune exemple le găsim în cercetarea contemporană din teoria câmpului și a particulelor elementare. În lipsa unei crize care să fi impus necesitatea de a se vedea cât de departe se poate merge cu regulile științei normale, ar mai fi părut justificat imensul efort făcut pentru detectarea neutrinelui? Sau, dacă regulile nu ar fi eșuat evident într-un punct necunoscut, ar mai fi fost vreodată sugerată sau atestată ipoteza emisă a neconservării parității? Asemeni multor altor cercetări din fizica ultimului deceniu, aceste experimente au fost, în parte, încercări de a localiza și defini sursa unor anomalii încă neclare.

Acest fel de cercetare extraordinară este adeseori, deși nicidecum întotdeauna, însoțit de un altul. Cred că, mai ales în perioadele de criză recunoscută, oamenii de știință au folosit analiza filozofică drept procedeu de a lămuri enigmele domeniului lor. În general, oamenii de știință nu au avut nevoie și nu au dorit să fie filozofi. Într-adevăr, știința normală ține de obicei la distanță filozofia creativă și, probabil, din motive justificate. În măsura în care cercetarea normală poate fi întreprinsă folosind paradigma ca model, regulile și presuposițiile nu au nevoie să fie explicitate. În secțiunea V, notam că ansamblul explicit de reguli, pe care-l caută analiza filozofică, poate să nici nu existe. Dar căutarea presuposițiilor (chiar și a celor neexistente) poate fi un mod eficace de a slăbi puterea pe care tradiția o exercită asupra minții omului de știință și de a propune bazele unei noi tradiții. Nu este deloc întâmplător faptul că apariția fizicii newtoniene, în secolul al șaptesprezecelea, a relativității și mecanicii cuantice, în secolul al douăzecilea, au fost atât precedate cât și însoțite de analize filozofice fundamentale ale tradiției de cercetare contemporană¹¹.

¹⁰ Pentru o prezentare a cercetărilor lui Kepler asupra lui Marte, vezi J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (ediția a doua, New York, 1953), pp. 380–393. Inexactitățile de circumstanță nu împiedică lucrarea lui Dreyer să ofere materialul necesar aici. Pentru Priestley, vezi propriile sale lucrări, mai ales *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (Londra, 1774–1775).

¹¹ Pentru contraargumentul filozofic care a însoțit mecanica secolului al șaptesprezecelea, vezi René Dugas, *La Mécanique au XVII^e siècle* (Neuchâtel,

La fel cum nu este o întâmplare că, în ambele aceste perioade, așa-numitul experiment mintal a jucat un rol atât de decisiv în progresul cercetării. Așa cum am arătat în altă parte, experimentele mintale analitice, care au avut o atât de mare importanță în scrierile lui Galileu, Einstein, Bohr și ale altora, sunt perfect calculate să supună vechea paradigmă cunoașterii existente astfel încât rădăcinile crizei să fie identificate cu o claritate care nu poate fi atinsă în laborator¹².

Odată cu aplicarea separată sau comună a acestor proceduri extraordinare, se mai poate întâmpla un lucru. Concentrând atenția științifică asupra unei zone restrânse de dificultate și pregătind conștiința științifică să recunoască anomaliiile experimentale așa cum sunt, criza produce adesea noi descoperiri. Am văzut cum conștiința crizei distinge cercetările lui Lavoisier asupra oxigenului de cele ale lui Priestley; iar oxigenul nu a fost singurul gaz nou pe care chimiștii, conștienți de anomalie, au putut să-l descopere în cercetările lui Priestley. La fel, noi descoperiri în optică s-au acumulat rapid tocmai înaintea și în cursul apariției teoriei ondulatorii a luminii. Unele din ele, precum polarizarea prin reflexie, au fost rezultatul unor accidente cărora cercetarea concentrată în zona dificultăților le-a sporit probabilitatea. (Malus, care a făcut descoperirea, tocmai începuse să lucreze pentru premiul Academiei privind dubla refracție, o temă despre care se știa că se află într-o stare nesatisfăcătoare.) Altele, cum ar fi pata de lumină din centrul umbrei unui disc circular, erau predicții din noua ipoteză, al căror succes a contribuit la transformarea ei într-o paradigmă pentru cercetări ulterioare. Iar altele, precum culorile franjelor de interferență în lumină naturală, erau efecte care fuseseră des observate și ocazional remarcate înainte, dar care, asemeni oxigenului lui Priestley, fuseseră asimilate unor efecte bine cunoscute

1954), mai ales Cap. XI. Pentru un episod similar din secolul al nouăsprezecelea, vezi lucrarea anterioară a aceluiași autor, *Histoire de la mécanique* (Neuchâtel, 1950), pp. 419–443.

¹² T. S. Kuhn, „A Function for Thought Experiments“ în *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton și I. B. Cohen, Hermann (Paris), 1963.

de o manieră care împiedica deslușirea adevăratei lor naturi¹³. O explicație similară poate fi dată multiplexelor descoperiri care, din 1895, au însoțit permanent formarea mecanicii cuantice.

Cercetarea extraordinară trebuie să aibă și alte manifestări și efecte, dar în acest domeniu de-abia am început să descoperim întrebările care trebuie puse. Dar poate că aici nu este nevoie să mai adăugăm ceva. Remarcile anterioare pot indica, în măsură suficientă, cum criza slăbește stereotipurile și simultan furnizează date suplimentare necesare unei schimbări fundamentale de paradigmă. Uneori, contururile noii paradigme sunt prefigurate în structura pe care cercetarea extraordinară a dat-o anomaliei. Einstein scria că, înainte să fi avut vreun înlocuitor pentru mecanica clasică, putea vedea interrelația dintre anomaliiile cunoscute ale radiației corpului negru, efectul fotoelectric și căldurile specifice¹⁴. De obicei, nici o asemenea structură nu este conștient văzută dinainte. Dimpotrivă, noua paradigmă — sau o sugestie suficientă pentru a permite articulări ulterioare — apare dintr-odată, uneori în mijlocul nopții, în mintea unui om adânc scufundat în criză. Care este natura acestui stadiu final, cum inventează individul (sau află că a inventat) un nou mod de a ordona datele, reunite toate acum — acestea sunt întrebări al căror răspuns rămâne aici necunoscut și poate pentru totdeauna. Să notăm însă un singur lucru în această privință. Aproape totdeauna, oamenii care au realizat aceste invenții fundamentale, ale unei noi paradigme, au fost fie foarte tineri, fie foarte novici în domeniul a cărui paradigmă o schimbă¹⁵. Și poate că această idee nu trebuie explicitată, căci

¹³ Pentru noile descoperiri optice, în general, vezi V. Ronchi, *Histoire de la lumière* (Paris, 1956), Cap. VII. Pentru o explicație anterioară a unuia din aceste efecte, vezi J. Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours* (Londra, 1772), pp. 498–520.

¹⁴ Einstein, *op. cit.*

¹⁵ Ideea despre rolul tinereții în cercetarea științifică fundamentală este într-atât de comună încât a devenit un clișeu. De altfel, o privire aruncată asupra aproape oricărei liste de contribuții fundamentale la teoria științifică va oferi o confirmare impresionantă. Totuși, această generalizare are mereu nevoie de o investigație sistematică. Harvey C. Lehman (*Age and Achievement* [Princeton, 1953]) furnizează multe date utile; dar studiile sale nu fac nici

evident e vorba despre oameni care, fiind puțin angajați prin practica anterioară față de regulile tradiționale ale științei normale, au deosebit de multe șanse să observe că aceste reguli nu mai definesc un joc care poate fi jucat și să conceapă alte reguli în schimb.

Tranziția spre o nouă paradigmă este o revoluție științifică — un subiect pe care suntem în sfârșit pregătiți să-l abordăm în mod direct. Să notăm însă, mai înainte, un ultim și aparent insesizabil aspect privind modul în care conținutul ultimelor trei secțiuni a pregătit calea pentru cele ce urmează. Până la secțiunea a VI-a, în care a fost introdus, pentru prima oară, conceptul de anomalie, termenii „revoluție” și „știință extraordinară” ar fi putut părea echivalenți. Mai important este faptul că nici unul din termeni nu părea să însemne mai mult decât „știința a-normală” — o circularitate care va fi neliniștit cel puțin câțiva cititori, fără să fi fost de fapt nevoie. Suntem pe cale să descoperim că o circularitate asemănătoare este caracteristică teoriilor științifice. Supărătoare sau nu, această circularitate nu mai este nespecifică. Această secțiune și cele două care au precedat-o au scos la iveală numeroase caracteristici ale eșecului din activitatea științifică normală, caracteristici care nu depind câtuși de puțin de faptul că eșecul este urmat sau nu de revoluție. Confrunțați cu anomalii sau crize, oamenii de știință iau o atitudine diferită față de paradigmele existente, iar natura cercetării lor se modifică corespunzător. Proliferarea versiunilor competitive, dorința de a încerca orice, exprimarea deschisă a nemulțumirii, recursul la filozofie și punerea în discuție a fundamentelor — toate acestea sunt simptome ale tranziției de la cercetarea normală la cea extraordinară. Noțiunea de știință normală depinde mai mult de existența lor decât de cea a revoluțiilor.

o încercare de a selecta contribuții care implică reconceptualizări fundamentale, după cum nu investighează condițiile speciale (dacă există) care pot însoți o productivitate relativ târzie în științe.

IX

Natura și necesitatea revoluțiilor științifice

Aceste remarci ne permit, în sfârșit, să discutăm problemele care au dus la titlul acestui eseu. Ce sunt revoluțiile științifice și care este funcția lor în dezvoltarea științei? O mare parte din răspunsul la aceste întrebări a fost anticipată în secțiunile anterioare. În particular, am arătat că revoluțiile științifice sunt considerate aici drept acele episoade de dezvoltare necumulativă în care o paradigmă mai veche este înlocuită, integral sau parțial, de o nouă paradigmă, incompatibilă cu ea. Dar sunt mai multe de spus în această privință; de aceea, vom merge mai departe, încercând să răspundem la o altă întrebare. De ce numim o schimbare de paradigmă revoluție? În fața diferențelor mari și esențiale dintre dezvoltarea politică și cea științifică, ce paralelism poate justifica metafora care descoperă revoluții în ambele cazuri?

Un aspect al paralelismului trebuie să se fi impus deja. Revoluțiile politice sunt inaugurate de conștiința tot mai acută, adesea restrânsă la un segment al comunității politice, că instituțiile existente au încetat să mai facă față adecvat problemelor puse de un mediu pe care ele l-au creat în parte. Aprăape asemănător, revoluțiile științifice sunt inaugurate de conștiința tot mai acută, adesea restrânsă la o subdiviziune îngustă a comunității științifice, că paradigma existentă a încetat să mai funcționeze adecvat în explorarea unui aspect al naturii pe care însăși paradigma îl dezvăluise anterior. În dezvoltarea politică, la fel ca în cea științifică, conștiința proastei funcționări, care poate duce la criză, este o condiție necesară a revoluției. Apoi, forțând evident metafora, acest paralelism este valabil nu numai în cazul schimbărilor majore de paradigmă, ca acelea atribuite lui Copernic și Lavoisier, dar și în

cazul unora mult mai mici, însoțite de asimilarea unui nou tip de fenomen, cum ar fi oxigenul sau razele X. Așa cum notam la sfârșitul secțiunii a V-a, revoluțiile științifice par revoluționare numai celor ale căror paradigme sunt afectate de ele. Celor din afară le pot părea, asemeni revoluțiilor din Balcani de la începutul acestui secol, părți normale ale unui proces de dezvoltare. Astronomii, de pildă, pot accepta razele X ca o simplă creștere a cunoașterii, deoarece paradigmele lor nu au fost afectate de descoperirea acestora. Dar pentru oameni precum Kelvin, Crookes și Roentgen, ale căror cercetări operau cu teoria radiației sau cu tuburi cu raze catodice, apariția razelor X a ruinat inevitabil o paradigmă, creând o altă. Iată de ce aceste raze puteau fi descoperite numai printr-o defecțiune în cercetarea normală.

Acest aspect genetic al paralelei dintre dezvoltarea politică și științifică nu ar mai trebui pus la îndoială. Paralela are însă un al doilea aspect, mai profund, de care depinde semnificația celui dintâi. Revoluțiile politice vizează să schimbe instituții politice pe căi interzise de înseși aceste instituții. Reușita lor implică deci renunțarea parțială la o mulțime de instituții în favoarea unei alteia, în acest răstimp societatea nefiind pe deplin guvernată de vreo instituție. Inițial, criza singură este cea care diminuează rolul instituțiilor politice, așa cum am văzut deja că diminuează rolul paradigmelor. Tot mai multe persoane devin tot mai înstrăinate de viața politică și se comportă din ce în ce mai anormal în cadrul ei. Apoi, pe măsură ce criza se adâncește, multe dintre aceste persoane adoptă una din propunerile concrete pentru reconstrucția societății într-un nou cadru instituțional. În acel moment, societatea este divizată în tabere sau partide adverse, una căutând să apere vechea structură instituțională, celelalte încercând să instituie o altă nouă. Și, odată realizată această polarizare, *recursul la mijloace politice nu mai este suficient*. Întrucât diferă în privința matricei instituționale în care trebuie realizată și evaluată schimbarea politică, întrucât nu mai recunosc nici un cadru suprainsstituțional pentru rezolvarea diferendului revoluționar, părțile angajate într-un conflict revoluționar trebuie până la urmă să recurgă la metodele convingerii de masă, incluzând adesea forța. Deși revoluțiile au avut un rol vital în evoluția instituțiilor politice, acest rol depinde

de faptul că sunt, parțial, evenimente extrapolitice sau extra-instituționale.

Restul acestui eseu vrea să dovedească faptul că studiul istoric al schimbării paradigmelor dezvăluie caracteristici foarte asemănătoare în evoluția științelor. Asemenea alegerii între instituții politice rivale, cea între paradigme rivale se dovedește a fi o alegere între moduri incompatibile de viață comunitară. Întrucât are acest caracter, alegerea nu este și nu poate fi determinată numai de procedurile evaluative, caracteristice științei normale, pentru că acestea depind, în parte, de o anumită paradigmă și tocmai acea paradigmă este pusă în discuție. Când paradigmele intră (așa cum trebuie să se întâmple) într-o controversă asupra alegerii paradigmei, rolul lor este inevitabil circular. Fiecare grup folosește propria sa paradigmă pentru a argumenta în favoarea ei.

Circularitatea care rezultă astfel nu produce, firește, argumente greșite sau inoperante. Cel care ia o paradigmă drept premisă când argumentează în favoarea ei poate totuși oferi o prezentare clară a ceea ce va fi practica științifică pentru cei care adoptă noua concepție despre natură. Această prezentare poate fi extrem de convingătoare. Totuși, oricare ar fi forța lui, statutul argumentului circular este numai cel al convingerii. El nu poate fi transformat într-un argument logic sau chiar probabilistic convingător pentru cei care refuză să intre în joc. Premisele și valorile, împărtășite de cele două tabere angajate într-o controversă asupra paradigmelor, nu sunt suficient de cuprinzătoare pentru aceasta. Ca și în revoluțiile politice, și în alegerea paradigmelor, nu există un criteriu mai puternic decât asentimentul comunității relevante. Pentru a descoperi cum au loc revoluțiile științifice, va trebui deci să examinăm nu numai impactul naturii și logicii, dar și tehnicile de argumentare persuasivă care operează în grupurile cu totul speciale care constituie comunitatea oamenilor de știință.

Pentru a descoperi de ce această problemă a alegerii între paradigme nu poate fi tranșant rezolvată numai prin logică și experiment, trebuie să examinăm pe scurt natura diferențelor care îi separă pe adepții unei paradigme tradiționale de urmașii lor revoluționari. Această examinare formează obiectul principal al acestei secțiuni și al următoarei. Am înregistrat numeroase exemple

de asemenea diferențe și nimeni nu se va mai îndoi că istoria ne mai poate oferi și multe altele. Ceea ce poate fi mai îndoielnic decât existența lor, și deci trebuie examinat în primul rând, este faptul că asemenea exemple oferă informații esențiale despre natura științei. Admițând că respingerea paradigmelor a fost un fapt istoric, dovedește aceasta mai mult decât existența credulității și confuziei omenești? Există temeiuri intrinseci pentru care asimilarea unui nou tip de fenomene sau a unei noi teorii științifice trebuie să implice respingerea unei paradigme mai vechi?

Să observăm, în primul rând, că dacă există asemenea temeiuri, ele nu derivă din structura logică a cunoașterii științifice. În principiu, apariția unui nou fenomen poate să nu se repercuteze distructiv asupra vreunei părți a vechii practici științifice. În timp ce descoperirea vieții pe Lună ar distruge paradigmele existente (întrucât acestea ne dau informații despre Lună care sunt incompatibile cu existența vieții acolo), descoperirea vieții într-o parte mai puțin cunoscută a galaxiei nu ar avea același efect. În același sens, o nouă teorie nu trebuie neapărat să intre în conflict cu vreuna din predecesoarele sale. Ea ar putea trata, exclusiv, fenomene anterior necunoscute, așa cum teoria cuantică tratează (dar, în mod semnificativ, nu exclusiv) fenomene subatomice necunoscute înaintea secolului al douăzecilea. De asemenea, noua teorie poate fi pur și simplu o teorie de un nivel mai înalt decât cele cunoscute anterior — o teorie care corelează un întreg grup de teorii de nivel mai scăzut, fără a schimba substanțial vreuna din ele. Astăzi, teoria conservării energiei oferă tocmai asemenea corelații între dinamică, chimie, electricitate, optică, teoria căldurii etc. Pot fi concepute și alte relații compatibile între teorii vechi și noi. Oricare din ele ar putea fi exemplificată de procesul istoric al dezvoltării științei. Dacă lucrurile ar sta astfel, dezvoltarea științifică ar fi realmente cumulativă. Noile tipuri de fenomene ar dezvoltă într-un segment al naturii o ordine care nu fusese remarcată înainte. În evoluția științei, noile cunoștințe ar înlocui mai degrabă ignoranța decât cunoștințe de alt tip, incompatibil.

Firește că știința (sau vreo altă întreprindere, mai puțin eficientă) s-ar fi putut dezvolta în acest mod în întregime cumulativ. Mulți oameni au crezut acest lucru, iar cei mai mulți par încă să presupună

că acumularea este cel puțin idealul pe care l-ar fi evidențiat dezvoltarea istorică, dacă nu ar fi fost atât de des deformată de idiosincrazia umană. Există importante temeiuri în sprijinul acestei opinii. Vom vedea în secțiunea a X-a cât de intimă este întrepătrunderea dintre concepția despre știință-ca-acumulare și o epistemologie dominantă care consideră cunoașterea o construcție pe care intelectul o ridică direct pe datele brute ale simțurilor. Iar în secțiunea a XI-a, vom examina confirmarea puternică pe care o dau metodele de educație științifică efectivă aceleiași scheme istoriografice. Totuși, în ciuda imensei plauzibilități a acestei imagini ideale, avem tot mai multe motive să ne întrebăm dacă ea poate fi o imagine a *științei*. După perioada preparadigmatică, asimilarea tuturor noilor teorii și a aproape tuturor noilor tipuri de fenomene impune de fapt distrugerea unei paradigme anterioare și deci conflictul dintre școli rivale de gândire științifică. Acumularea de noutăți neanticipate se dovedește a fi o excepție aproape inexistentă la regula dezvoltării științifice. Cel care consideră cu seriozitate faptul istoric trebuie să bănuiască faptul că știința nu tinde spre idealul sugerat de imaginea dezvoltării ei cumulative și că, poate, ea reprezintă un alt tip de întreprindere umană.

Dacă însă fapte incontestabile ne pot conduce la această concluzie, atunci o reexaminare a drumului pe care l-am parcurs ar putea arăta că acumularea noutăților științifice nu este numai rară, dar și improbabilă, în principiu. Cercetarea normală, care *este* cumulativă, își datorează succesul capacității oamenilor de știință de a alege regulat probleme care pot fi rezolvate cu tehnici conceptuale și instrumentale asemănătoare celor deja existente. (Iată de ce o preocupare excesivă pentru probleme utile, indiferent de raportul lor față de cunoașterea și tehnica existentă, poate atât de ușor inhiba dezvoltarea științifică.) Cel care se străduiește să rezolve o problemă, definită de cunoașterea și tehnica existentă, nu caută pur și simplu la întâmplare. El știe ce vrea să obțină, astfel încât își proiectează instrumentele și își orientează ideile în mod corespunzător. Noutatea neanticipată, noua descoperire, poate surveni numai în măsura în care anticipările sale în privința naturii și instrumentele sale se dovedesc greșite. Adeseori, importanța descoperirii rezultate va fi, ea însăși, proporțională cu întinderea

și rezistența anomaliei care a prefigurat-o. Este evident deci că trebuie să existe un conflict între paradigma care scoate la iveală anomalia și cea care, mai târziu, o ridică la rangul de lege. Exemplele de descoperiri prin distrugerea paradigmei (examine în secțiunea a VI-a) nu ne-au pus în fața unor simple accidente istorice. Nu există nici o altă modalitate efectivă în care ar putea fi generate descoperiri.

Același argument se aplică, și mai clar, inventării noilor teorii. Există, în principiu, numai trei tipuri de fenomene în raport cu care ar putea fi elaborată o nouă teorie. Primul constă din fenomene deja explicate satisfăcător de paradigmele existente și care oferă rareori motive sau puncte de plecare pentru construcția unei teorii; când o fac, așa cum s-a întâmplat cu cele trei anticipări celebre, discutate în încheierea secțiunii a VII-a, teoriile care rezultă sunt rareori acceptate, întrucât natura nu oferă vreo bază de discriminare. O a doua clasă de fenomene constă din cele a căror natură este indicată de paradigmele existente, dar ale căror detalii pot fi înțelese numai prin articulare teoretică ulterioară. Acestea sunt fenomene supuse cercetării, o mare parte din vreme, dar cercetarea vizează aici mai degrabă articularea paradigmelor existente decât inventarea unora noi. Numai când asemenea încercări de articulare eșuează, oamenii de știință întâlnesc un al treilea tip de fenomene, anomaliiile recunoscute a căror trăsătură caracteristică este refuzul lor încăpățânat de a fi asimilate de paradigmele existente. Numai acest tip dă naștere unor noi teorii. Paradigmele oferă tuturor fenomenelor (cu excepția anomaliiilor) un loc, determinat de teorie, în câmpul vizual al omului de știință.

Dar dacă se face apel la noi teorii pentru a rezolva anomaliiile apărute între o teorie existentă și natură, atunci noua teorie plină de succes trebuie să permită undeva predicții care să fie diferite de cele derivate din predecesora ei. Diferența poate să nu apară dacă cele două teorii ar fi logic compatibile. În procesul asimilării ei, cea de a doua teorie trebuie să o înlocuiască pe prima. Chiar și o teorie ca aceea a conservării energiei, care pare astăzi o suprastructură logică corelată naturii numai prin teorii stabilite independent, nu s-a dezvoltat istoric fără distrugerea unor paradigme. Dimpotrivă, ea a apărut dintr-o criză în care un element esențial

era incompatibilitatea dintre dinamica newtoniană și unele consecințe recent formulate ale teoriei calorice a căldurii. Numai după abandonarea teoriei calorice, conservarea energiei a putut să devină o parte a științei¹. Și numai după ce a fost o parte a științei pentru câțiva vreme, ea a putut deveni o teorie de un tip logic mai înalt, care nu intra în conflict cu predecesoarele ei. Este greu de înțeles cum ar putea apărea noi teorii fără asemenea schimbări distructive în convingerile despre natură. Deși incluziunea logică rămâne o concepție admisibilă despre relația dintre teorii științifice succesive, ea este istoric implauzibilă.

Cred că, în urmă cu un secol, ar fi fost posibil să ne oprim aici cu argumentele în favoarea necesității revoluțiilor. Dar astăzi, din nefericire, nu mai putem proceda astfel deoarece concepția dezvoltată mai sus în legătură cu această temă nu poate fi susținută dacă este acceptată cea mai influentă interpretare contemporană a naturii și funcției unei teorii științifice. Această interpretare, intim asociată cu pozitivismul logic timpuriu și care nu a fost categoric respinsă de succesorii lui, ar restrânge sfera și semnificația unei teorii acceptate astfel încât aceasta să nu poată intra în conflict cu vreo teorie ulterioară ale cărei predicții se referă la unele dintre aceleași fenomene naturale. Cel mai bine cunoscut și puternic argument în favoarea acestei concepții restrânse despre o teorie științifică apare în discuțiile despre relația dintre dinamica einsteiniană contemporană și ecuațiile dinamice mai vechi care descind din *Principia* lui Newton. Din punctul de vedere al acestui eseu, cele două teorii sunt fundamentale incompatibile în sensul ilustrat de relația astronomiei copernicane față de cea ptolemaică: teoria lui Einstein poate fi acceptată numai recunoscând că Newton a greșit. Astăzi, aceasta rămâne o concepție minoritară². Trebuie, prin urmare, să examinăm cele mai importante obiecții ce i se aduc.

Fondul acestor obiecții poate fi dezvoltat astfel. Dinamica relativistă nu poate arăta că dinamica newtoniană este falsă pentru

¹ Silvanus P. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (Londra, 1910), I, pp. 266–281.

² Vezi, de pildă, remarcile lui P. P. Wiener în *Philosophy of Science*, XXV (1958), pp. 298.

că dinamica newtoniană mai este încă folosită, cu mult succes, de majoritatea inginerilor și, în anumite aplicații, de mulți fizicieni. În plus, oportunitatea utilizării vechii teorii poate fi demonstrată din însăși teoria care, în alte aplicații, i-a luat locul. Teoria lui Einstein poate fi folosită pentru a arăta că predicțiile din ecuațiile lui Newton vor fi la fel de bune ca și instrumentele noastre de măsură în toate aplicațiile care satisfac un număr mic de condiții restrictive. De pildă, dacă vrem ca teoria newtoniană să ofere o bună soluție aproximativă, vitezele relative ale corpurilor considerate trebuie să fie mici în comparație cu viteza luminii. Supusă acestor condiții și câtorva altele, teoria newtoniană pare derivabilă din cea einsteiniană, în raport cu care este deci un caz particular.

Dar, continuă obiecția, nici o teorie nu poate fi în conflict cu unul din cazurile ei particulare. Dacă știința einsteiniană pare să infirme dinamica newtoniană, aceasta se întâmplă numai pentru că unii newtonieni au fost atât de imprudenți încât să afirme că teoria newtoniană dă rezultate absolut precise sau că este validă la viteze relative foarte mari. Întrucât nu puteau aduce vreo dovadă în sprijinul unor asemenea afirmații, ei au trădat standardele științei. În măsura în care teoria newtoniană a fost vreodată o teorie într-adevăr științifică, confirmată de evidență, ea mai este și acum. Numai afirmațiile extravagante în sprijinul acestei teorii — afirmații care nu au făcut niciodată parte, propriu-zis, din știință — au putut fi dovedite drept false de către Einstein. Purificată de aceste extravagante exclusiv omenești, teoria newtoniană nu a fost niciodată pusă sub semnul îndoielii și nici nu poate fi.

Unele versiuni ale acestui argument sunt într-un totuș suficient pentru a imuniza împotriva atacurilor orice teorie utilizată vreodată de un grup semnificativ de oameni de știință competenți. Atât de ponegrita teorie a flogisticului, de pildă, ordona un mare număr de fenomene fizice și chimice. Ea explica de ce ardeau corpurile — pentru că erau bogate în flogistic — și de ce metalele aveau în comun mult mai multe proprietăți decât minereurile lor. Metalele erau, toate, compuse din diferite pământuri elementare combinate cu flogistic, iar acesta din urmă, comun tuturor metalelor, producea proprietăți comune. În plus, teoria flogisticului explica un număr

de reacții în care se formau acizi prin arderea unor substanțe ca sulful și carbonul. De asemenea, ea explica scăderea volumului atunci când arderea avea loc într-un volum limitat de aer — flogisticul eliberat prin ardere „strica” elasticitatea aerului care-l absorbea, la fel cum focul „strică” elasticitatea unui ac de oțel³. Dacă acestea ar fi fost singurele fenomene pe care teoreticienii flogisticului le-ar fi revendicat pentru teoria lor, atunci această teorie nu ar fi putut fi niciodată contestată. Un argument similar este suficient pentru orice teorie care a reușit vreodată să explice vreo mulțime de fenomene.

Dar pentru a salva teorii în acest fel, domeniul lor de aplicație trebuie restrâns la acele fenomene și la acea precizie a observației cu care operează probele experimentale disponibile⁴. Dusă un pas mai departe (și acel pas nu prea poate fi evitat odată ce a fost făcut primul), o asemenea limitare îi interzice omului de știință să pretindă că vorbește „științific” despre vreun fenomen încă neobservat. Chiar în forma ei prezentă, această restricție îl împiedică pe omul de știință să se bizuie pe o teorie oricând cercetarea sa intră într-o zonă — sau caută un grad de precizie — în raport cu care practica trecută nu oferă nici un precedent. Aceste prohibiții sunt logic inatacabile. Dar rezultatul acceptării lor ar fi sfârșitul cercetării prin care știința se poate dezvolta mai departe.

Acum, această idee este de asemenea aproape o tautologie. Fără o angajare față de o paradigmă nu poate exista știința normală. Apoi, această angajare trebuie să atingă și zone și grade de precizie pentru care nu există precedente depline. Dacă lucrurile nu ar sta astfel, paradigma nu ar furniza nici un *puzzle* care să nu fi fost deja rezolvat. În afară de aceasta, nu numai știința normală depinde

³ James B. Conant, *Overthrow of the Phlogiston Theory* (Cambridge, 1950), pp. 13–16 și J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (ediția a doua; Londra, 1951), pp. 85–88. Cea mai amplă și mai binevoitoare prezentare a realizărilor teoriei flogisticului este cea a Helenei Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930), Partea a II-a.

⁴ A se compara cu concluziile obținute printr-o analiză cu totul diferită de R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation* (Cambridge, 1953), pp. 50–87, mai ales p. 76.

de angajarea față de o paradigmă. Dacă teoria existentă îl angajează pe omul de știință numai în raport cu aplicațiile existente, atunci nu pot apărea nici un fel de surprize, anomalii sau crize. Or, acestea sunt tocmai indicatoarele care arată calea spre știința extraordinară. Dacă restricțiile pozitiviste asupra sferei de aplicabilitate legitimă a unei teorii sunt luate literal, atunci va înceta să funcționeze mecanismul care indică comunității științifice ce probleme pot duce la schimbări fundamentale. Și când aceasta se întâmplă, comunitatea se va reîntoarce inevitabil la ceva asemănător stării dinaintea paradigmei, când toți membrii ei practică o știință al cărei produs total nu seamănă câtuși de puțin cu știința. Mai este atunci de mirare că prețul progresului științific semnificativ este o angajare care riscă să dea greș?

Mai important este faptul că există o lacună logică revelatoare în argumentul pozitivist, lacună care ne va reintroduce de îndată în problematica naturii schimbării revoluționare. Poate fi într-adevăr *derivată* dinamica newtoniană din cea einsteiniană? Cum ar arăta o astfel de derivare? Să ne imaginăm o mulțime de enunțuri $E_1, E_2, \dots, E_n$, care împreună cuprind legile teoriei relativității. Aceste enunțuri conțin variabile și parametri reprezentând poziția spațială, timpul, masa de repaus etc. Din ele, cu ajutorul aparatului logicii și matematicii, se poate deduce o întreagă mulțime de alte enunțuri, incluzând unele care pot fi controlate prin observație. Pentru a demonstra adecvarea dinamicii newtoniene ca un caz particular, trebuie să adăugăm enunțurilor E_i alte enunțuri, precum $(v/c)^2 \ll 1$, care restrâng domeniul parametrilor și variabilelor. Această mulțime extinsă de enunțuri este apoi manipulată pentru a produce o nouă mulțime, $N_1, N_2, \dots, N_m$, care este identică în formă cu legile newtoniene ale mișcării, legea gravitației etc. Aparent, supusă câtorva condiții limitative, dinamica newtoniană a fost derivată din cea einsteiniană.

Totuși, derivarea este incorectă, cel puțin până în acest punct. Deși enunțurile N_i sunt un caz particular al legilor mecanicii relativiste, ele nu sunt legi newtoniene. Sau, cel puțin, nu sunt până când aceste din urmă legi nu sunt reinterpretate într-un mod care nu ar fi posibil înainte de Einstein. Variabilele și parametrii care în enunțurile einsteiniene E_i reprezentau poziții spațiale, timp, masă

etc. apar și în enunțurile N_i unde de asemenea reprezintă spațiul și masa lui Einstein. Dar referenții fizici ai acestor concepte einsteiniene nu sunt, câtuși de puțin, identici cu cei ai conceptelor newtoniene cu același nume. (Masa newtoniană este conservată; cea einsteiniană este convertibilă în energie. Numai la viteze relativ scăzute, cele două mase pot fi măsurate în același fel și chiar atunci ele nu trebuie considerate identice.) Dacă nu schimbăm definițiile variabilelor din N_i , enunțurile pe care le-am derivat nu sunt newtoniene. Iar dacă le schimbăm, nu se poate spune, corect, că am *derivat* legile lui Newton, cel puțin nu într-unul din sensurile, astăzi general acceptate, ale termenului „a deriva”. Argumentul nostru a explicat, firește, de ce legile lui Newton păreau că funcționează. Acest argument îl îndreptățește, de pildă, pe un șofer de automobil să acționeze ca și cum ar trăi într-un univers newtonian. Un argument de același gen este folosit spre a justifica inițierea topografiilor într-o astronomie orientată geocentric. Dar aceste argumente nu și-au îndeplinit încă menirea; și anume, ele nu au dovedit că legile lui Newton sunt un caz limită al legilor lui Einstein. Căci în trecere la limită nu s-a schimbat numai forma legilor. Totodată, a trebuit să modificăm elementele structurale fundamentale din care este constituit universul la care se aplică aceste legi.

Necesitatea de a modifica semnificația unor concepte existente și familiare joacă un rol central în influența revoluționară a teoriei lui Einstein. Deși este mai subtilă decât schimbările de la geocentrism la heliocentrism, de la flogistic la oxigen, sau de la corpusculi la unde, această transformare conceptuală nu este mai puțin distructivă în raport cu o paradigmă anterior stabilită. Putem chiar să ajungem să o considerăm drept un prototip al reorientărilor revoluționare din științe. Tocmai pentru că nu implică introducerea unor concepte sau obiecte suplimentare, tranziția de la mecanica newtoniană la cea einsteiniană ilustrează cu o claritate deosebită revoluția științifică drept o dislocare a cadrului conceptual prin care oamenii de știință văd lumea.

Aceste remarci ar fi suficiente pentru a dovedi ceea ce, în alt climat filozofic, putea fi admis de la bun început. Cele mai multe dintre diferențele vizibile între o teorie științifică respinsă și

succesoarea ei sunt reale, cel puțin pentru oamenii de știință. Deși o teorie perimată poate fi întotdeauna văzută ca un caz special al succesoarei ei, ea trebuie transformată în acest scop. Iar o atare transformare este de asemenea natură încât poate fi întreprinsă numai retrospectiv, luând ca ghid explicit cea mai recentă teorie. În plus, chiar dacă această transformare ar fi un procedeu legitim folosit în interpretarea vechii teorii, rezultatul aplicării lui ar fi o teorie extrem de restrânsă, care nu ar putea decât să reformuleze ceea ce era deja cunoscut. Datorită economiei ei, o asemenea reformulare ar avea o utilitate, dar nu ar putea ghida îndeajuns cercetarea.

Să admitem deci că diferențele dintre paradigme succesive sunt atât necesare cât și ireconciliabile. Putem atunci explicita aceste diferențe? Cele mai evidente au fost deja ilustrate, în repetate rânduri. Paradigme succesive ne spun lucruri diferite despre populația universului și despre comportamentul acestei populații. Ele diferă deci în privința unor probleme ca existența particulelor subatomice, materialitatea luminii și conservarea căldurii sau energiei. Acestea sunt diferențele substanțiale dintre paradigme succesive care nu mai au nevoie de alte exemplificări. Dar paradigmele diferă mai mult decât în substanța lor, întrucât nu sunt îndreptate numai spre natură ci și, înapoi, spre știința care le-a generat. Ele constituie sursa metodelor, câmpului de probleme și standardelor de rezolvare, acceptate, în orice perioadă, de orice comunitate științifică matură. În consecință, acceptarea unei noi paradigme necesită adeseori o redefinire a științei respective. Unele din vechile probleme pot fi transferate unei alte științe sau declarate cu totul „neștiințifice”. Odată cu noua paradigmă, alte probleme, odinioară inexistente sau lipsite de importanță, devin înseși modelele reușitei științifice semnificative. Iar pe măsură ce se schimbă problemele, se schimbă adesea și criteriile care disting o soluție științifică reală de o simplă speculație metafizică, de un joc de cuvinte sau de un exercițiu matematic. Tradiția de știință normală care apare dintr-o revoluție științifică este nu numai incompatibilă dar, de multe ori, realmente incommensurabilă cu ceea ce fusese înainte.

Influența operei lui Newton asupra tradiției normale de practică științifică din secolul al șaptesprezecelea oferă un exemplu pregnant al acestor efecte subtile ale schimbării de paradigmă. Înainte să se fi născut Newton, „noua știință” a secolului reușise, în sfârșit, să respingă explicațiile aristotelice și scolastice, exprimate în termeni de esențe ale corpurilor materiale. A spune că o piatră cădea pentru că „natura” ei o îndrepta spre centrul universului ajunsese să pară un simplu joc tautologic de cuvinte, ceea ce nu fusese înainte. De atunci înainte întregul flux al aparențelor senzoriale, incluzând culoare, gust și chiar greutate, avea să fie explicat în termenii mărimii, formei, poziției și mișcării corpusculare elementare ale materiei de bază. A atribui alte calități atomilor elementari însemna a recurge la ocult și deci la ceva în afara științei. Molière a surprins întocmai noul spirit când îl ridiculiza pe doctorul care explica eficacitatea opiului, ca somnifer, atribuindu-i o potență dormitivă. În cursul ultimei jumătăți a secolului al șaptesprezecelea, numeroși oameni de știință preferau să spună că forma rotundă a particulelor de opiu le permitea să liniștească nervii în jurul cărora se mișcau⁵.

Într-o perioadă anterioară, explicațiile în termeni de calități oculte făcuseră integral parte din munca științifică productivă. Totuși, noua angajare a secolului al șaptesprezecelea față de explicația mecanic-corpusculară s-a dovedit deosebit de fructuoasă pentru un număr de științe, eliberându-le de probleme care rezistaseră oricărei soluții general acceptate și propunând altele în loc. În dinamică, de exemplu, cele trei legi newtoniene ale mișcării sunt mai puțin un produs al unor noi experimente cât al încercării de a reinterpretă observații bine cunoscute în termenii mișcărilor și interacțiunilor corpusculilor neutri primari. Să luăm doar un exemplu concret. Deoarece corpusculii neutri pot interacționa numai prin contact, concepția corpuscular-mecanică asupra naturii îndrepta atenția științei asupra unui nou obiect de studiu,

⁵ Pentru corpuscularism în general, vezi Marie Boas, „The Establishment of the Mechanical Philosophy”, *Osiris*, X (1952), pp. 412–541. Pentru efectul formei particulelor asupra gustului, vezi *ibid.*, p. 483.

modificarea mișcărilor particulelor prin ciocnire. Descartes a pus problema și i-a dat prima rezolvare admisă. Huyghens, Wren și Wallis au continuat-o, în parte făcând experimente cu pendule în ciocnire, dar mai ales aplicând la noua problemă caracteristici ale mișcării, bine cunoscute dinainte. Iar Newton a fixat rezultatele lor în legile sale asupra mișcării. „Acțiunea” și „reacțiunea” egală din cea de a treia lege reprezintă schimbări în cantitatea de mișcare suferite de cele două participante la ciocnire. Aceeași schimbare de mișcare stă la baza definiției forței dinamice, implicate în a doua lege. În acest caz, ca și în multe altele din cursul secolului al șaptesprezecelea, paradigma corpusculară a generat atât o nouă problemă cât și o mare parte din soluția ei⁶.

Totuși, deși o bună parte din activitatea lui Newton era orientată spre probleme — și încorpora criterii — derivate din concepția corpuscular-mecanică despre lume, paradigma care a rezultat din această activitate a dus la o nouă și parțial distructivă schimbare a problemelor și standardelor legitime ale științei. Gravitația, interpretată ca o atracție înăscută între oricare două particule de materie, era o calitate ocultă în același sens în care fusese „tendința de cădere” a corpurilor pentru scolastici. Așadar, în vreme ce standardele corpuscularismului rămăneau valabile, căutarea unei explicații mecanice a gravitației era una din cele mai solicitante probleme pentru cei care acceptau *Principia* ca paradigmă. Newton i-a acordat multă atenție, la fel cum au făcut și mulți dintre urmașii săi în secolul al optsprezecelea. Singura alternativă evidentă era abandonarea teoriei lui Newton, datorită neputinței ei de a explica gravitația, și această alternativă a fost, de asemenea, larg acceptată. Totuși, nici una din aceste concepții nu a triumfat până la urmă. Nefiind în stare să facă știință fără *Principia* sau să adapteze această operă standardelor corpusculare ale secolului al șaptesprezecelea, oamenii de știință au acceptat treptat concepția că gravitația era într-adevăr înăscută. Pe la mijlocul secolului al optsprezecelea, această interpretare era aproape universal acceptată,

⁶ R. Dugas, *La Mécanique au XVII^e siècle* (Neuchâtel, 1954), pp. 177–185, 284–298, 345–356.

având drept rezultat o autentică reîntoarcere (care nu este totuna cu o regresie) la modelul scolastic. Atracțiile și repulsiile înăscute reuneau mărimea, forma, poziția și mișcarea ca proprietăți primare, fizic ireductibile, ale materiei⁷.

Schimbarea produsă în standardele și câmpul de probleme ale fizicii avea să fie din nou plină de urmări. Prin anii 1740, de pildă, teoreticienii electricității puteau vorbi despre „virtutea” de atracție a fluidului electric, fără să-și atragă prin aceasta ridicolul cu care a fost acoperit doctorul lui Molière, un secol mai înainte. În acest timp, fenomenele electrice dezvăluiau tot mai mult o ordine diferită de cea manifestată când erau concepute ca efecte ale unei emanații mecanice care putea acționa numai prin contact. În particular, atunci când acțiunea electrică la distanță a devenit un obiect de studiu de sine stătător, fenomenul pe care-l numim acum încărcare prin inducție a putut fi recunoscut ca unul din efectele ei. Înainte, în cazul în care fusese observat, el fusese atribuit acțiunii directe a „atmosferelor” electrice sau pierderilor inevitabile din orice laborator de electricitate. Noua concepție asupra efectelor inductive a constituit, la rândul ei, cheia analizei lui Franklin asupra buteliei de Leyda și deci a apariției unei noi paradigme newtoniene a electricității. Dar dinamica și electricitatea nu au fost singurele domenii științifice afectate de legitimizarea investigării forțelor înăscute ale materiei. Considerabila literatură din secolul al optsprezecelea asupra afinităților și seriilor de substituții chimice deriva de asemenea din acest aspect supramecanic al newtonismului. Chimistii care credeau în aceste atracții diferite dintre variatele specii chimice au realizat experimente neimaginabile înainte și au investigat noi tipuri de reacții. Fără datele și concepțiile chimice elaborate în cursul acestui proces, cercetările ulterioare ale lui Lavoisier și mai ales Dalton ar fi fost de neconceput⁸. Schimbările survenite în criteriile ce guvernează problemele, conceptele

⁷ I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), Cap. VI–VII.

⁸ Pentru electricitate, vezi *ibid.*, Cap. VIII–IX. Pentru chimie, vezi Matzger, *op. cit.*, Partea I.

și explicațiile admisibile pot transforma o știință. În secțiunea următoare, voi sugera chiar un sens în care ele transformă lumea.

Alte exemple de asemenea diferențe între paradigme succesive pot fi regăsite în istoria oricărei științe și în aproape orice perioadă a dezvoltării ei. Pentru moment să ne mulțumim doar cu alte două exemple, mult mai concise. Înainte de revoluția din chimie, una din sarcinile recunoscute ale chimiei era să explice calitățile substanțelor chimice și schimbările pe care le sufereau aceste calități în cursul reacțiilor chimice. Cu ajutorul unui număr mic de „principii” elementare — între care și flogisticul — chimistul trebuia să explice de ce unele substanțe sunt acide, metalice, inflamabile ș.a.m.d. Se obținuseră oarecare succese în această direcție. Am văzut deja că flogisticul explica de ce metalele sunt atât de asemănătoare și am fi putut avansa un argument similar pentru aici. Reforma lui Lavoisier însă a eliminat până la urmă „principiile” chimice, sfârșind prin a lipsi chimia de o parte din puterea ei explicativă reală și de o mare parte din cea potențială. Pentru a compensa această pierdere se impunea o schimbare a standardelor chimiei. O bună parte din secolul al nouăsprezecelea, neputința de a explica calitățile compuşilor nu a incriminat vreo teorie chimică⁹.

Clerk Maxwell împărtășea, alături de alți adepți din secolul al XIX-lea ai teoriei ondulatorii a luminii, convingerea că undele de lumină trebuie să se propage printr-un eter material. Proiectarea unui mediu mecanic care să servească drept suport acestor unde era o problemă tipică pentru mulți dintre cei mai capabili contemporani ai săi. Propria sa teorie însă, teoria electromagnetică a luminii, nu dădea nici o explicație asupra unui mediu capabil să susțină undele luminoase și făcea ca o asemenea explicație să fie mult mai greu de dat decât părea înainte. La început, teoria lui Maxwell a fost, în mare parte, respinsă tocmai pentru aceste motive. Dar, ca și în cazul teoriei lui Newton, cea a lui Maxwell nu putea fi ușor abandonată și, pe măsură ce a dobândit statutul unei paradigme, atitudinea față de ea s-a schimbat. În primele decenii ale secolului al douăzecilea, insistența lui Maxwell asupra

⁹ E. Meyerson, *Identity and Reality* (New York, 1930), Cap. X.

existenței unui eter mecanic avea tot mai mult aerul unui conformism neîntemeiat, ceea ce evident nu era, iar încercările de a construi un asemenea eter au fost abandonate. Oamenii de știință nu mai considerau că este neștiințific să vorbească de o „deplasare” electrică, fără să specifice ce anume era deplasat. Din nou rezultatul a fost o nouă mulțime de probleme și criterii, care (atunci) au contribuit la apariția teoriei relativității¹⁰.

Aceste modificări caracteristice în concepția comunității științifice despre problemele și criteriile legitime ar fi mai puțin semnificative pentru teza acestui eseu, dacă s-ar presupune că ele au loc întotdeauna de la un tip metodologic inferior la unul superior. În acest caz, efectele lor ar părea, de asemenea, cumulative. Nu este de mirare că unii istorici au argumentat că istoria științei indică o creștere continuă a maturității și rafinării concepției omului despre natura științei¹¹. Totuși, argumentul în favoarea dezvoltării cumulative a problemelor și criteriilor științei este chiar mai greu de susținut decât cel în favoarea acumulării teoriilor. Încercarea de a explica gravitația, deși abandonată — cu folos — de majoritatea oamenilor de știință ai secolului al optsprezecelea, nu viza o problemă intrinsec nelegitimă; obiecțiile față de forțele înnăscute nu erau nici inerent neștiințifice nici metafizice, în vreun sens peiorativ. Nu există criterii exterioare care să permită o asemenea apreciere. Ceea ce a urmat nu a fost nici un declin, nici o renunțare la criterii, ci pur și simplu o schimbare cerută de adoptarea unei noi paradigme. În plus, această schimbare a fost de atunci răsturnată și mai poate fi. În secolul al douăzecilea, Einstein a reușit să explice atracțiile gravitaționale și această explicație a reîntors știința la o clasă de canoane și probleme care, în acest caz particular, se aseamănă mai mult cu cele ale predecesorilor decât cu cele ale succesorilor lui Newton. Asemănător, dezvoltarea mecanicii cuantice a anulat interdicția metodologică inițiată de revoluția în

¹⁰ E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II (Londra, 1953), pp. 28–30.

¹¹ Pentru o încercare strălucită și întru totul la zi de a potrivi dezvoltarea științifică în acest pat al lui Procust, vezi C. G. Gillispie, *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas* (Princeton, 1960).

chimie. Chimiștii încearcă acum, și cu mult succes, să explice culoarea, starea de agregare și alte calități ale substanțelor folosite și produse în laboratoarele lor. O răsturnare similară ar putea să aibă loc în teoria electromagnetică. În fizica contemporană, spațiul nu este substratul inert și omogen folosit atât în teoria lui Newton cât și în cea a lui Maxwell; unele dintre noile lui proprietăți nu diferă de cele atribuite odinioară eterului; și s-ar putea, într-o bună zi, să reușim să aflăm ce este o deplasare electrică.

Deplasând accentul de la funcțiile cognitive la cele normative ale paradigmelor, exemplele anterioare ne sporesc înțelegerea modurilor în care paradigmele configurează viața științifică. Anterior am examinat îndeosebi rolul paradigmelor ca purtătoare ale teoriei științifice. În această ipostază, funcția lor constă în a-l informa pe omul de știință despre entitățile pe care le conține și, respectiv, nu le conține natura și despre felurile în care se comportă aceste entități. Aceste informații configurează o hartă ale cărei detalii sunt elucidate de cercetarea științifică matură. Și întrucât natura e prea complexă și variată pentru a putea fi explorată la întâmplare, această hartă este tot atât de esențială ca și observația și experimentul pentru dezvoltarea continuă a științei. Prin teoriile pe care le încorporează, paradigmele se dovedesc a fi constitutive activității de cercetare. Dar ele sunt, de asemenea, constitutive științei în alte privințe și acest aspect este important acum. În particular, ultimele exemple pe care le-am dat arată că paradigmele îi înzestreză pe oamenii de știință nu numai cu o hartă, dar și cu unele din direcțiile esențiale de alcătuire a acesteia. Asimilând o paradigmă, omul de știință asimilează, de obicei într-un amestec inextricabil, teorii, metode și criterii laolaltă. Prin urmare, când se schimbă paradigmele, se produc de asemenea modificări semnificative în criteriile ce determină legitimitatea problemelor și soluțiilor propuse.

Această observație ne readuce la punctul de plecare al acestei secțiuni, întrucât ne indică pentru prima oară, explicit, de ce alegerea între paradigme rivale creează probleme care nu pot fi rezolvate prin criteriile științei normale. În măsura, pe cât de semnificativă pe atât de incompletă, în care două școli științifice nu sunt de acord asupra a ceea ce este o problemă și ce este o

soluție, ele vor vorbi inevitabil limbi diferite atunci când vor dezbate meritele relative ale paradigmelor lor. În termenii argumentelor parțial circulare, care vor rezulta frecvent, se va arăta că fiecare paradigmă satisface mai mult sau mai puțin criteriile pe care și le impune sie însăși și că nu reușește să satisfacă câteva din cele impuse de adversara ei. Există și alte cauze ale incompletitudinii contactului logic care caracterizează permanent controversele dintre paradigme. De pildă, întrucât nici o paradigmă nu rezolvă vreodată toate problemele pe care le definește și întrucât niciodată două paradigme nu lasă exact aceleași probleme nerezolvate, controversele între paradigme ridică întotdeauna întrebarea: care probleme este mai important să le fi rezolvat? Ca și în chestiunea criteriilor rivale, la această întrebare, relativă la valori, nu se poate răspunde decât în termenii unor criterii cu totul exterioare științei normale și evident, tocmai datorită acestui recurs la criterii exterioare, disputele între paradigme devin revoluționare. Dar ceva și mai fundamental decât standarde și valori este de asemenea în joc. Am argumentat până acum doar că paradigmele sunt constitutive științei. Aș vrea acum să dezvălui un sens în care ele sunt constitutive chiar și naturii.

X

Revoluțiile ca schimbări ale concepției despre lume

Examinând cronicile cercetării de-a lungul secolelor, din punctul de vedere al istoriografiei contemporane, istoricul științei poate fi tentat să afirme că odată cu schimbarea paradigmatelor se schimbă însăși lumea. Conduși de o nouă paradigmă, oamenii de știință adoptă noi instrumente și examinează noi zone ale naturii. Mai important chiar este că, în timpul revoluțiilor, oamenii de știință văd lucruri noi și diferite când examinează cu instrumente familiare zone pe care le-au mai examinat înainte. Este, mai degrabă, ca și cum comunitatea profesională a fost dintr-odată transportată pe o altă planetă, unde obiectele familiare sunt văzute într-o lumină diferită, alături de obiecte nefamiliare. Firește că nu se întâmplă ceva asemănător: nu survine nici o transplantare geografică; în afara laboratorului, viața cotidiană continuă ca și înainte. Totuși, schimbările de paradigmă îi determină pe oamenii de știință să vadă într-un mod diferit lumea în care este angajată cercetarea lor. În măsura în care singurul lor contact cu această lume se realizează prin ceea ce văd și fac, am putea spune că, după o revoluție, oamenii de știință se află în fața unei lumi diferite.

Demonstrațiile familiare ale schimbării *gestalt*-ului vizual se dovedesc atât de sugestive tocmai ca prototipuri elementare ale acestor transformări ale lumii omului de știință. Ceea ce erau rațe în lumea omului de știință dinaintea revoluției sunt iepuri după revoluție. Cel care mai întâi a văzut de sus exteriorul cutiei, mai târziu va vedea interiorul ei de jos. Asemenea transformări, deși sunt de obicei mai graduale și aproape totdeauna ireversibile, însoțesc firesc pregătirea științifică. Privind la o hartă, studentul vede linii pe o hârtie, iar cartograful imaginea unui teren. Privind

la fotografia luată într-o cameră cu bule, studentul vede linii confuze și întrerupte, iar fizicianul o înregistrare a unor evenimente subnucleare familiare. Numai după un număr de asemenea transformări vizuale, devine studentul un locuitor al lumii omului de știință, văzând ceea ce vede omul de știință și reacționând ca el. Dar lumea în care intră atunci studentul nu este determinată o dată pentru totdeauna de natura mediului, pe de o parte, și de aceea a științei, pe de altă parte. Mai degrabă, ea este determinată împreună de mediu și de o anumită tradiție de știință normală în care studentul a fost pregătit să lucreze. De aceea, în perioada de revoluție, când se schimbă tradiția de știință normală, modul în care omul de știință își percepe mediul trebuie reeducat — în unele situații familiare el trebuie să învețe să vadă un nou *gestalt*. După ce a făcut acest lucru, lumea cercetării sale va părea, ici și colo, incomensurabilă cu cea în care locuise înainte. Aceasta este o altă cauză pentru care școlile ghidate de diferite paradigme nu vor reuși niciodată să se înțeleagă pe deplin.

Firește, în forma lor cea mai obișnuită, experimentele gestaltiste ilustrează numai natura transformărilor perceptuale. Ele nu ne spun nimic despre rolul paradigmatelor sau al experienței anterior asimilate, în procesul percepției. Dar asupra acestui punct există o bogată literatură psihologică, o mare parte a ei provenind din lucrările de pionierat ale Institutului Hanovra. Într-un experiment, subiectului i se dau ochelari cu lentile inversate, prin care, inițial, vede totul răsturnat. La început aparatul său perceptual funcționează așa cum a fost pregătit să funcționeze fără ochelari, rezultând de aici o maximă dezorientare, o acută criză personală. Dar după ce subiectul a început să se obișnuiască cu noua sa lume, întregul său câmp vizual se întoarce pe dos, de obicei, după o perioadă intermediară în care totul este văzut confuz. Apoi, obiectele sunt din nou văzute așa cum fuseseră înainte de a-și fi pus ochelarii. Asimilarea unui câmp vizual, anterior normal, s-a repercutat asupra câmpului însuși, modificându-l¹. Literal ca și metaforic, subiectul

¹ Experimentele inițiale aparțineau lui George M. Stratton, „Vision without Inversion of the Retinal Image“, *Psychological Review* IV (1897),

obișnuit cu lentile inversate a suferit o transformare revoluționară în modul de a vedea.

Subiecții experimentului cu cărți de joc modificate, discutat în secțiunea a VI-a, au fost martorii unor transformări întru totul similare. Până când au realizat, în urma unei expuneri prelungite, că universul conține cărți anormale, ei au văzut numai tipuri de cărți cu care îi familiarizase experiența anterioară. De îndată însă ce experiența le-a furnizat noile categorii necesare, ei au putut să vadă, din prima expunere, toate cărțile anormale, având destul timp pentru a fi în stare să le identifice. Alte experimente demonstrează că perceperea formei, culorii obiectelor expuse experimental variază de asemenea în funcție de pregătirea și experiența anterioară a subiectului². Examinarea bogatei literaturi experimentale din care provin aceste exemple ne face să bănuim că ceva asemănător paradigmei stă la baza percepției înseși. Ceea ce vede un om depinde atât de spre-ce-privește cât și de ceea ce l-a învățat să vadă experiența sa vizual-conceptuală anterioară. În lipsa unei asemenea experiențe, nu poate exista, după cum spunea William James, decât „un zumzăit confuz și pestriț“.

În ultimii ani, unii cercetători preocupați de istoria științei au considerat exemple ca acelea de mai sus drept extrem de sugestive. N. R. Hanson, în mod deosebit, a folosit argumente gestaltiste pentru a dezvolta unele consecințe ale convingerii științifice, asemănătoare cu cele care mă interesează aici³. Alți colegi au remarcat frecvent că istoria științei ar avea mai mult sens și mai multă coerență dacă am putea admite că oamenii de știință trăiesc uneori schimbări perceptuale asemănătoare celor descrise mai sus. Totuși, deși aceste experimente psihologice sunt sugestive, ele nu

pp. 341–360, 463–481. O trecere în revistă mai modernă aparține lui Harvey A. Carr, *An Introduction to Space Perception* (New York, 1935), pp. 18–57.

² Pentru exemple, vezi Albert H. Hastorf, „The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance“, *Journal of Psychology*, XXIX (1950), pp. 195–217; și Jerome S. Bruner, Leo Postman și John Rodrigues, „Expectations and the Perception of Color“, *American Journal of Psychology*, LXIV (1951), pp. 216–227.

³ N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), Cap. 1.

pot fi, prin natura situației, mai mult decât atât. Ele evidențiază într-adevăr caracteristici ale percepției care *ar putea* fi de primă importanță pentru dezvoltarea științifică, dar ele nu dovedesc că observația atentă și controlată a cercetătorului posedă aceste caracteristici. În afară de aceasta, însăși natura unor asemenea experimente face imposibilă orice demonstrație directă a acestei idei. Dacă menirea exemplului istoric este să confere relevanță acestor experimente psihologice, trebuie să avem în vedere în primul rând tipurile de dovezi pe care ne putem aștepta sau nu să le ofere istoria.

Subiectul unui experiment gestaltist știe că percepția sa s-a schimbat întrucât o poate modifica într-un sens sau altul în timp ce privește la aceeași carte sau foaie de hârtie. Conștient că nimic din ambianța înconjurătoare nu s-a schimbat, el își poate concentra tot mai mult atenția nu asupra figurii (rață sau iepure), ci asupra liniilor de pe hârtie la care privește. Până la urmă, el poate chiar învăța să vadă aceste linii fără a vedea vreuna din figuri, și ar putea spune atunci (ceea ce nu ar fi putut, în mod justificat, spune mai înainte) că ceea ce vede de fapt sunt linii, pe care însă le vede alternativ *ca* rață sau *ca* iepure. În același sens, subiectul experimentului cu cărți de joc anormale știe (sau, mai exact, poate fi convins) că percepția sa trebuie să se fi modificat deoarece o autoritate exterioară, experimentatorul, îl asigură că, indiferent de ceea ce *a văzut*, el *privea* tot timpul la un cinci negru de cupă. În ambele cazuri, ca și în toate experimentele psihologice asemănătoare, eficacitatea demonstrației depinde de posibilitatea de a o analiza în acest fel. Nu se poate trage nici o concluzie despre posibilități perceptuale alternative, dacă nu există un reper exterior în raport cu care să poată fi dovedită o schimbare a modului de a vedea.

În cazul observației științifice, lucrurile stau însă exact invers. Omul de știință nu poate avea nici un reper deasupra sau dincolo de ceea ce vede cu ochii și instrumentele sale. Dacă ar exista vreo autoritate superioară, prin intermediul căreia să se poată arăta că modul său de a vedea s-a schimbat, atunci acea autoritate ar dovedi, ea însăși, sursa informațiilor sale, iar comportamentul său vizual ar deveni o sursă de probleme (așa cum este, pentru psiholog, cel

al subiectului experimental). Aceleași tipuri de probleme ar apărea dacă omul de știință ar putea să-și „comute” viziunea într-un sens sau altul așa cum o face subiectul experimentelor gestaltiste. Perioada în care lumina era „când undă, când particulă” a fost o perioadă de criză — o perioadă când ceva nu era în regulă — care a luat sfârșit numai odată cu elaborarea mecanicii ondulatorii și cu înțelegerea faptului că lumina este o entitate de sine stătătoare, diferită atât de unde cât și de particule. Așadar, în știință, dacă transformările perceptuale însoțesc schimbările de paradigme, nu ne putem aștepta ca oamenii de știință să ateste direct aceste schimbări. Privind Luna, cel convertit la copernicanism nu va spune: „Înainte eram obișnuit să văd o planetă, iar acum văd un satelit.” Această afirmație ar implica un sens în care sistemul ptolemaic fusese odinioară corect. Dimpotrivă, un convertit la noua astronomie va spune: „Odinioară, am luat (sau am văzut) Luna drept o planetă, dar am greșit!” Acest gen de afirmație re apare în urma revoluțiilor științifice. Dacă ea ascunde de obicei o modificare de viziune științifică, sau vreo altă transformare mentală cu același rezultat, nu ne putem aștepta la o mărturie directă despre această modificare. Mai degrabă, trebuie să căutăm dovezi indirecte și comportamentale că omul de știință dispunând de o nouă paradigmă vede diferit de cum văzuse înainte.

Să ne reîntoarcem deci la fapte și să ne întrebăm ce tipuri de transformări produse în universul omului de știință poate descoperi istoricul care crede în asemenea schimbări. Descoperirea planetei Uranus de către Sir William Herschel ne oferă un prim exemplu, foarte apropiat de experimentul cu cărți de joc anormale. Cel puțin în șaptesprezece ocazii diferite între 1690 și 1781, un număr de astronomi, printre care câțiva dintre cei mai eminente specialiști europeni, văzuseră o stea în diferite poziții despre care presupunem acum că trebuie să fi fost ocupate în acea vreme de Uranus. Unul din cei mai buni observatori din acest grup văzuse de fapt steaua, timp de patru nopți la rând în 1769, fără a înregistra mișcarea ei, ceea ce ar fi putut sugera o altă identificare. Când a observat pentru prima oară același obiect, doisprezece ani mai târziu, Herschel dispunea de un telescop mult îmbunătățit, realizat de el însuși. În consecință, el a putut să observe un disc de o dimensiune cel puțin

neobișnuită la stele. Ceva nu era în regulă, drept care el a amânat identificarea până la o nouă observație. Această nouă observație a dezvăluit traiectoria lui Uranus printre stele, astfel încât Herschel a anunțat că văzuse o nouă cometă! La numai câteva luni, după încercări infructuoase de a corela traiectoria observată cu o orbită de cometă, Lexell a sugerat posibilitatea ca orbita să fie planetară⁴. După ce această sugestie a fost acceptată, universul astronomului profesionist cuprindea mai puține stele și o planetă în plus. Un corp ceresc, observat cu intermitențe vreme de aproape un secol, a fost altfel văzut după 1781 deoarece, așa ca într-un joc de cărți anormale, el nu mai putea fi adaptat categoriilor perceptuale (stea sau cometă) ale paradigmei dominante până atunci.

Transformarea modului de a vedea care le-a permis astronomilor să vadă în Uranus o planetă nu pare însă să fi afectat numai percepția acestui corp ceresc observat mai înainte. Consecințele ei au fost mult mai vaste. Deși nu dispunem de dovezi certe, probabil că schimbarea minoră de paradigmă, impusă de Herschel, i-a pregătit pe astronomi pentru descoperirea rapidă, după 1801, a numeroase planete sau asteroizi minori. Datorită mărimilor lor nesemnificative, aceștia nu indicau acea supradimensionare anormală care îl alarmase pe Herschel. Cu toate acestea, cu ajutorul instrumentelor obișnuite, astronomii pregătiți să găsească noi planete au reușit să identifice douăzeci dintre ele, în primii cincizeci de ani ai secolului trecut⁵. Istoria astronomiei furnizează multe alte exemple de schimbări-induse-de-paradigmă în percepția științifică, unele chiar mai puțin echivoce. Poate fi, de pildă, conceput ca accident faptul că astronomii europeni au văzut o schimbare pe bolta cerească, până atunci imuabilă, de-abia în jumătatea de secol ce a urmat apariției noii paradigme a lui Copernic? Chinezii, ale căror idei cosmologice nu excludeau schimbarea cerească, înregistraseră cu mult înainte apariția pe cer a multor stele noi. De asemenea, chiar fără ajutorul unui telescop, chinezii au

⁴ Peter Doig, *A Concise History of Astronomy* (Londra, 1950), pp. 115–116.

⁵ Rudolph Wolf, *Geschichte der Astronomie* (München, 1877), pp. 513–515, 683–693. De notat, îndeosebi cât de greu îi vine lui Wolf să explice aceste descoperiri ca o consecință a legii lui Bode.

înregistrat sistematic apariția petelor pe soare, cu secole înainte ca ele să fie remarcate de Galilei și contemporanii săi⁶. Dar petele pe soare sau noile stele nu au fost singurele exemple de schimbare produsă pe cerul astronomiei europene imediat după Copernic. Folosind instrumente tradiționale, unele nu mai complicate decât o bucată de sfoară, astronomii din ultimele decenii ale secolului al șaisprezecelea au stabilit, în repetate rânduri, că cometele vagabondează după voie prin spațiul rezervat până atunci planetelor și stelelor imuabile⁷. Însăși ușurința și rapiditatea cu care astronomii au văzut lucruri noi privind la obiecte vechi cu instrumente vechi ne determină să spunem că, după Copernic, astronomii au trăit într-o lume diferită. În orice caz, cercetarea lor reacționa ca și cum lucrurile ar fi stat astfel.

Exemplele precedente au fost alese din astronomie întrucât relațiile observațiilor astronomice sunt frecvent redacte într-un vocabular conținând termeni observaționali relativ puri. Numai în asemenea relații putem spera să găsim ceva asemănător unui paralelism deplin între observațiile oamenilor de știință și cele ale subiecților experimentelor psihologice. Dar nu trebuie să insistăm asupra unui paralelism atât de deplin și vom avea mult de câștigat relaxând criteriile noastre. Dacă ne putem mulțumi cu înțelesul cotidian al verbului „a vedea”, putem recunoaște cu ușurință că am mai întâlnit multe alte exemple de modificări în percepția științifică, însoțind schimbările de paradigme. Înțelesul largit al termenilor „percepție” și „a vedea” va necesita în curând o argumentare explicită, dar mai întâi să ilustrăm aplicarea lui în practică.

Să considerăm din nou două din exemplele noastre anterioare din istoria electricității. În cursul secolului al șaptesprezecelea, când cercetarea lor era ghidată de una sau alta dintre teoriile fluidului imaterial, „electricienii” au văzut de nenumărate ori bucățele de hârtie ricoșând din — sau căzând de pe — corpurile încărcate electric, care le atrăseseră. Cel puțin aceasta este ceea ce ei spuneau

⁶ Joseph Needham, *Science and Civilization in China*, III (Cambridge 1959), pp. 423–429, 434–436.

⁷ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 206–209.

că văzuseră și nu avem mai multe motive să ne îndoim de relațiile lor observaționale decât de ale noastre. Pus în fața aceleiași situații, un observator modern ar vedea aici respingerea electrostatică (mai degrabă decât un recul mecanic sau gravitațional), dar, istoric și cu o singură excepție universal ignorată, respingerea electrostatică nu a fost văzută ca atare până când aparatul lui Hauksbee nu i-a amplificat substanțial efectele. Respingerea după electrizarea prin contact era însă numai unul din multele efecte de respingere văzute de Hauksbee. Datorită cercetărilor sale, asemenea unei mutații de *gestalt*, respingerea a devenit deodată manifestarea *fundamentală* a electricității, rămânând ca atracția să fie cea care trebuia explicată⁸. Fenomenele electrice vizibile la începutul secolului al optsprezecelea erau nu numai mai subtile, dar și mai variate decât cele văzute de cercetători în secolul precedent. La fel, după asimilarea paradigmei lui Franklin, privind la o butelie de Leyda, cercetătorul vedea ceva diferit de ceea ce a văzut înainte. Aparatul devenise un condensator, pentru care forma de butelie sau sticlă nu mai erau necesare. În schimb, cele două straturi conducătoare (dintre care unul nu făcuse parte din aparatul inițial) au căpătat o importanță deosebită. Așa cum atestă, treptat, discuțiile scrise și reprezentările grafice, două plăci metalice cu un non-conductor între ele deveniseră prototipul genului⁹. În același timp, alte efecte inductive erau descrise într-un mod nou, iar altele erau observate pentru prima oară.

Modificări asemănătoare întâlnim nu numai în astronomie și electricitate. Am remarcat câteva transformări similare ale modului de a vedea, extrase din istoria chimiei. Spuneam că Lavoisier a văzut oxigen acolo unde Priestley văzuse aer deflogisticat și unde alții nu văzuseră nimic. Dar învățând să vadă oxigen, Lavoisier a trebuit de asemenea să-și schimbe concepția despre multe alte substanțe mai familiare. De pildă, a trebuit să vadă un minereu compus acolo unde Priestley și contemporanii săi văzuseră un

⁸ Duane Roller și Duane H. D. Roller. *The Development of the Concept of Electric Charge* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 21–29.

⁹ Vezi discuția din secțiunea VII și literatura la care se face trimitere acolo în nota 9.

pământ elementar; și multe altele. În ultimă instanță, ca urmare a descoperirii oxigenului, Lavoisier a văzut natura în mod diferit. Iar în lipsa vreunui acces direct la acea natură ipotetic imuabilă pe care o „vedea diferit”, principiul economiei ne îndeamnă să spunem că, după descoperirea oxigenului, Lavoisier a lucrat într-o lume diferită.

Voi examina îndată posibilitatea de a evita această formulare ciudată, dar mai întâi vom mai apela la un exemplu de folosire a ei, de astă dată extras dintr-una din cele mai cunoscute părți ale operei lui Galilei. Din Antichitate încă, majoritatea oamenilor observaseră că un corp greu, atârnat de o sfoară sau un lanț, oscila dintr-o parte în alta până când ajungea în repaus. Pentru aristotelicieni, care credeau că un corp greu este mișcat de propria sa natură dintr-o poziție mai înaltă spre una mai joasă, unde atinge starea de repaus natural, un corp oscilând era pur și simplu un corp căzând cu dificultate. Constrâns de lanț, corpul putea ajunge în repaus, în punctul său cel mai de jos, numai după o mișcare sinuoasă și un timp considerabil. Pe de altă parte, privind la un corp oscilând, Galilei vedea un pendul, un corp care reușea aproape să repete aceeași mișcare, mereu și mereu, *ad infinitum*. Și văzând toate acestea, Galilei a mai observat și alte proprietăți ale pendulului, construind, pe baza lor, multe dintre cele mai semnificative și originale părți ale noii sale dinamici. Din proprietățile pendulului, Galilei a derivat, de pildă, singurele sale argumente complete și corecte în favoarea independenței greutății și a vitezei de cădere, ca și a relației dintre înălțimea verticală și viteza finală a mișcărilor pe plan înclinat¹⁰. Toate aceste fenomene naturale el le-a văzut diferit de felul cum au fost văzute înainte.

De ce a apărut această schimbare în modul de a vedea? Firește, datorită geniului lui Galilei. Dar să notăm că geniul nu se manifestă aici în observarea mai precisă sau mai obiectivă a corpului care oscilează. Descriptiv, percepția aristotelică este la fel de precisă. Când Galilei a anunțat că perioada pendulului este independentă de amplitudine, pentru amplitudini de 90°, concepția sa despre

¹⁰ Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, trad. H. Crew și A. de Salvio (Evanston, III, 1946), pp. 80–81, 162–166.

pendul l-a făcut să vadă aici o mult mai mare regularitate decât putem descoperi noi acum¹¹. Mai degrabă, aici pare să fi fost implicată exploatarea de către geniu a posibilităților perceptuale disponibile în urma schimbării unei paradigme medievale. Galilei nu a fost într-un totu educat ca un aristotelician. Dimpotrivă, el a fost pregătit să analizeze mișcarea în termenii teoriei impulsului (*impetus*), o paradigmă medievală târzie care susținea că mișcarea continuă a unui corp greu se datorează unei puteri interne, sădite în el de cel care l-a pus inițial în mișcare. Jean Buridan și Nicole d'Oresme, scolasticiii secolului al patrusprezecelea care au dat teoriei impulsului cele mai perfecte formulări, sunt primii oameni despre care se știe că au văzut în mișcarea oscilatorie tot ceea ce a văzut și Galilei. Buridan descrie oscilația unei corzi vibrante ca fiind mișcarea imprimată inițial de un impuls cauzat de lovirea corzii; impulsul se pierde imediat, mișcând coarda împotriva rezistenței tensiunii sale; tensiunea duce apoi coarda înapoi, imprimându-i un impuls sporit până când este atinsă jumătatea distanței; după aceea impulsul deplasează coarda în direcția opusă din nou împotriva tensiunii ei și așa mai departe, într-un proces simetric care poate continua indefinit. Mai târziu, în cursul aceluiași secol, d'Oresme avea să schițeze o analiză similară a unei pietre în oscilație în cadrul a ceea ce ne apare acum ca fiind prima tratare a pendulului¹². Concepția sa este neîndoiește foarte apropiată de cea cu care Galilei a abordat, pentru prima oară, pendulul. Cel puțin în cazul lui d'Oresme, și aproape sigur în cel al lui Galilei, era vorba de o concepție care a devenit posibilă prin tranziția de la paradigma aristotelică inițială la cea scolastică a mișcării prin impuls. Până la inventarea acelei paradigme scolastice, pentru omul de știință nu existau pendule, ci numai corpuri în oscilație. Pendulele au căpătat existență prin ceva foarte asemănător unei transformări de *gestalt* induse-de-paradigmă.

Trebuie oare, într-adevăr, să concretizăm ceea ce îl separă pe Galilei de Aristotel, sau pe Lavoisier de Priestley, ca fiind o

¹¹ *Ibidem*, pp. 91–94, 244.

¹² M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Madison Wis., 1959), pp. 537–538, 570.

transformare de viziune? Au văzut într-adevăr acești oameni lucruri diferite privind la aceleași obiecte? Există vreun sens în care putem spune în mod legitim că își întreprindeau cercetările în lumi diferite? Sunt probleme care nu mai pot fi amânate, pentru că există în mod evident un alt mod, mult mai uzual, de a descrie exemplele istorice schițate mai sus. Mulți cititori vor prefera desigur să spună că ceea ce se schimbă odată cu o paradigmă este numai interpretarea dată de omul de știință observațiilor, care ele însele sunt fixate o dată pentru totdeauna prin natura mediului înconjurător și a aparatului perceptual. Potrivit acestei concepții, atât Lavoisier cât și Priesley au văzut oxigen, dar și-au interpretat diferit observațiile; atât Aristotel cât și Galilei au văzut pendule, deosebindu-se însă în interpretările date celor văzute.

Voi spune de la bun început că această concepție foarte obișnuită despre ceea ce se întâmplă când oamenii de știință își schimbă părerile în probleme fundamentale nu poate fi întru totul eronată, după cum nu poate fi nici o simplă greșeală. Mai curând, este o parte esențială a unei paradigme filozofice inițiate de Descartes și dezvoltată în aceeași vreme cu dinamica newtoniană. Această paradigmă a slujit la fel de bine științei cât și filozofiei. Exploatarea ei, ca și a dinamicii înseși, a avut ca rezultat o înțelegere fundamentală la care nu s-ar fi ajuns, poate, pe o altă cale. Dar așa cum arată și exemplul dinamicii newtoniene, chiar și cel mai uluitor succes din trecut nu oferă nici o garanție că criza poate fi amânată la infinit. Cercetările de astăzi în domenii ale filozofiei, psihologiei, lingvisticii și chiar ale istoriei artei converg, toate, în a sugera că paradigma tradițională este oarecum eronată. Această nepotrivire este, de asemenea, tot mai puternic evidențiată de studiul istoric al științei care ne preocupă cel mai mult aici.

Nici unul din aceste domenii generatoare de criză nu a produs încă o alternativă viabilă la paradigma epistemologică tradițională, dar ele încep să contureze unele din caracteristicile acestei alternative. Sunt, de pildă, perfect conștient de dificultățile care apar atunci când afirmăm că, privind la corpuri în oscilație, Aristotel vede o cădere forțată iar Galilei un pendul. Aceleași dificultăți sunt expuse într-o formă și mai critică de primele fraze ale acestei secțiuni: deși lumea nu se schimbă odată cu o schimbare de

paradigmă, după aceea omul de știință lucrează într-o lume diferită. Totuși, sunt convins că trebuie să învățăm să dăm un sens unor asemenea afirmații. Ceea ce se întâmplă într-o revoluție științifică nu poate fi redus în întregime la o reinterpretare a unor date individuale și stabile. În primul rând, datele nu sunt absolut stabile. Un pendul nu este o piatră în cădere, tot așa cum oxigenul nu este aer deflogisticat. Prin urmare, datele pe care oamenii de știință le culeg din aceste obiecte diverse sunt, cum vom vedea imediat, ele însele diferite. Mai important este faptul că procesul prin care individul sau comunitatea face trecerea de la căderea forțată la pendul sau de la aerul deflogisticat la oxigen nu seamănă cu ceea ce se numește o interpretare. Și cum ar putea să semene în lipsa datelor stabile pe care să le interpreteze omul de știință? Omul de știință care adoptă o nouă paradigmă este mai curând un om care poartă lentile inversante decât un om care interpretează. Aflat în fața aceleiași constelații de obiecte ca și mai înainte și conștient de acest lucru, omul de știință le găsește totuși profund modificate în multe din detaliile lor.

Nici una din aceste remarci nu are menirea să indice că oamenii de știință nu interpretează în mod obișnuit observații și date. Dimpotrivă, Galilei a interpretat observațiile asupra pendulului, Aristotel — observațiile asupra corpurilor în cădere, Musschenbroek — observațiile asupra unei sticle încărcate electric, iar Franklin — observațiile asupra condensatorului. Dar fiecare din aceste interpretări presupunea o paradigmă. Ele erau părți ale științei normale, o întreprindere care, cum am văzut, vizează să perfecționeze, să extindă și să articuleze o paradigmă deja existentă. Secțiunea a III-a ne-a oferit multe exemple în care interpretarea juca un rol central. Acele exemple sunt tipice pentru majoritatea covârșitoare a cercetărilor științifice. În fiecare din ele, în virtutea unei paradigme acceptate, omul de știință știa ce era un fapt, ce instrumente puteau fi folosite pentru a-l reconstitui și ce concepte erau relevante pentru interpretarea sa. Fiind dată o paradigmă, interpretarea datelor este esențială pentru explorarea lor.

Dar această întreprindere interpretativă poate numai să articuleze, nu și să corecteze o paradigmă. Paradigmele nu sunt nicidecum corigibile de către știința normală. În schimb, cum am

putut vedea, știința normală duce în ultimă instanță la recunoașterea anomaliilor și la criză. Iar acestea iau sfârșit nu prin deliberare și interpretare, ci printr-un eveniment relativ brusc și nestructurat, asemănător unei transformări de *gestalt*. În astfel de cazuri, oamenii de știință pomenesc adesea de „un vâl care se ridică de pe ochi” sau de o „străfulgerare” care „luminează” un *puzzle* până atunci obscur, îngăduind componentelor sale să fie văzute într-un chip nou care, pentru prima oară, permite rezolvarea sa. În alte ocazii, iluminarea relevantă vine în somn¹³. Nici un sens obișnuit al termenului „interpretare” nu corespunde acestor sclipiri de intuiție prin care se naște o nouă paradigmă. Deși aceste intuiții depind de experiență, atât de cea neobișnuită cât și de cea uzuală, câștigată cu vechea paradigmă, ele nu sunt logic sau fragmentar legate de elemente particulare ale acelei experiențe, cum se întâmplă în cazul interpretării. Dimpotrivă, ele concentrează largi porțiuni ale experienței, pe care le transformă într-un flux experiențial diferit, corelat apoi fragmentar noii paradigme, dar nu și celei vechi.

Pentru a afla mai multe despre ceea ce pot fi diferențele în experiență, să ne reîntoarcem, pentru moment, la Aristotel, Galilei și la pendul. Ce date devin accesibile fiecăruia din ei prin interacțiunea dintre paradigmele lor diferite și același mediu înconjurător? Observând căderea forțată, aristotelicienii vor măsura (sau cel puțin discuta, căci aristotelicienii nu prea măsurau) greutatea pietrei, înălțimea verticală la care a fost ridicată și timpul necesar pentru a ajunge în repaus. Împreună cu rezistența mediului, acestea erau categoriile conceptuale pe care le folosea știința aristotelică, atunci când avea de-a face cu un corp în cădere¹⁴. Cercetarea normală ghidată de ele nu ar fi putut produce legile pe care le-a descoperit Galilei. Ea ar fi putut numai, ceea ce a și

¹³ Jacques Hadamard, *Subconscient, intuition et logique dans la recherche scientifique* (Conférence faite au Palais de la Découverte le 8 Décembre 1945 [Alençon, n. d.]), pp. 7–8. O expunere mai cuprinzătoare, deși exclusiv restrânsă la inovația matematică, este lucrarea aceluiași autor, *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* (Princeton, 1949).

¹⁴ T. S. Kuhn, „A Function for Thought Experiments”, în *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton și I. B. Cohen, Hermann (Paris, 1963).

făcut pe o altă cale, să ducă la o serie de crize, din care a apărut concepția lui Galilei despre pendul. Ca rezultat al acelor crize și al altor mutații intelectuale, Galilei a văzut oscilația corpurilor cu totul diferit. Cercetările lui Arhimede asupra corpurilor plutitoare au făcut mediul neesențial; teoria impulsului a dat mișcării simetrie și durată; iar neoplatonismul a îndreptat atenția lui Galilei către forma circulară a mișcării¹⁵. El a măsurat, așadar, numai greutatea, raza, deplasarea unghiulară și timpul unei pendulări — adică, tocmai datele care puteau fi interpretate pentru a da legile galileene ale pendulului. În aceste condiții, interpretarea s-a dovedit a fi aproape inutilă. Date fiind paradigmele lui Galilei, regularitățile de tipul pendulului erau aproape accesibile simplei observații. Cum am putea altfel explica descoperirea lui Galilei că perioada pendulului este într-un tot independentă de amplitudine, o descoperire pe care știința normală provenită de la Galilei a trebuit s-o înlăture și pe care astăzi n-o putem argumenta. Regularitățile care nu ar fi putut exista pentru un aristotelician (și care, de fapt, nu sunt nicăieri întocmai exemplificate de natură) erau consecințe ale experienței imediate pentru cel care a văzut un corp oscilând așa cum l-a văzut Galilei. Poate acest exemplu este prea fantezist, deoarece aristotelicienii n-au înregistrat nici o discuție asupra oscilației corpurilor. Potrivit paradigmei lor, fenomenul era extraordinar de complex. Dar aristotelicienii au discutat cazul mai simplu, al corpurilor căzând fără să fie supuse unei forțe neobișnuite, și se observă aceleași diferențe de viziune. Urmărind o piatră în cădere, Aristotel vedea mai degrabă o schimbare de stare decât un proces. Pentru el, măsurile relevante ale unei mișcări erau deci distanța totală parcursă și timpul total scurs — parametrii care dau ceea ce numim astăzi nu viteză ci viteză medie¹⁶. La fel, întrucât piatra era împinsă de natura ei să-și atingă punctul final de repaus, Aristotel vedea parametrul distanței relevante, în orice moment din timpul mișcării, mai degrabă ca distanța *până la* punctul final

¹⁵ A. Koyré, *Études Galiléennes* (Paris, 1939), I, pp. 46–51; și „Galileo and Plato”, *Journal of the History of Ideas*, IV (1943), pp. 400–428.

¹⁶ Kuhn, *op. cit.*

de repaus decât *de la* originea mișcării¹⁷. Acești parametri conceptuali fundamentează și dau sens majorității bine cunoscutele sale „legi de mișcare”. În parte însă, datorită paradigmei impulsului și, în parte, datorită unei doctrine a așa-numitei latitudini a formelor, critica scolastică a schimbat acest mod de a concepe mișcarea. O piatră mișcată de impuls câștigă tot mai mult impuls pe măsură ce se îndepărtează de punctul ei de plecare; așadar mai degrabă distanța *de la* decât distanța *până la* devine parametrul relevant. În plus, noțiunea aristotelică de viteză a fost „bifurcată” de către scolastici în concepte care, după Galilei, aveau să devină viteza medie și viteza instantanee. Văzute însă prin paradigma din care făceau parte aceste concepte, piatra în cădere ca și pendulul își expuneau aproape la vedere legile ce le guvernează. Galilei nu a fost unul dintre primii care au avansat ideea că corpurile cad într-o mișcare uniform accelerată¹⁸. El a elaborat principiul acestei mișcări și al multora din consecințele lui înainte de a fi făcut experimente cu un plan înclinat. Acest principiu era numai unul dintr-o rețea de noi regularități, accesibile geniului dintr-o lume determinată în aceeași măsură de natură și de paradigmele în care fuseseră formați Galilei și contemporanii săi. Trăind în acea lume, Galilei putea totuși, când voia, să explice de ce Aristotel văzuse ceea ce văzuse. Cu toate acestea, conținutul imediat al experienței lui Galilei cu corpurile în cădere nu era același cu al experienței lui Aristotel.

Firește nu este deloc clar de ce trebuie să acordăm atâta atenție „experienței imediate” — caracteristicilor perceptuale într-atât evidențiate de o paradigmă încât își trădează regularitățile aproape la o primă privire. Aceste caracteristici trebuie evident să se schimbe împreună cu aderența omului de știință la o paradigmă sau alta; dar ele sunt departe de a fi ceea ce avem de obicei în minte când ne referim la datele sau experiențele brute de la care se presupune că pleacă cercetarea științifică. Poate că, fiind fluidă și instabilă, experiența imediată ar trebui lăsată deo-

¹⁷ Koyré, *Études...*, II, pp. 7–11.

¹⁸ Clagett, *op. cit.* Cap. 4, 6 și 9.

parte, pentru a discuta în schimb operațiile și măsurătorile concrete pe care le efectuează omul de știință în laboratorul său. Sau poate că analiza ar trebui dusă mai departe de datul nemijlocit. Ea ar putea fi, de pildă, întreprinsă în termenii unui limbaj observațional neutru — poate unul proiectat să corespundă impresiilor retinei care mediază ceea ce vede omul de știință. Numai pe una din aceste căi putem spera să regăsim un tărâm în care experiența să fie din nou stabilă, o dată pentru totdeauna, în care pendulul și căderea forțată să nu fie percepții diferite, ci mai degrabă interpretări diferite ale datelor neechivoce furnizate de observarea unui corp în oscilație.

Dar este experiența senzorială fixă și neutră? Sunt teoriile simple interpretări ale unor anumite date? Punctul de vedere epistemologic care a orientat cel mai adesea, vreme de trei secole, filozofia occidentală reclamă un imediat și limpede: da! În lipsa unei alternative mature, mi se pare imposibil să renunțăm cu totul la această concepție. Dar ea nu mai funcționează efectiv, iar încercările de a-i reda eficacitatea prin introducerea unui limbaj observațional neutru mi se par acum lipsite de perspective.

Operațiile și măsurătorile efectuate de omul de știință în laborator nu reprezintă „ceea-ce-este-dat” în experiență, ci mai curând „ceea-ce-este-adunat-cu-dificultate”. Ele nu sunt ceea ce vede omul de știință — cel puțin nu înainte ca cercetarea sa să fie foarte înaintată, iar atenția sa bine concentrată; mai degrabă, ele sunt indici concreți ai conținutului unor percepții mai elementare și, ca atare, sunt alese și supuse examenului atent al științei normale numai pentru că promit o elaborare fructuoasă a paradigmei acceptate. Mult mai evident decât experiența imediată din care provin în parte, operațiile și măsurătorile sunt determinate de paradigmă. Știința nu efectuează toate operațiile posibile de laborator. Ea alege în schimb numai pe cele relevante zonei de intersecție dintre o paradigmă și experiența imediată pe care acea paradigmă a determinat-o parțial. În consecință, oamenii de știință cu diferite paradigme se angajează în operații de laborator diferite. Măsurătorile de efectuat asupra unui pendul nu sunt relevante și în cazul căderii forțate. La fel cum operațiile relevante pentru

elucidarea proprietăților oxigenului nu sunt întotdeauna identice cu cele necesare investigării caracteristicilor aerului deflogisticat.

În ceea ce privește un limbaj observațional pur, nu este exclus să poată fi creat unul. Dar, la trei secole după Descartes, speranța noastră într-o asemenea posibilitate depinde încă exclusiv de o teorie a percepției și intelectului. Iar experimentele psihologice moderne creează cu repeziciune o abundență de fenomene cărora o asemenea teorie cu greu le mai poate face față. Experimentul cu rața și iepurele arată că doi oameni, cu aceleași impresii retinale, pot vedea lucruri diferite; experimentul cu lentilele inversante arată că doi oameni, cu impresii retinale diferite, pot vedea același lucru. Psihologia furnizează nenumărate alte dovezi în acest sens, iar îndoielile pe care acestea le generează sunt confirmate de istoria încercărilor de a evidenția un limbaj real al observațiilor. Nici o încercare curentă în această direcție nu a reușit până acum să se apropie de un limbaj general aplicabil al percepțiilor pure. Iar încercările cele mai reușite au o caracteristică comună care confirmă cu pregnanță câteva din principalele teze ale acestui eseu. De la bun început, ele presupun o paradigmă, preluată fie dintr-o teorie științifică curentă, fie dintr-o porțiune a discursului cotidian, din care încearcă apoi să elimine toți termenii nonlogici și nonperceptuali. În câteva zone de discurs, aceste încercări au mers foarte departe, obținându-se rezultate fascinante. Nu încapă nici o îndoială că asemenea eforturi merită să fie continuate. Dar ele au ca rezultat un limbaj care — asemenea celor folosite în știință — încorporează o mulțime de așteptări despre natură și care nu mai poate funcționa în momentul în care aceste așteptări sunt înșelate. Nelson Goodman subliniază tocmai acest aspect când enunță scopul cărții sale *The Structure of Appearance*: „Din fericire nu este vorba de nimic altceva [decât de fenomene cunoscute că există]; căci ideea de cazuri «posibile», de cazuri care nu există dar ar fi putut exista, este departe de a fi clară”¹⁹. Nici un limbaj

¹⁹ N. Goodman, *The Structure of Appearance* (Cambridge, Mass., 1951), pp. 4–5. Pasajul merită citat mai pe larg: „Dacă acei și numai acei locuitori din Wilmington care în 1947 cântăresc între 175 și 180 de pfunzi au părul roșu, atunci expresiile «locuitorul cu părul roșu din Wilmington în 1947»

astfel limitat la descrierea unei lumi integral cunoscute dinainte nu poate produce simple descrieri neutre și obiective ale „datului”. Investigația filozofică nu ne-a dat încă nici cea mai mică idee de cum va arăta un limbaj capabil de asemenea performanțe.

În aceste condiții, putem cel puțin bănuși că oamenii de știință au dreptate, în principiu ca și în practică, atunci când tratează oxigenul și pendulele (și poate, de asemenea, atomii și electronii) ca părți constitutive fundamentale ale experienței lor imediate. Ca rezultat al experienței rasei, culturii și, în sfârșit, al profesiei, experiență încorporată-în-paradigme, lumea omului de știință a ajuns să fie populată cu planete și pendule, condensatori și minereuri compuse precum și cu alte asemenea entități. Comparate cu aceste obiecte ale percepției, atât citirea măsurătorilor cât și impresiile retinale sunt constructe elaborate la care experiența are acces direct numai când omul de știință, din rațiuni particulare ale cercetării, facilitează acest proces. Nu înseamnă că pendulele, de pildă, ar fi singurele obiecte pe care le poate vedea omul de știință când privește la un corp în oscilație. (Am notat deja că membrii unei alte comunități științifice pot vedea, în acest caz, o cădere forțată.) Dar omul de știință care privește la un corp ce oscilează nu poate avea nici o experiență care să fie, în principiu, mai elementară decât imaginea unui pendul. Alternativa nu este o viziune ipotetică „fixă”, ci o viziune printr-o altă paradigmă, în care corpul în oscilație este altceva.

Toate acestea pot părea mai rezonabile dacă ne reamintim că nici oamenii de știință nici profanii nu învață să vadă lumea fragmentar sau bucată cu bucată. Exceptând cazul în care toate categoriile conceptuale și instrumentale sunt pregătite dinainte — de pildă, pentru a descoperi un nou element transuranian sau pentru

și «locuitorul din Wilmington în 1947 cântărind între 175 și 180 de pfunzi» pot fi alăturate într-o definiție construcțională... Întrebarea dacă ar fi putut exista cineva căruia să i se aplice unul dar nu și celălalt dintre aceste predicate nu are nici un sens... de îndată ce am stabilit că nu există o asemenea persoană... Din fericire, nu este vorba de nimic altceva, căci noțiunea de cazuri «posibile», de cazuri care nu există dar ar fi putut să existe, este departe de a fi clară.”

a zări o casă nouă — atât oamenii de știință cât și profanii desprind porțiuni întregi din fluxul experienței lor. Copilul care transferă cuvântul „mamă“ de la toți oamenii la toate femeile și apoi la mama sa nu învață numai ce înseamnă „mamă“ sau cine este mama sa. În același timp, el învață unele din diferențele dintre bărbați și femei, ca și ceva despre felul în care numai o singură femeie din toate se va comporta față de el. Reacțiile, așteptările și convingerile sale — de fapt, o mare parte din lumea pe care o percepe — se vor schimba în mod corespunzător. În același sens, copernicianii care negau Soarelui denumirea sa tradițională de „planetă“ nu învățau numai ce înseamnă „planetă“ sau ce este Soarele. Ei modificau semnificația „planetei“ astfel încât acest termen să poată continua să facă distincții utile într-un univers în care toate corpurile cerești, nu numai Soarele, erau văzute diferit de cum fuseseră văzute înainte. Aceeași caracterizare poate fi aplicată oricărui dintre exemplele noastre anterioare. A vedea oxigen în loc de aer deflogisticat, condensator în loc de butelie de Leyda, sau pendul în loc de cădere forțată a fost numai o parte a unei mutații integrale produse în viziunea omului de știință despre numeroase fenomene chimice, electrice sau dinamice înrudite. Paradigmele determină, în același timp, vaste arii de experiență.

Totuși numai după ce experiența a fost astfel determinată, poate începe căutarea unei definiții operaționale sau a unui limbaj observațional pur. Oamenii de știință sau filozoful, care se întreabă ce măsurători sau impresii retiniene fac ca pendulul să fie ceea ce este, trebuie să fie deja în stare să recunoască un pendul când îl vede. Dacă vedea în loc de pendul căderea forțată, întrebarea sa nu putea fi nici măcar pusă. Iar dacă vedea un pendul dar în același fel în care vedea un diapazon sau un cântar oscilând, întrebarea sa nu putea primi un răspuns. Sau, cel puțin nu putea primi același răspuns, întrucât nu ar fi fost aceeași întrebare. Așadar, deși sunt întotdeauna legitime iar, uneori, extrem de fructuoase, întrebările despre impresiile retiniene sau despre consecințele unor anumite operații de laborator presupun o lume clasificată deja perceptual și conceptual într-un anumit fel. Într-un sens, astfel de întrebări sunt părți ale științei normale pentru că depind de existența

unei paradigme și primesc diferite răspunsuri ca urmare a schimbării paradigmei.

Pentru a încheia această secțiune, să lăsăm la o parte impresiile retiniene și să ne concentrăm din nou atenția asupra operațiilor de laborator care îi furnizează omului de știință indicii concrete, deși fragmentare, a ceea ce a văzut deja. Am mai notat, de câteva ori, una din căile prin care asemenea operații de laborator se modifică odată cu paradigmele. După o revoluție științifică, multe măsurători și operații vechi devin irelevante și sunt înlocuite cu altele. Un chimist nu aplică aceleași teste oxigenului ca și aerului deflogisticat. Dar asemenea schimbări nu sunt niciodată totale. Orice ar putea vedea atunci, omul de știință privește totuși, după o revoluție, la aceeași lume. Apoi, deși putea să le fi folosit diferit înainte, o bună parte din limbajul său și majoritatea instrumentelor sale de laborator sunt încă aceleași ca și mai înainte. În consecință, știința postrevoluționară cuprinde invariabil multe din aceleași operații, efectuate cu aceleași instrumente și descrise în aceiași termeni ca și predecesoarea ei prerevoluționară. Dacă totuși aceste operații durabile s-au schimbat în cele din urmă, schimbarea trebuie să rezide fie în relația lor față de paradigmă, fie în rezultatele lor concrete. Voi sugera acum, prin introducerea unui ultim nou exemplu, că întâlnim ambele aceste tipuri de schimbări. Examinând opera lui Dalton și a contemporanilor săi, vom descoperi că una și aceeași operație, aplicată naturii printr-o paradigmă diferită, poate deveni un indiciu al unui aspect cu totul diferit al regularității naturii. În plus, vom vedea că uneori vechea operație, în noul ei rol, va duce la rezultate concrete diferite.

O bună parte din secolele al optsprezecelea și al nouăsprezecelea, aproape toți chimiștii europeni au crezut că atomii elementari, din care erau compuse toate speciile chimice, sunt uniți prin forțe de afinitate mutuală. Astfel, o bucată de argint își menținea coeziunea datorită forțelor de afinitate dintre particulele de argint (până după Lavoisier se credea că aceste particule erau ele însele compuse din particule și mai elementare). Potrivit aceleiași teorii, argintul se dizolva în acid (sau sarea în apă) pentru că particulele de acid le atrăgeau pe cele de argint (sau particulele de apă pe cele de sare) mai puternic decât se atrăgeau între ele

particulele acestor solvenți. De asemenea, cuprul se dizolva într-o soluție de argint și precipita argintul pentru că afinitatea acidului pentru cupru era mai mare decât cea pentru argint. Multe alte fenomene erau explicate în același fel. În secolul al optsprezecelea, teoria afinității electivă era o paradigmă chimică admirabilă, larg și uneori fructuos aplicată în proiectarea și analiza experimentelor chimice²⁰.

Dar teoria afinității trasa o linie de demarcație care separa amestecurile fizice de compuși chimici într-un mod care a devenit neobișnuit după asimilarea ideilor lui Dalton. Chimistii secolului al optsprezecelea recunoșteau două feluri de procese. Când amestecul producea căldură, lumină, efervescență sau ceva asemănător, se credea că a avut loc combinarea chimică. Dacă, pe de altă parte, particulele din amestec puteau fi distinse cu ochiul sau separate mecanic, se credea că avusese loc numai un amestec fizic. Dar într-un foarte mare număr de cazuri intermediare — sare în apă, aliaje, sticlă, oxigen în atmosferă și altele — aceste criterii primitive nu erau de prea mult folos. Ghidați de paradigma lor, cei mai mulți dintre chimiști concepeau această zonă intermediară ca fiind chimică, deoarece procesele ei constitutive erau, toate, guvernate de aceleași forțe. Sarea în apă sau oxigenul în azot erau în aceeași măsură exemple de combinații chimice ca și combinația produsă prin oxidarea cuprului. Argumentele în sprijinul conceperii soluțiilor ca compuși erau foarte puternice. Însăși teoria afinității era bine confirmată. În plus, formarea unui compus explica omogenitatea observată la soluții. De pildă, dacă oxigenul și azotul erau numai amestecate și nu combinate în atmosferă, atunci gazul mai greu, oxigenul, trebuia să se lase în jos. Dalton, care considera atmosfera un amestec, nu a reușit niciodată să explice satisfăcător de ce nu se întâmplă acest fenomen. Asimilarea teoriei sale atomice a creat până la urmă o anomalie acolo unde, înainte, nu fusese nici una²¹.

²⁰ H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930), pp. 34–68.

²¹ *Ibidem*, pp. 124–129, 139–148. Pentru Dalton, vezi Leonard K. Nash, *The Atomic-Molecular Theory* („Harvard Case Histories in Experimental Science“, Case 4; Cambridge, Mass., 1950), pp. 14–22.

Cineva poate fi tentat să spună că chimiștii care concepeau soluțiile ca compuși se deosebeau de urmașii lor numai în privința unei definiții. Într-un sens, s-ar putea să fi fost așa. Dar acest sens nu este cel care conferă definițiilor o simplă funcție convențională. În secolul al optsprezecelea, amestecurile nu erau într-un totu distinse de compuși prin teste operaționale și probabil că nici nu puteau fi. Chiar dacă chimiștii încercau să găsească asemenea teste, ei ar fi căutat criterii care să facă din soluție un compus. Determinația amestec–compus făcea parte din paradigma lor, din modul în care își concepeau întregul domeniu de cercetare și, ca atare, ea era anterioară oricărui test particular de laborator, deși nu era anterioară ansamblului experienței acumulate a chimiștilor.

Dar în vreme ce chimia era concepută astfel, fenomenele chimice ilustrau legi diferite de cele apărute odată cu asimilarea noii paradigme a lui Dalton. În particular, în vreme ce soluțiile rămăneau compuși, nici o cantitate de experiențe chimice nu ar fi putut produce, de la sine, legea proporțiilor fixe sau definite. La sfârșitul secolului al optsprezecelea, se știa că *unii* compuși conțineau în mod obișnuit elemente în proporții fixe de greutate. Pentru unele tipuri de reacții, chimistul german Richter observase chiar și alte regularități, cuprinse acum în legea echivalențelor chimice²². Dar nici un chimist nu a folosit aceste regularități, decât în rețete, și până aproape de sfârșitul secolului nici unul nu s-a gândit să le generalizeze. Date fiind contraexemplele evidente, precum sticla sau sarea în apă, nu era posibilă nici o generalizare fără abandonarea teoriei afinității și reconceptualizarea granițelor domeniului chimiei. Această consecință a devenit explicită, chiar la sfârșitul secolului, într-o celebră controversă dintre chimiștii francezi Proust și Berthollet. Primul pretindea că toate reacțiile chimice au loc în proporții fixe, iar celălalt nega acest lucru. Fiecare a adunat dovezi experimentale impresionante în sprijinul concepției sale. Totuși era vorba inevitabil de un dialog între surzi, controversa lor fiind cu totul neconcludentă. Acolo unde Berthollet vedea un compus care putea varia în proporție, Proust vedea numai un amestec

²² J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed.; Londra, 1951), pp. 161–163.

fizic²³. Nici experimentele, nici o schimbare de convenție definițională nu puteau fi relevante în această problemă. Între cei doi chimiști era o neînțelegere la fel de fundamentală precum fusese cea dintre Galilei și Aristotel.

Aceasta era situația în anii în care John Dalton a întreprins cercetările care aveau, în final, să-l ducă la faimoasa sa chimie atomică. Dar până la ultimele stadii ale acestei cercetări, Dalton nu a fost nici chimist nici interesat de chimie. În schimb, el a fost un meteorolog care investiga, pentru sine, problemele fizice ale absorbției gazelor de către apă și a apei de către atmosferă. Datorită pregătirii sale într-o altă specialitate, pe de o parte, și propriilor sale cercetări în acea specialitate, pe de altă parte, el a abordat aceste probleme cu o paradigmă diferită de cea a chimiștilor contemporani cu el. În particular, el a văzut în amestecul gazelor sau în absorbția unui gaz în apă un proces fizic, în care forțele de afinitate nu joacă nici un rol. Pentru el, deci, omogenitatea observată în cazul soluțiilor era o problemă, dar o problemă pe care credea că o poate rezolva dacă putea determina mărimile și greutateile relative ale diferitelor particule atomice din amestecurile sale experimentale. Pentru a determina aceste mărimi și greutăți, Dalton și-a îndreptat până la urmă atenția spre chimie, presupunând de la început că, în domeniul restrâns al reacțiilor pe care le considera chimice, atomii se puteau combina numai unul câte unul într-un alt raport simplu de numere întregi²⁴. Această ipoteză firească i-a permis să determine mărimile și greutateile particulelor elementare, dar totodată ea a transformat legea proporțiilor constante într-o tautologie. Pentru Dalton, orice reacție în care ingredientii nu intrau într-o proporție fixă nu era, *ipso facto*, un proces pur chimic. O lege pe care experimentele nu ar fi putut-o stabili înainte de cercetările lui Dalton a devenit, de îndată ce aceste cercetări au fost acceptate, un principiu constitutiv pe care nu l-ar

²³ A. N. Meldrum, „The Development of the Atomic Theory“: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions“, *Manchester Memoirs*, LIV (1910), pp. 1–16.

²⁴ L. K. Nash, „The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory“, *Isis*, XLVII (1956), pp. 101–116.

fi putut infirma nici o serie izolată de măsurători chimice. Ca urmare a ceea ce este poate cel mai complet exemplu al nostru de revoluție științifică, aceleași operații chimice s-au raportat la generalizări chimice într-un mod cu totul diferit de cel cunoscut înainte.

Este inutil să mai spunem că concluziile lui Dalton au fost puternic atacate când au fost prezentate pentru prima oară. Berthollet, în particular, nu a fost niciodată convins; considerând natura problemei, nici nu trebuia să fi fost. Dar pentru majoritatea chimiștilor, noua paradigmă a lui Dalton s-a dovedit convingătoare acolo unde cea a lui Proust nu fusese, căci ea avea implicații mult mai vaste și mai importante decât un nou criteriu de a distinge între un amestec și un compus. Dacă, de pildă, atomii s-ar putea combina chimic numai în raporturi simple de numere întregi, atunci o reexaminare a datelor chimice existente ar dezvălui exemple de proporții, și multiple și fixe. Chimiștii au încetat să mai scrie că cei doi oxizi de, să zicem, carbon conțineau 56 la sută și respectiv 72 la sută oxigen în greutate; în schimb, ei scriau că o greutate de carbon se va combina fie cu 1 la 3 fie cu 2 la 6 greutăți de oxigen. Când rezultatele vechilor operații erau înregistrate în acest fel, sărea în ochi un raport de 2 la 1; și aceasta s-a întâmplat cu analiza multor reacții bine cunoscute și a altora noi. În plus, paradigma lui Dalton a permis asimilarea operei lui Richter și înțelegerea ei deplină. De asemenea, ea a sugerat noi experimente, îndeosebi cele ale lui Gay-Lussac asupra combinării volumelor, iar acestea au dezvăluit alte regularități pe care chimiștii nu și le imaginaseră înainte. Chimiștii nu au luat de la Dalton noi legi experimentale, ci un nou mod de a practica chimia (pe care el însuși îl numea „noul sistem al filozofiei chimice“), care s-a dovedit într-atât de repede fructuos încât numai puțini dintre chimiștii mai bătrâni din Franța și Anglia au putut să-i reziste²⁵. Ca urmare, chimiștii au ajuns să trăiască într-o lume în care reacțiile se comportau cu totul diferit față de cum o făcuseră înainte.

²⁵ A. N. Meldrum, „The Development of the Atomic Theory“ (6) „The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton“, *Manchester Memoirs*, LV, (1911), pp. 1–10.

În timp ce se desfășura acest proces, s-a întâmplat o altă schimbare tipică și foarte importantă. Ici și colo, înseși datele numerice ale chimiei au început să se modifice. Când Dalton a cercetat pentru prima oară literatura de chimie pentru a-și sprijini teoria fizică, el a găsit unele date despre reacții care se potriveau, dar și altele care nu se potriveau deloc. Propriile măsurători ale lui Proust asupra celor doi acizi de cupru dădeau, de pildă, o proporție de greutate a oxigenului de 1,47 la 1 mai degrabă decât 2 la 1, cum o cerea teoria atomică; iar Proust era tocmai acela care ar fi trebuit să obțină proporția lui Dalton²⁶. El era, adică, un bun experimentator, iar concepția sa despre relația dintre amestecuri și compuși era foarte apropiată de cea a lui Dalton. Dar este greu să conformezi natura la o paradigmă. Iată de ce *puzzles* ale științei normale sunt atât de solicitante și, de asemenea, de ce măsurătorile întreprinse fără o paradigmă duc atât de rar la vreo concluzie. Chimistii nu puteau deci să accepte teoria lui Dalton pe baza probelor, pentru că multe dintre acestea îi erau încă nefavorabile. Dimpotrivă, chiar după acceptarea teoriei, ei au mai trebuit să aducă natura la ordine — un proces care a mai durat aproape o generație. Când acesta a luat sfârșit, chiar și compoziția procentuală a unor compuși bine cunoscuți era diferită. Înseși datele se schimbaseră. Acesta este ultimul dintre sensurile în care am dori să spunem că, după o revoluție, oamenii de știință lucrează într-o lume diferită.

²⁶ În privința lui Proust, vezi Meldrum, „Berthollet's Doctrine of Variable Proportions“, *Manchester Memoirs*, LIV (1910), 8. Istoria detaliată a schimbărilor treptate în măsurarea compoziției chimice și greutateilor atomice rămâne să fie scrisă, dar Partington, *op. cit.*, oferă numeroase indicii utile.

XI

Invizibilitatea revoluțiilor

Trebuie totuși să ne întrebăm cum se încheie revoluțiile științifice. Dar înainte de aceasta, pare oportună o ultimă încercare de a ne întări convingerea în existența și natura lor. Până acum, am încercat să evidențiez revoluțiile prin ilustrare — și exemplele ar putea fi multiplicat *ad nauseam*. Dar, evident, cele mai multe dintre ele — deliberat alese pentru familiaritatea lor — au fost în mod obișnuit concepute nu ca revoluții ci ca adaosuri la cunoașterea științifică. Această concepție s-ar putea la fel de bine aplica oricăror alte exemple — fără prea multe rezultate, probabil. Cred că există cauze serioase pentru care revoluțiile s-au dovedit într-atât de invizibile. Atât oamenii de știință cât și nespecialiștii preiau o bună parte din imaginea pe care o au despre activitatea științifică creatoare dintr-o sursă de autoritate, care ascunde sistematic (în parte, din motive funcționale importante) existența și semnificația revoluțiilor științifice. Numai când natura acestei autorități este recunoscută și analizată, putem spera că exemplele istorice vor deveni pe deplin relevante. De altfel — deși această idee poate fi amplu dezvoltată numai în secțiunea finală — analiza care se impune acum va începe să dezvăluie unul din aspectele muncii științifice care o distinge foarte clar de orice altă activitate creatoare, cu excepția, poate, a teologiei.

Ca sursă de autoritate, am în vedere îndeosebi manualele de știință, împreună cu lucrările de popularizare și cele filozofice modelate după primele. Toate aceste trei categorii — până recent nu existau alte surse semnificative de informație despre știință, exceptând practica cercetării — au ceva comun. Ele se adresează unui corp, deja articulat, de probleme, date și teorie, cel mai adesea unei mulțimi particulare de paradigme față de care este angajată comunitatea științifică în perioada în care ele sunt scrise.

Manualele au ca scop să comunice vocabularul și sintaxa unui limbaj științific contemporan. Cărțile de popularizare încearcă să descrie aceleași lucruri într-un limbaj mai apropiat de cel cotidian. Iar filozofia științei, îndeosebi cea anglo-saxonă, analizează structura logică a aceluiasi corp finit de cunoaștere științifică. Deși o tratare mai largă ar trebui să considere neapărat deosebirile foarte reale dintre aceste trei genuri, ceea ce ne interesează îndeosebi aici sunt tocmai asemănările lor. Toate trei înregistrează *rezultatul* stabil al revoluțiilor trecute, evidențiind astfel bazele tradiției curente de știință normală. Pentru a-și îndeplini funcția, ele nu au nevoie să furnizeze informații autentice despre modul în care bazele respective au fost mai întâi recunoscute și apoi adoptate de către comunitatea științifică. În această privință, manualele, cel puțin, au chiar motive întemeiate de a induce sistematic în eroare.

Arătăm în secțiunea a II-a că folosirea tot mai largă a manualelor, sau a echivalentelor lor, și încrederea tot mai mare în ele au însoțit invariabil apariția unei prime paradigme în orice domeniu al științei. Ultima secțiune a acestui eseu va argumenta că dominarea unei științe mature de către asemenea manuale diferențiază în mod semnificativ modul ei de dezvoltare de cel al altor domenii de activitate. Pentru moment, să admitem doar că, într-o măsură fără precedent în alte domenii, cunoașterea științei atât de către nespecialist cât și de către practician se bazează pe manuale și pe câteva alte genuri de literatură derivate din ele. Manualele însă, fiind vehicule pedagogice de perpetuare a științei normale, trebuie rescrise integral sau parțial de câte ori se schimbă limbajul, structura problematicei sau standardele științei normale. Pe scurt, ele trebuie rescrise după fiecare revoluție științifică și, odată rescrise, ele ascund inevitabil nu numai rolul dar și existența revoluțiilor care le-au produs. Exceptând cazul în care a trăit personal o asemenea revoluție, simțul istoric al practicianului științei sau al cititorului nespecialist de manuale nu depășește rezultatul celor mai recente revoluții din domeniul respectiv.

Așadar, manualele încep prin a amputa simțul omului de știință pentru istoria disciplinei sale, spre a-i oferi în schimb un substitut a ceea ce au eliminat. De obicei, manualele de știință cuprind doar o fărâma de istorie, fie într-un capitol introductiv, fie, mai frecvent,

într-o puzderie de referiri la marii eroi ai unor epoci trecute. Din asemenea referiri, atât studenții cât și profesioniștii ajung să se simtă participanți la o tradiție istorică îndelungată. Dar acea tradiție, derivată din manuale, prin care oamenii de știință ajung la semnificația participării lor, nu a existat de fapt niciodată. Din motive evidente și foarte funcționale, manualele de știință (și prea multe dintre vechile istorii ale științei) se referă numai la acea parte a operei oamenilor de știință din trecut care poate fi lesne concepută ca o contribuție la prezentarea și rezolvarea problemelor paradigmatică ale manualelor. În parte prin selecție și, în parte, prin denaturare, oamenii de știință din trecut sunt implicit prezentați ca și cum ar fi lucrat la același set de probleme fixe și potrivit aceluiasi set de canoane fixe pe care cea mai recentă revoluție în teorie și în metoda științifică le-a făcut să pară științifice. Nu este deci de mirare că manualele și tradiția istorică pe care o implică trebuie rescrise după fiecare revoluție științifică. După cum nu e de mirare că, pe măsură ce ele sunt rescrise, știința ajunge să pară din nou eminamente cumulativă.

Oamenii de știință nu constituie, firește, singurul grup care tinde să-și vadă trecutul disciplinei dezvoltându-se linear în direcția punctului de vedere actual. Tentația de a scrie istoria retrospectivă este omniprezentă și perenă. Dar oamenii de știință cedează mai ușor tentației de a rescrie istoria, în parte pentru că rezultatele cercetării științifice nu indică vreo dependență evidentă de contextul istoric al investigației și în parte pentru că, cu excepția perioadelor de criză și revoluție, poziția contemporană a omului de știință pare atât de sigură. Mai multe detalii istorice, privind prezentul științei sau trecutul ei, sau o mai mare responsabilitate față de detaliile istorice prezentate nu ar putea decât să dea un statut artificial idiosincrasiei, erorii și confuziei omenești. De ce să prețuim ceea ce eforturile cele mai nobile și constante ale științei ne-au dat posibilitatea să ignorăm? Deprecierea faptului istoric este adânc și probabil funcțional înrădăcinată în ideologia profesiei științifice, acea profesiune care pune cel mai mare preț pe detalii factuale de altă natură. Whitehead a surprins spiritul anistoric al comunității științifice când scria că: „O știință care ezită să-și uite fondatorii este pierdută.” Dar el nu avea întru totul dreptate căci științele,

asemenea altor întreprinderi profesionale, au nevoie de eroii lor și le păstrează numele. Din fericire, în loc de a-și uita eroii, oamenii de știință au fost în stare să le uite operele sau să le revizuiască.

Ceea ce rezultă este o tendință persistentă de a atribui istoriei științei un caracter linear sau cumulativ, o tendință căreia nu-i rezistă nici măcar oamenii de știință care privesc retrospectiv la propriile lor cercetări. De pildă, toate cele trei relatări incompatibile ale lui Dalton asupra dezvoltării atomismului său chimic dau impresia că el era preocupat încă de timpuriu tocmai de acele probleme chimice ale combinării proporțiilor a căror rezolvare i-a adus mai târziu faimă. În realitate, acele probleme par să-i fi venit în minte doar odată cu soluțiile lor și deci când activitatea sa creatoare era aproape încheiată¹. Ceea ce omit toate relatările lui Dalton sunt efectele revoluționare ale aplicării în chimie a unei serii de probleme și concepte până atunci restrânse la fizică și meteorologie. Este tocmai ceea ce a făcut Dalton și rezultatul a fost o reorientare a domeniului, o reorientare care i-a învățat pe chimiști să pună noi întrebări despre — și să tragă noi concluzii din — vechile date.

La fel, Newton scria că Galilei a descoperit că forța constantă a gravitației produce o mișcare proporțională cu pătratul timpului. De fapt, teorema cinematică a lui Galilei ia această formă când este cuprinsă în matricea propriilor concepte dinamice ale lui Newton. Dar Galilei nu a afirmat nicidecum ceva asemănător. Expunerea sa asupra corpurilor în cădere face rareori aluzie la forțe, cu atât mai puțin la o forță gravitațională constantă care cauzează căderea corpurilor². Atribuindu-i lui Galilei răspunsul la o întrebare pe care paradigma lui Galilei nu o permitea, relatarea lui Newton ascunde efectul unei reformulări limitate dar revoluționare a

¹ L. K. Nash, „The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory“, *Isis*, XLVII (1956), pp. 101–116.

² În legătură cu observația lui Newton, vezi Florian Cajori (ed.), *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World* (Berkeley, Calif., 1946), p. 21. Pasajul trebuie comparat cu expunerea lui Galilei din *Dialogues concerning Two New Sciences*, trad. H. Grew și A. de Salvio (Evanston, Ill., 1946), pp. 154–176.

întrebărilor pe care oamenii de știință le puneau în legătură cu mișcarea, ca și a răspunsurilor pe care erau dispuși să le accepte. Dar tocmai acest gen de schimbare în formularea întrebărilor și răspunsurilor este cel care dă seamă, mai mult decât noile descoperiri empirice, de tranziția de la dinamica aristotelică la cea a lui Galilei și de la aceasta din urmă la cea a lui Newton. Ascunzând asemenea schimbări, tendința manualelor de a lineariza dezvoltarea științei nu face decât să mascheze un proces care stă la baza celor mai semnificative episoade ale dezvoltării științei.

Exemplele anterioare evidențiază, fiecare în contextul unei singure revoluții, începuturile unei reconstrucții a istoriei care este regulat completată de manualele științifice postrevoluționare. Dar în această completare este implicată mai mult decât o multiplicare a denaturărilor istorice ilustrate mai sus. Aceste denaturări fac revoluțiile invizibile; aranjarea, în manualele de știință, a materialului încă vizibil implică un proces care, dacă ar exista, ar nega revoluțiilor orice funcție. Pentru că urmărește să-l familiarizeze, cât mai repede, pe student cu ceea ce comunitatea științifică contemporană crede că cunoaște, manualele tratează diferite experimente, concepte, legi și teorii ale științei normale curente cât mai separat și mai serial posibil. Pedagogic, această tehnică de prezentare este inatacabilă. Dar când este combinată cu spiritul în general anistoric al scrierii științei, ea produce aproape inevitabil impresia puternică că știința a atins stadiul actual printr-o serie de descoperiri și invenții individuale care, luate împreună, constituie edificiul modern al cunoașterii specializate. După modul de prezentare din manuale, oamenii de știință au urmărit, de la începuturile întreprinderii științifice, obiective particulare care sunt încorporate în paradigmele de astăzi. Unul câte unul, într-un proces comparat adeseori cu punerea cărămizilor la o construcție, oamenii de știință ar fi urmărit să adauge noi fapte sau concepte, noi legi sau teorii la edificiul de informație prezentat în manualul științific contemporan.

Dar nu acesta este modul în care se dezvoltă știința. Multe din problemele științei normale contemporane nu au apărut decât în urma celei mai recente revoluții științifice. Foarte puține dintre ele pot fi regăsite la începuturile istorice ale științei în care apar

acum. Generațiile anterioare au cercetat propriile lor probleme cu propriile lor instrumente și propriile lor canoane pentru rezolvare. Și nu numai problemele s-au schimbat; s-a transformat, mai degrabă, întreaga rețea de fapte și teorie pe care paradigma manualului o aplică naturii. Este, de pildă, constanța compoziției chimice un simplu fapt de experiență pe care chimiștii l-ar fi putut descoperi experimental în oricare din lumile în care practicau? Sau este, mai degrabă, un element — și încă unul incontestabil — dintr-o nouă structură de fapte și teorie pe care Dalton a aplicat-o experienței chimice anterioare, ca întreg, modificând-o în acest proces? Sau, în același sens, este accelerația constantă produsă de o forță constantă un simplu fapt pe care l-au căutat dintotdeauna cercetătorii dinamicii sau este, mai degrabă, răspunsul la o întrebare care s-a pus prima oară numai în teoria newtoniană și la care această teorie putea răspunde pe baza informației existente înainte de punerea întrebării?

Aceste întrebări sunt puse aici în legătură cu ceea ce apare în manuale ca prezentare a faptelor fragmentar descoperite. Dar ele au, evident, implicații și cu privire la ceea ce manualele prezintă ca teorii. Aceste teorii, firește, „se potrivesc faptelor“, dar numai transformând o informație prealabil accesibilă în fapte care, potrivit paradigmei precedente, nu existau câtuși de puțin. Or, aceasta înseamnă că nici teoriile nu se dezvoltă fragmentar pentru a se potrivi faptelor existente dintotdeauna. Mai curând, ele apar împreună cu faptele printr-o reformulare revoluționară a tradiției științifice precedente, o tradiție în care relația mediată-de-cunoaștere dintre omul de știință și natură nu era deloc aceeași.

Un ultim exemplu poate clarifica această explicație a influenței prezentărilor din manuale asupra imaginii noastre despre dezvoltarea științifică. Orice manual elementar de chimie trebuie să trateze conceptul de element chimic. Aproape întotdeauna când este introdus acest concept, originea lui este atribuită chimistului (din secolul al șaptesprezecelea) Robert Boyle, în a cărui carte, *Chimistul sceptic*, cititorul atent va găsi o definiție a „elementului“ foarte apropiată de cea folosită astăzi. Referirea la contribuția lui Boyle îl ajută pe începător să-și dea seama că chimia nu a început cu sulfamidele; în plus, el află astfel că una dintre sarcinile

tradiționale ale omului de știință este să inventeze concepte de acest gen. Ca o parte a arsenalului pedagogic care îl formează pe omul de știință, referirea este extrem de eficace. Totuși, ea ilustrează încă o dată structura greșelilor istorice care îi induc în eroare pe studenți și profani deopotrivă în privința naturii întreprinderii științifice.

Potrivit lui Boyle, care avea perfectă dreptate, „definiția“ pe care a dat-o elementului nu era mai mult decât o parafrază a unui concept chimic tradițional; Boyle a formulat-o numai pentru a argumenta că nu există ceva asemenea unui element chimic; istoric, versiunea din manuale a contribuției lui Boyle este cu totul eronată³. Eroarea este, firește, banală, deși nu mai mult decât oricare altă denaturare a faptelor. Nu este însă banală impresia despre știință promovată atunci când o asemenea eroare este mai întâi admisă și apoi implantată în structura tehnică a manualului. Ca și „timpul“, „energia“, „forța“ sau „particula“, conceptul de element este genul de ingredient al manualelor care, adeseori, nu este câtuși de puțin inventat sau descoperit. În particular, filiația definiției lui Boyle poate fi urmărită apoi cel puțin până la Aristotel și mai recent, prin Lavoisier, până la manualele moderne. Dar aceasta nu înseamnă că știința a posedat din Antichitate conceptul modern de element. Definițiile verbale, ca aceea a lui Boyle, au un conținut științific redus când sunt considerate în sine. Ele nu sunt specificări logice depline ale semnificației (dacă există așa ceva) ci, mai degrabă, auxiliar pedagogice. Conceptele științifice la care ele se referă dobândesc semnificația deplină numai când sunt corelate, într-un manual sau altă prezentare sistematică, altor concepte științifice, unor proceduri operatorii și unor aplicații ale paradigmei respective. Reiese deci că unele concepte ca acela de element pot fi cu greu inventate în afara unui context. Apoi, dat fiind contextul, ele se cer rareori inventate întrucât sunt deja la îndemână. Atât Boyle cât și Lavoisier au modificat, în privințe importante, semnificația chimică a „elementului“. Dar ei nu au inventat conceptul și nici măcar nu au schimbat formula verbală care-i servea ca

³ T. S. Kuhn, „Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century“, *Isis*, XLIII (1952), pp. 26–29.

definiție. La fel cum nici Einstein, cum am văzut, nu a trebuit să inventeze sau măcar să redefinească explicit „spațiul” și „timpul” pentru a le da o nouă semnificație în contextul operei sale.

Care a fost atunci funcția istorică a lui Boyle în acea parte a operei sale care include faimoasa „definiție”? El a fost conducătorul unei revoluții științifice care, schimbând relația „elementului” față de operațiile chimice și teoria chimică, a transformat noțiunea într-un instrument cu totul diferit de ceea ce fusese înainte, transformând, în acest proces, chimia și lumea chimistului deopotrivă⁴. Au fost necesare alte revoluții, inclusiv cea care se concentrează în jurul lui Lavoisier, pentru a da conceptului forma și funcția sa modernă. Dar Boyle ilustrează, în mod tipic, atât procesul implicat în fiecare din aceste stadii cât și ceea ce se întâmplă în acest proces când cunoașterea existentă este încorporată într-un manual. Mai mult decât oricare alt aspect individual al științei, această formă pedagogică a determinat imaginea noastră despre natura științei și despre rolul descoperirii și invenției în dezvoltarea ei.

⁴ Marie Boas, în cartea ei *Robert Boyle and The Seventeenth-Century Chemistry* (Cambridge, 1958), se ocupă în multe locuri de contribuțiile pozitive ale lui Boyle la evoluția conceptului de element chimic.

XII

Deznodământul revoluțiilor

Manualele pe care tocmai le-am discutat sunt produse numai în urma unei revoluții științifice. Ele constituie bazele unei noi tradiții de știință normală. Examinând problema structurii lor, am scăpat evident din vedere o verigă. Care este procesul prin care un nou candidat la statutul de paradigmă își înlocuiește predecesorul? Orice nouă interpretare a naturii, fie o descoperire sau o teorie, apare mai întâi în mintea unuia sau câtorva indivizi. Ei sunt cei care învață primii să vadă știința și lumea într-o lumină diferită, iar capacitatea lor de a efectua această tranziție este facilitată de două împrejurări pe care nu le întâlnim la majoritatea celorlalți membri ai profesiei. Invariabil, atenția lor a fost intens concentrată asupra problemelor care au provocat criza; în plus, de obicei, aceștia sunt oameni atât de tineri sau novici în domeniul zguduit de criză încât practica științifică i-a legat mai puțin adânc decât pe majoritatea contemporanilor lor de concepția despre lume și regulile determinate de vechea paradigmă. Cum sunt ei în stare și ce trebuie să facă pentru a converti întreaga comunitate sau subgrupul profesional respectiv la modul lor de a concepe știința și lumea? Ce determină grupul să abandoneze o tradiție de cercetare normală în favoarea alteia?

Pentru a înțelege importanța acestor întrebări, să ne amintim că ele sunt singurele reconstrucții pe care istoricul le poate oferi investigației filozofului asupra testării, verificării sau infirmării teoriilor științifice stabilite. În măsura în care este angajat în știința normală, cercetătorul rezolvă *puzzles* și nu testează paradigme. Deși în cursul căutării soluției unui *puzzle* particular el poate să încerce abordări alternative, respingându-le pe cele care nu duc la rezultatul dorit, cercetătorul nu testează *paradigma* în astfel de situații. Dimpotrivă, el seamănă cu jucătorul de șah care, în fața unei

probleme și a tablei de joc, încearcă diferite mișcări alternative în căutarea unei soluții. Aceste eforturi ale jucătorului de șah sau ale omului de știință îi pun la încercare pe ei și nicidecum regulile jocului. Ele sunt posibile numai atâta vreme cât paradigma însăși este admisă. De aceea, testarea paradigmei are loc numai după eșecuri repetate în a rezolva o problemă de seamă care a generat criza. Și chiar atunci, ea are loc numai după ce sentimentul crizei a generat un alt candidat la statutul de paradigmă. În știință, situația de testare nu constă niciodată, spre deosebire de rezolvarea *puzzles*-urilor, numai în compararea unei singure paradigme cu natura. Dimpotrivă, testarea survine în contextul competiției dintre două paradigme rivale pentru cucerirea comunității științifice.

Atent examinată, această formulare dezvăluie paralele neașteptate și probabil semnificative cu două dintre cele mai populare teorii filozofice contemporane despre verificare. Puțini filozofi ai științei mai caută încă criterii absolute de verificare a teoriilor științifice. Conștienți de faptul că nici o teorie nu poate fi vreodată supusă tuturor testelor relevante, ei nu se întreabă dacă o teorie a fost verificată, ci mai degrabă se întreabă care este probabilitatea ei în lumina dovezilor disponibile. Pentru a răspunde la această întrebare, o importantă școală a trebuit să recurgă la compararea capacității diferitelor teorii de a explica evidența disponibilă. Această insistență asupra comparării teoriilor caracterizează de asemenea situația istorică în care este acceptată o nouă teorie. Ea indică, foarte probabil, una din direcțiile în care ar trebui să se îndrepte discuțiile viitoare asupra verificării.

În formele lor cele mai obișnuite, teoriile probabiliste ale verificării recurg însă toate la unul sau altul din limbajele observaționale pure sau neutre discutate în secțiunea X. O teorie probabilistă cere să comparăm teoria științifică dată cu toate celelalte pe care le-am putea considera că se potrivesc aceleiași colecții de date observate. O alta reclamă construirea mentală a tuturor testelor care i se pot pretinde teoriei științifice date să le treacă¹. Aparent unele din aceste

¹ Pentru un scurt rezumat al principalelor căi spre teoriile probabiliste ale verificării, a se vedea Ernest Nagel, *Principles of the Theory of Probability*, vol. I, No. 6, din *International Encyclopedia of Unified Science*, pp. 60–75.

construcții sunt necesare pentru calcularea probabilităților specifice, absolute sau relative, dar este greu de închipuit cum ar putea fi realizată o astfel de construcție. După cum am arătat, dacă nu poate exista nici un sistem de limbaje sau concepte științific sau empiric neutru, atunci construcția propusă pentru teste și teorii alternative trebuie efectuată dinăuntrul unei tradiții bazate pe o paradigmă. Astfel restrânsă, construcția nu ar mai avea acces la toate experiențele posibile sau la toate teoriile posibile. În consecință, teoriile probabiliste maschează contextul verificării în aceeași măsură în care îl clarifică. Deși acest context, după cum insistă ele, depinde de compararea teoriilor și a unei cantități considerabile de dovezi empirice, teoriile și observațiile în cauză sunt întotdeauna strâns legate de cele deja existente. Verificarea seamănă cu selecția naturală; ea alege cea mai viabilă dintre alternativele reale într-o situație istorică particulară. Dacă această alegere este cea mai bună care putea fi făcută în cazul în care ar fi existat alternative sau în care datele ar fi fost de altă natură — iată o întrebare lipsită de sens. Căci nu există mijloace de a căuta răspunsuri la ea.

O abordare cu totul diferită a acestui ansamblu de probleme a fost elaborată de Karl R. Popper, abordare care neagă existența oricăror proceduri de verificare². În schimb, el subliniază importanța falsificării, adică a testului care, având un rezultat negativ, implică respingerea unei teorii stabilite. Evident, rolul astfel atribuit falsificării este foarte asemănător celui pe care acest eseu îl atribuie experiențelor anomalice, adică experiențelor care, provocând o criză, pregătesc terenul pentru o nouă teorie. Totuși, experiențele anomalice nu pot fi identificate cu cele falsificatoare. De fapt, mă îndoiesc chiar că acestea din urmă există. Așa cum am subliniat în nenumărate rânduri, nici o teorie nu rezolvă vreodată toate problemele cu care este confruntată la un moment dat; după cum nici soluțiile deja obținute nu sunt decât rareori perfecte. Dimpotrivă, tocmai incompletitudinea și imperfecțiunea corespondenței existente între date și teorie sunt cele care, în orice moment,

² K. R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (New York, 1959), mai ales Capitolele I–IV.

definesc multe din acele *puzzles* ce caracterizează știința normală. Dacă oricare și fiecare eșec în a obține o asemenea corespondență ar fi un motiv pentru respingerea teoriilor, atunci toate teoriile ar trebui să fie permanent respinse. Pe de altă parte, dacă numai eșecul grav în obținerea corespondenței justifică respingerea teoriei, atunci popperienii vor avea nevoie de un criteriu de „improbabilitate” sau de „grad de falsificare”. Elaborând un asemenea criteriu, ei se vor lovi aproape sigur de aceeași rețea de dificultăți care i-a copleșit pe partizanii variatelor teorii probabiliste ale verificării.

Multe dintre dificultățile anterioare pot fi evitate prin recunoașterea faptului că ambele aceste concepții dominante și opuse despre logica subiacentă a investigației științifice au încercat să comprime la un loc două procese în mare măsură separate. Experiența anormalică, la Popper, este importantă pentru știință deoarece recurge la competitori ai unei paradigme existente. Dar falsificarea, deși are loc neîndoielnic, nu survine odată cu apariția unei anomalii sau instanțe falsificatoare, sau numai datorită lor. Dimpotrivă, ea constituie un proces ulterior și separat care ar putea la fel de bine să fie numit verificare, întrucât marchează victoria unei noi paradigme asupra celei vechi. Apoi, compararea probabilistă a teoriilor joacă un rol central tocmai în acest proces unitar de verificare-falsificare. O asemenea formulare în două etape are, cred, avantajul unei plauzibilități mari și poate, de asemenea, să ne ajute să explicăm rolul acordului (sau dezacordului) între fapt și teorie în procesul de verificare. Pentru istoric, cel puțin, ideea că verificarea stabilește acordul faptelor cu teoria nu prea are sens. Toate teoriile istorice semnificative au fost în acord cu faptele, dar numai într-o măsură mai mare sau mai mică. Nu există un răspuns mai precis la întrebarea dacă, sau cât de bine, se potrivește o teorie individuală faptelor. Dar multe întrebări asemănătoare acesteia pot fi puse când teoriile sunt luate în bloc sau chiar două câte două. Are foarte mult sens să ne întrebăm care din două teorii reale și rivale se potrivește *mai bine* faptelor. Deși nici teoria lui Priestley nici cea a lui Lavoisier, de pildă, nu se acordau precis cu observațiile existente, puțini contemporani au ezitat mai mult de un deceniu în a conchide că teoria lui Lavoisier oferea o mai bună corespondență cu observațiile decât cealaltă.

Dar această formulare face ca sarcina de a alege între paradigme să pară mai ușoară și mai familiară decât este în realitate. Dacă nu ar exista decât un grup de probleme științifice, doar o lume în care să operezi cu ele și numai un grup de criterii pentru rezolvarea lor, atunci competiția paradigmelor ar putea fi decisă mai mult sau mai puțin rutinier, printr-o metodă ca înregistrarea numărului de probleme soluționate de fiecare în parte. În realitate însă, aceste condiții nu sunt niciodată pe deplin satisfăcute. Partizanii paradigmelor rivale vorbesc întotdeauna despre lucruri diferite — cel puțin într-o oarecare măsură. Nici una din părți nu va admite toate presupuzițiile nonempirice de care cealaltă are nevoie pentru a-și susține punctul de vedere. Asemenea lui Proust și Berthollet, argumentând despre compoziția compușilor chimici, ele nu pot să nu vorbească limbi diferite. Deși fiecare poate spera să o convertească pe cealaltă la modul său de a concepe știința și problemele ei, nici una nu poate spera să-și dovedească dreptatea. Competiția dintre paradigme nu este genul de luptă care poate fi câștigată prin argumente.

Am văzut până acum câteva din cauzele pentru care adepții paradigmelor rivale trebuie să eșueze în efortul de a stabili un contact deplin cu fiecare din celelalte puncte de vedere. Aceste cauze au fost descrise ca incommensurabilitate a tradițiilor de știință normală pre- și postrevoluționară. Să le recapitulăm pe scurt. În primul rând, adepții paradigmelor rivale vor fi adeseori în dezacord în ce privește lista de probleme pe care trebuie să le rezolve orice candidat la statutul de paradigmă. Criteriile sau definițiile lor privitoare la știință nu sunt aceleași. Trebuie ca o teorie a mișcării să explice cauza forțelor de atracție dintre particulele de materie sau poate doar să consemneze existența unor atare forțe? Dinamica lui Newton a fost în mare măsură respinsă deoarece, spre deosebire de teoriile lui Aristotel și Descartes, implica al doilea răspuns. Când teoria lui Newton a fost acceptată, o întrebare era în acest fel alungată din știință; o întrebare despre care însă teoria relativității poate afirma cu mândrie că a rezolvat-o. La fel, în modul în care era răspândită în secolul al nouăsprezecelea, teoria chimică a lui Lavoisier i-a inhibat pe chimiști să se întrebe de ce metalele erau atât de asemănătoare — o întrebare pe care chimia

flogistică o pusese și la care răspunsese. Trecerea la paradigma lui Lavoisier, asemenea trecerii la cea a lui Newton, însemna pierderea nu numai a unei întrebări admisibile, dar și a unei soluții obținute. Dar această pierdere nu a fost definitivă. În secolul al douăzecilea, întrebările despre calitățile substanțelor chimice și-au făcut din nou apariția în știință, împreună cu unele răspunsuri la ele.

Este vorba însă aici, mai mult decât de incomensurabilitatea criteriilor. Deoarece noile paradigme se nasc din cele vechi, ele încorporează de obicei o bună parte din vocabularul și aparatul atât conceptual cât și instrumental pe care le-a folosit înainte paradigma tradițională. Dar ele folosesc rareori aceste elemente împrumutate potrivit modului tradițional. În noua paradigmă, termeni, concepte și experimente vechi intră în noi relații unele cu altele. Rezultatul inevitabil este — ceea ce trebuia să numim, deși termenul nu este cu totul potrivit — o neînțelegere între două școli rivale. Profanii care râdeau de teoria einsteiniană a relativității generalizate pe motiv că spațiul nu ar putea fi „curbat“ — nefiind genul de lucru care se pretează la așa ceva — nu erau pur și simplu nedrepti sau în eroare. Tot așa cum nu erau nici matematicienii, fizicienii și filozofii care au încercat să elaboreze o versiune euclidiană a teoriei lui Einstein³. Ceea ce se înțelegea înainte prin spațiu era ceva necesarmente uniform, omogen, izotrop și neafectat de prezența materiei. Dacă nu ar fi fost astfel, fizica newtoniană nu ar fi funcționat. Spre a realiza trecerea la universul lui Einstein, întreaga țesătură conceptuală ale cărei fire sunt spațiul, timpul, materia, forța ș.a.m.d. a trebuit să fie refăcută și așternută din nou peste întreaga natură. Numai oamenii care au trecut sau nu au reușit să treacă, împreună, prin această transformare vor fi în stare să identifice cu exactitate lucrurile asupra cărora au fost sau nu de

³ În privința reacțiilor profane la conceptul de spațiu curbat, a se vedea Philipp Frank, *Einstein, His Life and Times*, traducere și editare de G. Rosen și S. Kusaka (New York, 1947), pp. 142–146. Pentru cele câteva încercări de a păstra cuceririle relativității generalizate într-un spațiu euclidian, vezi C. Nordmann, *Einstein and the Universe*, trad. J. McCabe (New York, 1922), cap. IX.

acord. Comunicarea peste linia revoluționară de demarcație este inevitabil parțială. Să ne gândim, de exemplu, la oamenii care l-au socotit pe Copernic nebun pentru că afirmase că Pământul se învârtă. Ei nu greșeau doar sau nu greșeau întru totul. Parte din ceea ce ei înțelegeau prin „Pământ“ însemna poziție fixă. Pământul lor, cel puțin, nu putea fi mișcat. În mod corespunzător, inovația lui Copernic nu a constatat pur și simplu în a mișca Pământul. Mai degrabă, ea a constituit un nou mod de a privi problemele fizicii și astronomiei, un mod care a modificat necesarmente înțelesul atât al „Pământului“ cât și al „mișcării“⁴. Fără aceste modificări, conceptul de Pământ în mișcare era nebunesc. Pe de altă parte, odată ce modificările au fost efectuate și înțelese, atât Descartes cât și Huyghens și-au putut da seama că mișcarea Pământului era o problemă fără nici un conținut pentru știință⁵.

Aceste exemple indică un al treilea și fundamental aspect al imposibilității de a compara între ele paradigmele rivale. Într-un sens pe care nu sunt în stare să îl clarific mai mult, adepții paradigmelor rivale își practică meseria în lumi diferite. Una conține corpuri aflate sub acțiunea unei forțe și care cad încet, alta pendule care își repetă continuu mișcările. Într-una soluțiile sunt compuse, iar în alta amestecuri. Una este scufundată într-o matrice spațială plană, alta într-una curbă. Practicând în lumi diferite, cele două grupuri de oameni de știință văd lucruri diferite când privesc din același punct în aceeași direcție. Din nou, aceasta nu înseamnă că ele pot vedea orice le place. Ambele grupuri examinează lumea, iar ceea ce examinează nu s-a schimbat. Dar în unele regiuni, ele văd lucruri diferite și le văd în interacțiuni diferite. Iată de ce o lege care nu poate fi nici măcar demonstrată unui grup de oameni de știință poate uneori părea intuitiv evidentă celui alt. De asemenea, acesta este motivul pentru care, înainte de a putea spera să comunice pe deplin, un grup sau celălalt trebuie să trăiască convertirea pe care am numit-o schimbare de paradigmă. Tocmai

⁴ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), Cap. III, IV și VII. O temă majoră a întregii cărți este tocmai măsura în care heliocentrismul a fost mai mult decât o chestiune strict astronomică.

⁵ Max Jammer, *Concepts of Space* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 118–124.

pentru că este o tranziție între incomensurabile, trecerea de la o paradigmă la o alta rivală nu poate fi făcută pas cu pas, constrânsă de logică și de o experiență neutră. Ca și transformarea *gestalt*-ului, ea trebuie să survină dintr-odată (deși nu neapărat instantaneu) sau deloc.

Cum ajung, atunci, oamenii de știință să realizeze această transpunere? În parte, răspunsul este că foarte adesea ei nu ajung s-o realizeze. Aproape la un secol după moartea lui Copernic, copernicanismul făcuse încă puțini prozeiți. Opera lui Newton nu a fost în general acceptată, mai ales pe continent, vreme de mai mult de o jumătate de secol de la apariția *Principiilor*⁶. Priestley nu a acceptat niciodată teoria oxigenului, nici lordul Kelvin pe cea electromagnetică ș.a.m.d. Dificultățile convertirii au fost adesea observate de înșiși oamenii de știință. Într-un pasaj deosebit de pătrunzător de la sfârșitul *Originii speciilor*, Darwin scria: „Deși sunt întru totul convingeți de adevărul concepțiilor expuse în acest volum” nu mă aștept deloc să-i conving pe naturaliștii cu experiență, ale căror minți sunt pline de o mulțime de fapte, toate concepute de-a lungul anilor dintr-un punct de vedere total opus celui pe care îl susțin... Dar privesc cu încredere în viitor, spre naturaliștii tineri care se ridică și care vor fi în stare să examineze imparțial ambele laturi ale problemei”⁷. Iar Max Planck, trecându-și în revistă propria carieră în a sa *Autobiografie științifică*, remarcă cu amărăciune că „un nou adevăr științific nu triumfă convingându-și adversarii și luminându-i, ci mai degrabă pentru că adversarii săi până la urmă mor și se ridică o nouă generație careia acel adevăr îi apare firesc”⁸.

Aceste fapte și altele asemănătoare sunt prea bine cunoscute pentru a mai avea nevoie de alte argumente. Dar ele reclamă o

⁶ I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), pp. 93–94.

⁷ Charles Darwin, *On the Origin of Species...* (ediție autorizată după a șasea ediție engleză; New York, 1889), II, pp. 295–296.

⁸ Max Planck, *Scientific Autobiography and Other Papers*, trad. F. Gaynor (New York, 1949), pp. 33–34.

reevaluare. În trecut, ele au fost adesea înțelese în sensul că oamenii de știință, fiind doar oameni, nu puteau întotdeauna să-și recunoască erorile, chiar când erau puși în fața unor demonstrații riguroase. Aș fi de părere, mai degrabă, că în aceste chestiuni nu este vorba nici de demonstrație nici de eroare. Transferul de fidelitate de la o paradigmă la alta este o experiență de convertire care nu poate fi forțată. Rezistența de o viață, mai ales din partea celor ale căror cariere productive i-au legat de o tradiție mai veche de știință normală, nu este o violare a standardelor științei, ci un indicator al înseși naturii cercetării științifice. Izvorul rezistenței este încrederea că vechea paradigmă va rezolva până la urmă toate problemele, că natura poate fi înghesuită în tiparul oferit de paradigmă. Inevitabil, în perioade de revoluție, această încredere pare îndărătnicie — cum de altfel este uneori. Dar este și ceva mai mult. Această încredere este cea care face posibilă știința normală sau rezolvatoare-de-puzzles. Și numai prin știința normală, comunitatea profesională a oamenilor de știință reușește, mai întâi, să exploateze potențialitățile domeniului și preciziei vechii paradigme, iar apoi să identifice dificultatea a cărei studiere va putea da naștere unei noi paradigme.

Totuși, a spune că rezistența este inevitabilă și legitimă, că schimbarea paradigmei nu poate fi justificată prin demonstrație, nu este totuna cu a spune că nici un argument nu este relevant sau că oamenii de știință nu pot fi convingeți să-și schimbe părerile. Deși este nevoie uneori de o generație pentru a-și schimba părerile, comunitățile științifice au fost în repetate rânduri convertite la noi paradigme. De altfel, aceste convertiri au avut loc nu în ciuda faptului că savanții sunt oameni, ci datorită lui. Deși unii oameni de știință, îndeosebi cei mai bătrâni și cu mai multă experiență, pot rezista nelimitat, cei mai mulți dintre ei pot fi influențați într-un fel sau altul. Convertirile vor avea loc încetul cu încetul până când, după moartea ultimilor mohicani, întreaga comunitate va practica din nou sub auspiciile unei singure paradigme, dar diferită de cea precedentă. Trebuie deci să ne întrebăm cum survine convertirea și cum i se rezistă.

Ce fel de răspuns așteptăm la această întrebare? Tocmai pentru că se referă la tehnici de convingere sau la argumente și contraargumente

într-o situație în care nu poate exista vreo demonstrație, întrebarea noastră este nouă și presupune, deci, un studiu care nu a fost întreprins înainte. Va trebui să ne mulțumim cu o examinare foarte parțială și impresionistă. De altfel, cele spuse concordă cu rezultatul acestei examinări în a sugera că, pusă în legătură cu convingerea mai degrabă decât cu demonstrația, întrebarea asupra naturii argumentului științific nu are un răspuns unic sau uniform. Oamenii de știință, luați ca indivizi, îmbrățișează o nouă paradigmă din tot felul de motive. Unele dintre ele — de pildă, cultul soarelui care l-a ajutat pe Kepler să devină un copernican — se află cu totul în afara sferei aparente a științei⁹. Altele depind de idiosincrasii autobiografice și personale. Chiar naționalitatea sau reputația prealabilă a inovatorului și a profesorilor săi pot uneori juca un rol semnificativ¹⁰. Până la urmă, deci, trebuie să învățăm să punem această întrebare într-un mod diferit. Nu ne vor preocupa, prin urmare, argumentele care îl convertesc de fapt pe un individ sau altul ci mai degrabă genul de comunitate care, mai devreme sau mai târziu, dar întotdeauna, se realcătuiește într-un singur grup. Voi amâna însă problema pentru ultima secțiune, examinând deocamdată unele dintre tipurile de argumente care se dovedesc deosebit de eficiente în conflictele asupra schimbării paradigmei.

Probabil, unica afirmație foarte generală avansată de adepții unei noi paradigme este că ei pot rezolva problemele care au dus-o pe cea veche la criză. Când poate fi justificată, această afirmație este adesea cea mai eficientă posibil. Se știe că paradigma este în dificultate în zona la care se referă afirmația. Dificultatea a fost

⁹ În ce privește rolul cultului soarelui în gândirea lui Kepler, vezi E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* (ed. revăzută; New York, 1932), pp. 44–49.

¹⁰ În ce privește rolul reputației, să considerăm următoarele: Într-un moment când reputația sa era bine stabilită, lordul Rayleigh a trimis Asociației Britanice un articol asupra unor paradoxuri ale electrodinamicii. Din greșală, numele său a fost omis la trimiterea articolului, iar articolul însuși a fost inițial respins fiind considerat opera vreunui „iubitor de paradoxuri”. Curând după aceea, cu numele autorului la locul cuvenit, articolul a fost acceptat cu o abundență de scuze (J. R. Strutt, 4th Baron Rayleigh, *John William Strutt, Third Baron Rayleigh* [New York, 1924], p. 228).

în repetate rânduri examinată, dar încercările de a o îndepărta au eșuat mereu. „Experimente cruciale” — capabile să discrimineze cu deosebită exactitate între două paradigme — au fost recunoscute și atestate înainte chiar ca noua paradigmă să fi fost imaginată. Astfel, Copernic a pretins că rezolvase îndărătnica problemă a duratei anului calendaristic, Newton că împăcase mecanica terestră cu cea celestă, Lavoisier că rezolvase problemele identității gazelor și relațiilor de greutate, iar Einstein că făcuse electrodinamica compatibilă cu o nouă știință a mișcării.

Pretențiile de acest fel au deosebite șanse să reușească dacă noua paradigmă dovedește o precizie cantitativă izbitor mai bună decât competitoarea ei mai veche. Superioritatea cantitativă a „tabelelor rudolfice”^{*} ale lui Kepler față de toate cele calculate pe baza teoriei lui Ptolemeu a constituit un factor major în convertirea astronomilor la copernicanism. Succesul lui Newton în predicțiile observațiilor astronomice cantitative a fost probabil cea mai importantă cauză a triumfului teoriei sale asupra rivalelor ei mai rezonabile, dar predominant calitative. Iar în acest secol, uimitorul succes cantitativ al legii radiației lui Planck, ca și cel al atomului lui Bohr i-au convins repede pe mulți fizicieni să le adopte, deși, pentru ansamblul fizicii, ambele aceste contribuții creau mai multe probleme decât rezolvau¹¹.

Pretenția de a fi rezolvat problemele generatoare de criză este totuși rareori suficientă prin sine. De asemenea, ea nu poate fi întotdeauna justificată. De fapt, teoria lui Copernic nu era mai precisă decât cea a lui Ptolemeu și nu producea direct vreo îmbunătățire a calendarului. De asemenea, la câțiva ani după ce a fost propusă, teoria ondulatorie a luminii nu avusese atât succes ca rivala ei corpusculară în rezolvarea efectelor de polarizare care fuseseră cauza principală a crizei din optică. Uneori, practica mai liberă care caracterizează cercetarea extraordinară va produce un candidat la paradigmă care, inițial, nu este de nici un folos în

^{*} Termenul clasic: *Tabulae rudolphinae*. (N. t.)

¹¹ Pentru problemele create de teoria cuantică, vezi F. Reiche, *The Quantum Theory* (Londra, 1922), cap. II, VI–IX. Pentru alte exemple din acest paragraf, vezi referințele anterioare din această secțiune.

problemele care au provocat criza. Când se întâmplă așa ceva, dovezile trebuie aduse din alte zone ale domeniului, așa cum de altfel se și întâmplă adeseori. În acele alte zone pot fi elaborate argumente deosebit de convingătoare în cazul în care noua paradigmă permite predicția unor fenomene care erau cu totul neașteptate atât timp cât preleva vechea paradigmă.

Teoria lui Copernic, de exemplu, sugera că planetele ar trebui să semene cu Pământul, că Venus ar trebui să aibă faze și că universul ar trebui să fie mult mai mare decât se crezuse până atunci. Drept urmare, când la șaizeci de ani după moartea sa, telescopul a dezvăluit dintr-odată munți pe Lună, fazele planetei Venus și un număr imens de stele până atunci nebănuite, aceste observații au adus noii teorii numeroși prozeliti, mai ales dintre neastronomi¹². În cazul teoriei ondulatorii a luminii, o cauză principală a convertirilor profesionale s-a dovedit a fi și mai dramatică. Rezistența franceză s-a năruit brusc și relativ complet când Fresnel a putut demonstra existența unei pete albe în centrul umbrei unui disc circular. Era un efect pe care nimeni, nici măcar el nu-l anticipase, dar despre care Poisson, inițial unul din adversarii săi, arătase că este o consecință necesară, deși absurdă, a teoriei lui Fresnel¹³. Datorită valorii lor de șoc și întrucât era atât de evident că ele nu erau de la bun început „clădite în” noua teorie, asemenea argumente s-au dovedit deosebit de convingătoare. Iar uneori această forță suplimentară poate fi exploatată, chiar când fenomenul în cauză fusese observat cu mult înainte de a fi propusă teoria care îl explica. Einstein, de exemplu, nu părea să fi anticipat că relativitatea generalizată va explica cu precizie bine cunoscuta anomalie observată în mișcarea periheliului lui Mercur, drept care a trăit o mare victorie când s-a adeverit că lucrurile stau astfel¹⁴.

¹² Kuhn, *op. cit.*, pp. 219–225.

¹³ E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity I* (2d ed., Londra, 1951), p. 108.

¹⁴ *Ibidem*, II (1953), 151–180, în legătură cu elaborarea teoriei relativității generalizate. Relativ la reacția lui Einstein față de acordul precis al teoriei cu mișcarea observată a periheliului lui Mercur, a se vedea scrisoarea citată în P. A. Schlipp (ed.), *Albert Einstein, Philosopher-Scientist* (Evanston III, 1949), p. 101.

Toate argumentele în favoarea unei noi paradigme, discutate până acum, s-au bazat pe capacitatea comparabilă a competitorilor de a rezolva probleme. Pentru oamenii de știință, aceste argumente sunt de obicei cele mai semnificative și cele mai convingătoare. Exemplele precedente ar trebui să nu lase nici o îndoială asupra cauzei imensului lor succes. Dar, din motive de care ne vom ocupa de îndată, ele nu sunt, nici separat nici împreună, constrângătoare. Din fericire, există și alte temeuri pentru care oamenii de știință renunță la o paradigmă veche în favoarea uneia noi. Sunt argumentele, rareori explicitate întru totul, care apelează la simțul individului pentru adecvat sau estetic; astfel, despre noua teorie se spune că este „mai ordonată”, „mai potrivită” sau „mai simplă” decât cea veche. Probabil, aceste argumente sunt mai puțin eficiente în alte științe decât în matematici. Primele versiuni ale majorității noilor paradigme sunt rudimentare. Până ce atracția lor estetică poate fi pe deplin evidențiată, majoritatea comunității a fost convinsă prin alte mijloace. Cu toate acestea, importanța considerațiilor estetice poate fi uneori decisivă. Deși ele atrag adesea numai câțiva oameni de știință de partea unei noi teorii, de acești câțiva poate depinde triumful ei final. Dacă ei nu l-ar adopta în grabă din motive în mare măsură individuale, noul candidat la paradigmă ar putea să nu fie niciodată suficient de dezvoltat pentru a atrage întreaga comunitate științifică.

Pentru a înțelege cauzele importanței acestor considerații mai subiective și estetice, să ne reamintim despre ce este vorba într-o controversă dintre paradigme. Când un nou candidat la paradigmă este pentru prima oară propus, el rezolvase doar rareori mai mult decât câteva din problemele ce-i stăteau în față, iar cele mai multe din aceste soluții erau încă departe de a fi perfecte. Până la Kepler, teoria lui Copernic nu prea îmbunătățise predicțiile pozițiilor planetelor făcute de Ptolemeu. Când Lavoisier a văzut în oxigen „însuși aerul în întregime”, noua sa teorie nu putea deloc face față problemelor puse de proliferarea noilor gaze — fapt pe care Priestley l-a speculat cu mult succes în contraatacul său. Cazuri ca pata de lumină a lui Fresnel sunt extrem de rare. De obicei, abia mult mai târziu, după ce noua paradigmă a fost elaborată, acceptată și exploatată, sunt avansate argumente aparent hotărâtoare,

precum pendulul lui Foucault pentru a demonstra rotația Pământului sau experimentul lui Fizeau pentru a dovedi că lumina se mișcă mai repede în aer decât în apă. Producerea lor revine științei normale, iar rolul lor nu apare în controversa paradigmelor, ci în manualele postrevoluționare.

Înainte ca aceste manuale să fie scrise, când disputa continuă, situația este mult diferită. De obicei, adversarii unei noi paradigme pot afirma în mod legitim că, chiar în aria de criză, aceasta este cu puțin superioară rivalei ei tradiționale. Firește, ea rezolvă mai bine unele probleme și dezvăluie unele regularități noi. Dar paradigma mai veche poate fi astfel articulată încât să facă față dificultăților așa cum făcuse față și altor dificultăți mai înainte. Atât sistemul astronomic geocentric al lui Tycho Brahe cât și versiunile ulterioare ale teoriei flogisticului erau reacții la provocările unui nou candidat la paradigmă și ambele aceste reacții au avut succes¹⁵. În afară de aceasta, apărătorii teoriei și procedurii tradiționale pot aproape întotdeauna indica probleme pe care noul lor rival nu le-a rezolvat dar care, pentru ei, nu sunt nicidecum probleme. Până la descoperirea compoziției apei, arderea hidrogenului era un argument puternic pentru teoria flogisticului și împotriva celei a lui Lavoisier. Chiar după ce teoria oxigenului a triumfat, ea tot nu putea încă să explice prepararea unui gaz inflamabil din carbon — fenomen pe care flogisticienii îl aduseseră ca argument puternic în favoarea concepției lor¹⁶. Chiar în zona crizei, echilibrul argumentelor și contraargumentelor poate fi uneori foarte strâns. Iar în afara acelei zone, balanța înclină adeseori decisiv în favoarea tradiției. Copernic a distrus o respectabilă explicație a mișcării Pământului fără să pună o alta în loc; Newton

¹⁵ Pentru sistemul lui Brahe, care era geometric întru totul echivalent cu cel al lui Copernic, vezi J. L. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (2d ed.; New York, 1953), pp. 359–371. Pentru ultimele versiuni ale teoriei flogisticului și succesul lor, vezi J. R. Partington și D. McKie, „Historical Studies of the Phlogiston Theory“, *Annals of Science*, IV (1939), pp. 113–149.

¹⁶ Pentru problema pusă de hidrogen, vezi J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed.; Londra, 1951) p. 134. Pentru oxidul de carbon, vezi H. Koopp, *Geschichte der Chemie*, III (Braunschweig, 1845), pp. 294–296.

a făcut același lucru cu o explicație mai veche a gravitației; la fel Lavoisier cu proprietățile comune ale metalelor ș.a.m.d. Pe scurt, dacă un nou candidat la paradigmă va fi judecat de la bun început de oameni practici, care îi evaluează numai capacitatea relativă de a rezolva probleme, științele ar cunoaște foarte puține revoluții majore. Dacă adăugăm la aceasta și contraargumentele generate de ce am numit mai înainte incomensurabilitatea paradigmelor, atunci științele ar putea să nu cunoască nici un fel de revoluție.

Dar controversele dintre paradigme nu vizează realmente capacitatea lor relativă de a rezolva probleme, deși din rațiuni întemeiate ele sunt de obicei exprimate în acești termeni. Mai degrabă, chestiunea este care paradigmă va ghida în viitor cercetarea asupra unor probleme în raport cu care nici un competitor nu poate încă pretinde că le rezolvă în întregime. Este necesară o decizie între moduri alternative de a face știință și, în aceste condiții, decizia trebuie să se bazeze mai puțin pe realizări trecute cât pe promisiuni viitoare. Cel care îmbrățișează o nouă paradigmă, aflată într-un stadiu timpuriu de elaborare, o face adeseori în ciuda evidenței oferite de problemele rezolvate. Cu alte cuvinte, el trebuie să aibă încredere că noua paradigmă va reuși în fața numeroaselor probleme cu care este confruntată, știind numai că vechea paradigmă a eșuat în fața câtorva. O asemenea decizie poate fi luată numai pe bază de încredere.

Aceasta este una din rațiunile pentru care o criză anterioară se dovedește a fi atât de importantă. Oamenii de știință care nu au trecut prin ea vor renunța foarte rar la dovezile solide ale problemelor rezolvate în favoarea a ceea ce poate lesne să se dovedească și să fie considerată de către mulți o himeră. Dar criza singură nu este suficientă. Trebuie de asemenea să existe o bază pentru încrederea în candidatul ales, chiar dacă nu este nici rațională, nici, în ultimă instanță, corectă. Trebuie, cu alte cuvinte, să existe ceva care să determine cel puțin pe câțiva oameni de știință să simtă că noua propunere este pe calea cea bună și uneori numai considerații personale și estetice confuze pot face acest lucru. Au existat oameni care au fost convertiți de asemenea considerații în momente în care majoritatea argumentelor tehnice articulabile indica contrariul. La apariție, nici teoria astronomică

a lui Copernic, nici teoria materiei a lui De Broglie nu prezentau multe alte motive de atracție. Chiar și astăzi, teoria generală a lui Einstein îi atrage pe oameni mai ales din motive estetice, o atracție pe care puțini oameni din afara matematicii au fost în stare să o resimtă.

Nu vreau să sugerez că noile paradigme înving până la urmă printr-o estetică mistică. Dimpotrivă, foarte puțini oameni părăsesc o tradiție numai pentru asemenea rațiuni. Adeseori, cei care o fac se dovedesc a fi fost induși în eroare. Dar pentru ca o paradigmă să învingă vreodată, ea trebuie să-și câștige primii suporter, oameni care o vor dezvolta până la punctul în care pot fi produse și multiplicat argumentele practice. Și chiar aceste argumente, când apar, nu sunt individual hotărâtoare. Întrucât oamenii de știință sunt rezonabili, unul sau altul dintre argumente îi va convinge până la urmă pe mulți dintre ei. Dar nu există nici un singur argument care să-i poată convinge pe toți. În loc de convertirea unui singur grup, ceea ce se întâmplă este mai degrabă o tot mai considerabilă redistribuire a fidelităților profesionale.

La început, un nou candidat la paradigmă poate avea puțini partizani, iar uneori motivele acestora pot fi dubioase. Totuși, dacă sunt competenți, ei îl vor îmbunătăți, îi vor explora posibilitățile și vor arăta ce înseamnă să aparții comunității ghidate de el. În acest răstimp, dacă paradigma este destinată să învingă, numărul și tăria argumentelor convingătoare în favoarea ei vor spori. Tot mai mulți oameni de știință vor fi atunci convertiți, iar explorarea noii paradigme va continua. Treptat, numărul experimentelor, instrumentelor, articolelor și cărților bazate pe acea paradigmă va crește. Convinși de fecunditatea noii concepții, tot mai mulți vor fi aceia care vor adopta noul mod de a practica știința normală, până când, în cele din urmă, mai rămân doar câțiva bătrâni mohicani. Și nici măcar despre aceștia din urmă nu putem spune că greșesc. Deși istoricul poate găsi întotdeauna oameni — Priestley, de pildă — care au fost nerezonabili rezistând atâta vreme, el nu va putea stabili punctul în care rezistența devine illogică sau neștiințifică. Cel mult, el ar putea dori să spună că omul care continuă să reziste, după ce întreaga sa breaslă a fost convertită, încetează *ipso facto* să mai fie un om de știință.

XIII

Progres prin revoluții

Paginile anterioare cuprind descrierea schematică a dezvoltării științei, atât cât permite acest eseu. Ele nu pot însă să ofere o concluzie. Dacă această descriere a surprins câtuși de puțin structura esențială a evoluției continue a unei științe, ea va fi pus totodată și o problemă aparte; de ce întreprinderea conturată mai sus trebuie să evolueze continuu pe căi deosebite, de pildă, de cele ale artei, teoriei politice sau filozofiei? De ce este progresul o condiție rezervată aproape exclusiv activităților pe care le numim știință? Cele mai obișnuite răspunsuri la această întrebare au fost negate în acest eseu. Nu ne rămâne, în încheiere, decât să ne întrebăm dacă nu le putem înlocui cu altele.

Să observăm de îndată că o parte a întrebării este în întregime semantică. Într-o foarte mare măsură, termenul „știință” este rezervat domeniilor care progresează pe căi evidente. Nicăieri nu apare acest lucru mai clar decât în repetatele controverse dacă una sau alta dintre științele sociale contemporane este într-adevăr știință. Aceste controverse își găsesc corespondențe în perioadele preparadigmatiche ale domeniilor pe care astăzi, fără nici o ezitare, le considerăm științe. În aparență soluția constă într-o definiție a acestui termen îndărătnic. Întâlnim oameni care argumentează, de exemplu, că psihologia este o știință deoarece posedă cutare și cutare caracteristici. Alții răspund că aceste caracteristici nu sunt fie necesare, fie suficiente pentru a face din acest domeniu o știință. Adeseori se cheltuiește multă energie, se iscă mari pasiuni, fără ca un observator din afară să înțeleagă de ce. Poate atât de mult să depindă de o *definiție* a „științei”? Poate o definiție să-i spună cuiva dacă este sau nu un om de știință? Și dacă da, de ce nu își bat capul cei din științele naturii sau artiștii cu definiția termenului? Inevitabil, se naște bănuiala că problema este mai adâncă. Probabil

că adevăratele întrebări care se pun sunt următoarele: De ce nu avansează domeniul meu precum fizica, de pildă? Ce schimbări de tehnici sau de ideologie i-ar permite să o facă? Acestea nu sunt însă întrebări la care să se poată răspunde printr-un acord asupra unei definiții. De altfel, dacă precedentele din științele naturii sunt de vreun folos, asemenea întrebări vor înceta să mai fie prilej de preocupare nu atunci când o definiție va fi fost găsită, ci când grupul care acum se îndoiește de propriul său statut va fi realizat un consens asupra realizărilor sale trecute și prezente. Poate fi semnificativ, de pildă, faptul că economiștii discută mai puțin despre științificitatea domeniului lor decât practicienii din alte domenii ale științelor sociale. Oare pentru că economiștii știu ce este știința? Sau este oare vorba mai degrabă de faptul că ei sunt de acord asupra problemelor științei economice?

Această idee își are reciproca ei care, deși nu mai este pur și simplu semantică, ne poate ajuta să evidențiem legăturile intime dintre noțiunile noastre de știință și de progres. Vreme de multe secole, atât în Antichitate cât și în zorii vremurilor moderne, pictura era considerată ca disciplină cumulativă. În acele timpuri, se presupunea că scopul artistului era reprezentarea. Critici și istorici ca Plinius și Vasari înregistrau cu venerație șirul de invenții de la perspectivă până la *chiaroscuro* care permiseseră, încetul cu încetul, reprezentări tot mai perfecte ale naturii¹. Dar întâlnim, de asemenea, vremuri mai ales în timpul Renașterii, când ruptura dintre științe și arte era puțin resimțită. Leonardo era numai unul dintre atâția alții care se mișca liber între domenii ce aveau să devină numai mai târziu categoric distincte². Apoi, chiar după ce acest transfer permanent a încetat, termenul „artă” a continuat să fie aplicat deopotrivă tehnologiei și meșteșugurilor, considerate capabile de progres, ca și picturii și sculpturii. Numai când acestea din urmă au renunțat limpede la reprezentare ca scop al lor și au

început să învețe din nou după modele primitive, numai atunci ruptura, care acum ni se pare firească, și-a dobândit adâncimea ei actuală. Și chiar astăzi, ca să schimbăm din nou domeniile, dificultatea noastră de a vedea profundele diferențe dintre știință și tehnologie trebuie parțial legată de faptul că progresul este un atribut evident al amândurora.

Dificultățile de față ar putea fi doar clarificate, nu și rezolvate, de recunoașterea faptului că tindem să considerăm știința orice domeniu în care progresul este evident. Rămâne însă problema de a înțelege de ce progresul ar trebui să fie o caracteristică atât de remarcabilă a unei întreprinderi realizate cu tehnicile și obiectivele pe care le-a descris acest eseu. Această problemă conține de fapt mai multe, astfel încât va trebui să le considerăm pe fiecare în parte. În toate cazurile, cu excepția ultimului, rezolvarea lor va depinde în parte de o inversare a imaginii noastre obișnuite despre relația dintre activitatea științifică și comunitatea care o practică. Trebuie să învățăm să recunoaștem drept cauze cele ce de obicei au fost luate drept efecte. Dacă putem face acest lucru, atunci termenii de „progres științific” și chiar de „obiectivitate științifică” pot ajunge să pară parțial redundanți. De fapt, un aspect al redundanței tocmai a fost exemplificat. Progresează un domeniu pentru că este o știință, sau este o știință pentru că progresează?

Să ne întrebăm acum de ce o întreprindere ca știința normală trebuie să progreseze și, în acest scop, să începem prin a ne reaminti câteva din caracteristicile ei cele mai pregnante. În mod normal membrii unei comunități științifice mature lucrează pe baza unei singure paradigme sau a unei mulțimi de paradigme înrudite îndeaproape. Foarte rar, comunitățile științifice investighează aceleași probleme. În acele cazuri excepționale, grupurile împărtășesc câteva paradigme majore. Văzut însă dinăuntrul oricărei comunități în parte, fie ea științifică sau nu, rezultatul muncii creatoare reușite înseamnă progres. Și cum ar putea să fie altfel? Tocmai notam, de pildă, că în vreme ce artiștii aveau ca scop reprezentarea, atât criticii cât și istoricii au înregistrat progresul ca fiind al unui singur grup, aparent unit. Alte domenii creative evidențiază un același gen de progres. Teologul care articulează dogma sau filozoful care perfecționează imperativele kantiene

¹ E. H. Gombrich, *Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation* (New York, 1960), pp. 11–12.

² *Ibidem*, p. 97; și Giorgio de Santillana, „The Role of Art in the Scientific Renaissance”, în *Critical Problems in the History of Science*, ed. M. Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 33–65.

contribuie la progres, măcar la cel al grupului care împărtășește premisele sale. Nici o școală creatoare nu recunoaște o operă care este, pe de o parte, un succes de creație dar care, pe de altă parte, nu este un adaos la înfăptuirile colective ale grupului. Dacă ne îndoim, asemeni multora, că disciplinele nonștiințifice fac progrese, cauza nu poate fi aceea că școlile individuale nu fac nici un progres. Mai curând, cauza trebuie să fie aceea că există întotdeauna școli rivale, fiecare chestionând permanent înseși fundamentele celorlalte. Cel care argumentează că filozofia, de pildă, nu a făcut nici un progres, subliniază faptul că mai există încă aristotelicieni și nicidecum că aristotelismul nu a reușit să progreseze.

Aceste îndoieli în privința progresului apar însă și în științe. De-a lungul întregii perioade preparadigmatică, când există o multitudine de școli rivale, dovezile progresului, exceptând cele dinăuntrul școlilor, sunt foarte greu de găsit. Aceasta este perioada descrisă în secțiunea a II-a, în care cercetători individuali fac știință fără ca rezultatele muncii lor să se cumuleze într-o știință așa cum o cunoaștem. La fel, în timpul revoluțiilor, când principiile fundamentale ale unei discipline sunt din nou puse în discuție, sunt exprimate mereu îndoieli asupra înseși posibilității continuării progresului în cazul în care una sau alta dintre paradigmele opuse este adoptată. Cei care au respins newtonismul afirmau că întemeierea sa pe forțe innăscute ar reîntoarce știința în Evul Mediu. Cei care se opuneau chimiei lui Lavoisier susțineau că părăsirea „principiilor” chimice în favoarea elementelor de laborator reprezenta o negare a explicațiilor chimice existente de către cei care voiau să se refugieze în spatele unui simplu nume. O atitudine similară, deși mai moderat exprimată, pare să fi stat la baza opoziției lui Einstein, Bohm și a altora față de interpretarea probabilistă dominantă a mecanicii cuantice. Pe scurt, numai în cursul perioadelor de știință normală progresul pare evident și asigurat. Dar, în cursul acestor perioade, comunitatea științifică nu poate concepe altfel rezultatele muncii sale.

Așadar, în termenii științei normale, o parte a răspunsului la problema progresului este evidentă pentru oricine. Progresul științific nu este diferit calitativ de progresul din alte domenii dar

absența, în majoritatea timpului, a școlilor rivale care își contestă reciproc obiectivele și criteriile face ca progresul unei comunități angajate în știință normală să fie mult mai ușor de remarcat. Dar aceasta nu este decât o parte a răspunsului și nicidecum cea mai importantă. Am observat, de pildă, că de îndată ce adoptarea unei paradigme comune eliberează comunitatea științifică de necesitatea permanentă de a-și reexamina principiile de bază, membrii acelei comunități se pot concentra exclusiv asupra fenomenelor mai subtile și ezoterice care îi preocupă. Inevitabil, de aici urmează o sporire a eficacității și randamentului cu care grupul, în ansamblu, rezolvă noile probleme. Alte aspecte ale vieții profesionale din știință amplifică și mai mult această eficiență deosebită.

Unele din aceste aspecte sunt consecințe ale distanțării fără precedent a comunităților științifice mature de exigențele oamenilor obișnuiți și ale vieții de zi cu zi. Această distanțare nu a fost niciodată completă; ceea ce discutăm acum este o chestiune de grad. Totuși, nu există nici o altă comunitate profesională în care munca creatoare a individului să fie într-o asemenea măsură adresată celorlalți membri ai comunității și evaluată de către ei. Cel mai ezoteric dintre poeți sau cel mai abstract dintre teologi este mult mai preocupat decât omul de știință de aprobarea de către profani a muncii sale creatoare, deși poate fi chiar mai puțin preocupat de aprobare în general. Această diferență se dovedește plină de consecințe. Tocmai pentru că se adresează unui public de colegi, un public care îi împărtășește valorile și convingerile, omul de știință poate presupune și lua ca indiscutabilă o unică mulțime de criterii. El nu are nevoie să se preocupe de ce va gândi alt grup sau altă școală și poate deci lăsa la o parte o problemă pentru a se ocupa de următoarele mai eficient decât cei care lucrează pentru un grup mai eterogen. Chiar mai important este faptul că izolarea de societate a comunității științifice permite omului de știință să-și concentreze atenția asupra problemelor despre care are temeieri suficiente să creadă că va fi în stare să le rezolve. Spre deosebire de inginer și mulți medici sau de majoritatea teologilor, omul de știință nu este nevoit să-și aleagă probleme care trebuie urgent soluționate, indiferent de instrumentele de care dispune pentru a

le rezolva*. În această privință, contrastul dintre cercetătorii din științele naturii și mulți dintre cei din științele sociale se dovedește de asemenea instructiv. Aceștia din urmă, spre deosebire de primii, tind adesea să-și justifice alegerea unei probleme de cercetare — de exemplu, efectele discriminării rasiale sau cauzele ciclului afacerilor — mai ales în termenii importanței sociale a obținerii unei soluții. Care dintre grupuri ne vom aștepta atunci să rezolve mai rapid problemele?

Efectele izolării de restul societății sunt considerabil amplificate de o altă trăsătură a comunității științifice: natura inițierii ei educaționale. În muzică, arte plastice și literatură profesionistul își dobândește educația prin contactul cu lucrările altor artiști, mai ales ale înaintașilor. Manualele, cu excepția compendiilor sau a antologiilor de creații originale, au numai un rol secundar. În istorie, filozofie și științe sociale, manualele au o importanță mai mare. Dar chiar și în aceste domenii, cursurile universitare elementare folosesc lecturi paralele din surse originale, unele din ele fiind lucrări clasice în acel domeniu, iar altele rapoarte de cercetare contemporane pe care profesioniștii le scriu pentru informarea colegilor lor. În consecință, studentul din oricare dintre aceste discipline este permanent conștient de imensa varietate de probleme pe care membrii viitorului său grup au încercat să o rezolve de-a lungul timpului. Mai important, chiar, este faptul că el are constant în fața lui un număr de soluții rivale și incomensurabile ale acestor probleme, soluții pe care el trebuie până la urmă să le evalueze singur.

* Când vorbește de „izolarea de societate a comunității științifice“, Kuhn pare să aibă în vedere acele domenii ale cercetării fundamentale în care obiectivele cercetării decurg, în primul rând, din problemele-puzzle legate de adoptarea unei anumite paradigme și nu din necesitățile rezolvării unor probleme practice importante și presante. Aceasta nu exclude desigur faptul că rezultatele cercetării fundamentale pot avea cele mai revoluționare aplicații practice. Kuhn accentuează în acest pasaj, ca și în general în cartea sa, deosebirea dintre cercetarea fundamentală și cea aplicativă, nu unitatea lor. Nu este însă vorba de o poziție de principiu, ci de o consecință a problematicei specifice a lucrării sale și a punctului până la care autorul a reușit să ajungă în elaborarea și aprofundarea acestei problematicei. (Vezi în această privință și observațiile din Prefață.)

Să comparăm această situație cu cea din științele (cel puțin) contemporane ale naturii. În aceste discipline, studentul se bazează îndeosebi pe manuale până când, în al treilea sau al patrulea an de studii, își începe propria sa cercetare. Multe programe nu cer studenților nici măcar să citească lucrări care nu au fost scrise expres pentru ei. Puținele care pretind lecturi suplimentare ale unor articole și monografii de cercetare restrâng aceste lecturi la cele mai avansate cursuri și materiale care, mai mult sau mai puțin, continuă de unde manualele existente se opresc. Până în ultimele stadii ale educației unui om de știință, manualele înlocuiesc sistematic literatura științifică creatoare care le-a făcut posibile. Dată fiind încrederea în paradigmele lor, care face posibilă această tehnică educațională, puțini oameni de știință vor dori să o schimbe. Și de ce, la urma urmelor, să citească studentul în fizică lucrările lui Newton, Faraday, Einstein sau Schrödinger când tot ce are nevoie să știe despre lucrări este recapitulat într-o formă mult mai concisă, precisă și mai sistematică în câteva manuale recente?

Fără a dori să apăr gradul excesiv la care a ajuns uneori acest tip de educație, nu putem să nu observăm că, în general, el a fost extraordinar de eficient. Firește, aceasta este o educație îngustă și rigidă, probabil mai mult decât oricare alta, cu excepția, poate, a teologiei ortodoxe. Dar, pentru activitatea științifică normală, pentru rezolvarea de *puzzles* în cadrul tradiției pe care o definesc manualele, omul de știință este aproape perfect echipat. Apoi, el este bine echipat și pentru sarcină — generarea prin știința normală a crizelor semnificative. Când ele survin, omul de știință nu mai este, firește, atât de bine pregătit. Chiar dacă crizele prelungite se reflectă probabil într-o practică educațională mai puțin rigidă, pregătirea științifică nu este, în general, concepută să formeze un om capabil să descopere cu ușurință o nouă abordare. Atâta vreme, însă, cât cineva apare cu un nou candidat la paradigmă — de obicei un tânăr sau un novice în domeniu — pierderile datorate rigidității îl afectează doar pe individ. Fiind dat răstimpul unei generații în cursul căruia să se poată produce schimbarea, rigiditatea individuală este compatibilă cu o comunitate care poate trece de la o paradigmă la alta când împrejurările o cer — mai ales când

însăși această rigiditate oferă comunității un indicator sensibil că ceva nu este în regulă.

În starea ei normală, așadar, o comunitate științifică este un instrument extrem de eficient de rezolvare a problemelor sau *puzzles*-urilor definite de paradigma ei. Rezultatul rezolvării acestor probleme trebuie inevitabil să reprezinte un progres. Nu este nimic problematic aici. Dar înțelegerea acestui aspect nu face decât să scoată în relief al doilea aspect principal al problemei progresului în știință. Să ne oprim deci asupra lui și să vedem cum se pune problema progresului în știința extraordinară. De ce ar însoți progresul, aparent întotdeauna, revoluțiile științifice? Din nou, putem afla multe întrebându-ne ce alt rezultat ar putea avea o revoluție științifică. Revoluțiile se încheie printr-o victorie totală pentru una din cele două tabere opuse. Va spune vreodată acea tabără că rezultatul victoriei ei înseamnă mai puțin decât progres? Așa ceva nu ar fi departe de a admite că ei au greșit și că adversarii au avut dreptate. Cel puțin pentru ei, rezultatul revoluției trebuie să însemne progres și au toate posibilitățile pentru a face ca viitorii membri ai comunității lor să vadă istoria trecută în același mod. Secțiunea a XI-a a descris detaliat metodele prin care este îndeplinit acest deziderat, iar mai sus ne-am referit la un aspect foarte înrudit al vieții științifice profesionale. Când repudiază o fostă paradigmă, comunitatea științifică neagă în același timp, ca obiect adecvat al examenului profesional, majoritatea cărților și articolelor în care era materializată acea paradigmă. Educația științifică nu folosește vreun echivalent al muzeului de artă sau al bibliotecii de lucrări clasice, rezultatul fiind uneori o distorsionare drastică în înțelegerea de către omul de știință a trecutului disciplinei sale. În mai mare măsură decât practicienii altor discipline creatoare, el ajunge să vadă acest trecut ca ducând în linie dreaptă la punctul de vedere actual al disciplinei sale. Pe scurt, el ajunge să îl vadă ca progres. Nici o alternativă nu îi este disponibilă atâta vreme cât rămâne înăuntrul disciplinei.

Inevitabil, aceste remarci vor sugera că membrul unei comunități științifice mature este, asemenea personajului tipic din 1984 al lui Orwell, victima unei istorii rescrise de puternicii zilei. Această sugestie nu este cu totul nepotrivită. Există pierderi ca și câștiguri

în revoluțiile științifice, dar oamenii de știință tind să fie deosebit de orbi la cele dintâi³. Pe de altă parte, nici o explicație a progresului prin revoluții nu se poate opri aici. A face acest lucru ar presupune că în știință cel puternic are dreptate — o formulare care, din nou, nu ar fi întru totul greșită dacă nu ar ascunde natura procesului și autorității prin care este făcută alegerea între paradigme. Dacă numai autoritatea și în particular autoritatea ne-profesională ar fi arbitru controverselor dintre paradigme, deznodământul acestor controverse ar putea fi totuși o revoluție, dar nu una *științifică*. Însăși existența științei depinde de investirea membrilor unui tip special de comunitate cu puterea de a alege între paradigme. Cât de specială trebuie să fie acea comunitate pentru ca știința să supraviețuiască și să se dezvolte, reiese din însăși fragilitatea legăturii pe care omenirea o are cu întreprinderea științifică. Fiecare civilizație despre care avem mărturii a posedat o tehnologie, o artă, o religie, un sistem politic, legi, și așa mai departe. În multe cazuri, acele aspecte ale civilizației au fost la fel de dezvoltate ca și ale noastre. Dar numai civilizațiile care descind din Grecia antică au posedat mai mult decât o știință foarte rudimentară. Cea mai mare parte a cunoașterii științifice este un produs al Europei din ultimele patru secole. Nici un alt loc și timp nu au favorizat dezvoltarea comunităților foarte speciale ce generează productivitatea științifică.

Care sunt caracteristicile esențiale ale acestor comunități? Evident, ele necesită un studiu mult mai amplu. În acest domeniu sunt posibile numai cele mai ipotetice generalizări. Totuși, câteva condiții de apartenență la un grup profesional științific trebuie să se fi impus deja cu deosebită claritate. De pildă, omul de știință trebuie să fie preocupat de rezolvarea problemelor privind comportamentul naturii. În plus, deși preocuparea sa pentru natură

³ Istoricii științei întâlnesc adeseori această orbire într-o formă deosebit de izbitoare. Studenții care vin la ei din științe reprezintă, foarte adesea, cel mai promițător grup căruia îi predau. Dar la început, acesta este de obicei și grupul cel mai dificil. Deoarece studenții în științe „știu care sunt răspunsurile corecte“, este extrem de greu să-i convingi să analizeze o știință mai veche în termenii ei proprii.

poate fi globală ca întindere, problemele asupra cărora lucrează trebuie să fie probleme de detaliu. Mai important: soluțiile care îl satisfac nu pot fi numai personale ci trebuie să fie acceptate ca soluții de către mulți. Grupul care le împărtășește nu poate fi însă ales la întâmplare din societate, ci este, mai degrabă, comunitatea bine definită a colegilor profesioniști ai omului de știință. Ca indivizi și în virtutea pregătirii și experienței lor comune, membrii grupului trebuie considerați singurii posesori ai regulilor jocului sau ai unei baze echivalente pentru judecăți neechivoce. Îndoiala că ei împărtășesc o asemenea bază pentru evaluări ar implica admiterea existenței unor criterii incompatibile ale realizărilor științifice. Această admitere ar ridica inevitabil chestiunea dacă adevărul în știință poate fi unul.

Această listă restrânsă de caracteristici comune comunităților științifice a fost — și trebuie — integral dedusă din practica științei normale. Aceasta este activitatea pentru care omul de știință este în mod obișnuit pregătit. De observat însă că, în ciuda mărimii ei reduse, această listă este deja suficientă pentru a distinge asemenea comunități de toate celelalte grupuri profesionale. Și să observăm, în plus, că în ciuda întemeierii ei pe știința normală, lista dă seamă de multe trăsături deosebite ale reacției grupului în timpul revoluțiilor științifice și mai ales în timpul controverselor dintre paradigme. Am remarcat că un grup de acest gen trebuie să vadă în schimbarea unei paradigme un progres. Acum putem recunoaște că ideea se confirmă în câteva privințe importante. Comunitatea științifică este un instrument extrem de eficient pentru maximizarea numărului și preciziei problemelor rezolvate prin schimbarea paradigmei.

Întrucât unitatea de măsură a reușitei științifice este problema rezolvată și întrucât grupul știe bine care probleme au fost deja rezolvate, puțini oameni de știință vor fi lesne convinși să adopte un punct de vedere care pune din nou la îndoială multe dintre problemele ce fuseseră anterior rezolvate. Natura însăși trebuie mai întâi să submineze siguranța profesională, făcând ca reușitele anterioare să pară problematice. Apoi, chiar atunci când aceasta s-a întâmplat și s-a apelat la un nou candidat la paradigmă, oamenii de știință nu se vor grăbi să îl adopte până când nu vor fi convinși

că sunt îndeplinite două condiții extrem de importante. În primul rând, noul candidat trebuie să pară că rezolvă unele probleme proeminente și general recunoscute că nu pot fi abordate altfel. În al doilea rând, noua paradigmă trebuie să garanteze păstrarea unei părți relativ mari a capacității concrete de rezolvare a problemelor pe care predecesoarele ei au încorporat-o științei. Noutatea de dragul noutății nu este un deziderat în știință, la fel cum nu este nici în multe alte domenii de creație. În consecință, deși noile paradigme nu dispun decât rareori sau niciodată de toate capacitățile predecesoarelor lor, ele păstrează de obicei o bună parte din componentele cele mai concrete ale realizărilor trecute și întotdeauna permit și alte soluții concrete ale problemelor.

Capacitatea de a rezolva problema nu este desigur nici singura bază pentru o alegere între paradigme și nici una lipsită de echivoc. Am stabilit destule temeuri pentru care nu poate exista un astfel de criteriu. Dar cele de mai sus sugerează că o comunitate de specialiști în științe va face tot ce îi stă în putere pentru a asigura continua creștere a datelor adunate, pe care le poate trata precis și detaliat. În cursul procesului, comunitatea va suferi pierderi. Deseori, unele din vechile probleme vor fi înlăturate. De multe ori, revoluția restrânge sfera de preocupări profesionale ale comunității, sporește măsura specializării ei și slăbește legăturile sale de comunicare cu alte grupuri, atât științifice cât și profane. Deși știința crește indiscutabil în adâncime, ea poate să nu crească și în amploare. Dacă totuși o face, această amploare este evidentă mai ales în proliferarea specialităților științifice, nu și în domeniul vreunei specialități în parte. Totuși, în ciuda acestora și a altor pierderi ale diferitelor comunități, natura comunităților oferă o garanție virtuală că atât lista problemelor rezolvate de știință cât și precizia soluțiilor lor individuale nu vor înceta să crească. Cel puțin, natura comunității asigură o astfel de garanție, dacă există în general vreun mod în care ea poate fi asigurată. Ce alt criteriu mai bun poate exista decât decizia grupului științific?

Ultimele paragrafe indică direcțiile în care cred că trebuie căutată o mai bună soluționare a problemei progresului în știință. Ele indică poate că progresul științific nu este ceea ce am crezut. Dar ele arată în același timp că un anume fel de progres va

caracteriza inevitabil întreprinderea științifică atâta vreme cât o asemenea întreprindere supraviețuiește. În știință nu trebuie să existe un altfel de progres. Pentru a fi mai clar, s-ar putea să fim nevoiți să renunțăm la ideea, explicită sau implicită, că schimbările de paradigme îi apropie tot mai mult de adevăr pe oamenii de știință și pe cei care învață de la ei.

A venit momentul să observăm că, exceptând ultimele câteva pagini, termenul de „adevăr“ nu a apărut în acest eseu decât într-un citat din Francis Bacon. Și chiar în aceste ultime pagini, el a apărut numai ca o bază a convingerii omului de știință că nu pot coexista reguli incompatibile de a face știință decât în timpul revoluțiilor, când principala sarcină a comunității științifice este de a elimina toate mulțimile de asemenea reguli, cu excepția uneia. Procesul de dezvoltare descris în acest eseu a fost un proces de evoluție *de la* începuturi rudimentare, un proces ale cărui stadii succesive sunt caracterizate printr-o înțelegere tot mai detaliată și adâncă a naturii. Dar nimic din ceea ce a fost sau va fi spus aici nu îl definește ca un proces de evoluție *spre* ceva. Inevitabil, această lacună îi va fi deranjat pe mulți cititori. Suntem profund obișnuiți să concepem știința ca fiind întreprinderea care se apropie permanent de scopuri prestabilite de natură.

Dar este oare nevoie de vreun asemenea scop? Nu putem oare explica existența și succesul științei deopotrivă în termenii evoluției stării de cunoaștere a comunității în orice moment dat? Ne ajută realmente să ne închipuim că există vreo explicație deplină, obiectivă, adevărată a naturii și că măsura adecvată a reușitei științifice este gradul în care ea ne apropie de acest scop final? Dacă putem învăța să înlocuim evoluția-spre- ceea-ce-dorim-să-cunoaștem cu evoluția-de-la- ceea-ce-cunoaștem, atunci vor dispărea unele probleme supărătoare. Undeva, în acest labirint, trebuie să se afle, de pildă, și problema inducției.

Nu pot încă specifica în detaliu consecințele acestei concepții alternative despre progresul științei. Ea ne ajută însă să recunoaștem că transformarea conceptuală propusă aici este foarte apropiată de cea întreprinsă cu un secol în urmă. Ea este deosebit de utilă

* A se vedea studiul introductiv.

deoarece, în ambele cazuri, principalul obstacol în fața transformării este același. Când Darwin a publicat prima oară, în 1859, teoria sa asupra evoluției prin selecție naturală, ceea ce i-a îngrijorat cel mai mult pe specialiști nu a fost nici ideea schimbării speciilor și nici posibila descindere a omului din maimuță. Dovezile privitoare la evoluție, inclusiv la evoluția omului, se acumulează timp de decenii, iar ideea evoluției fusese avansată și larg răspândită încă înainte. Deși ideea evoluției, ca atare, a întâmpinat rezistență, mai ales din partea unor grupuri religioase, aceasta nu era nici pe departe cea mai mare dintre dificultățile de care s-au lovit darwiniștii. Acea dificultate provenea dintr-o idee care era într-o mult mai mare măsură proprie lui Darwin. Toate teoriile evoluționiste bine cunoscute înainte de Darwin — cele aparținând lui Lamarck, Chambers, Spencer și unor *Naturphilosophen* germani — considerau evoluția drept un proces orientat spre un scop. Se credea că, „ideea“ de om și de floră și faună contemporană fusese prezentă de la prima creare a vieții, poate în cugetul lui Dumnezeu. Era ideea sau planul care dăduse direcția și forța orientativă întregului proces evolutiv. Fiecare nou stadiu al dezvoltării evolutive reprezenta o și mai perfectă realizare a unui plan care existase de la bun început⁴.

Pentru mulți oameni abolirea genului teleologic de evoluție a fost cea mai semnificativă și mai puțin agreabilă din ideile lui Darwin⁵. *Originea speciilor* nu admitea vreun scop stabilit de Dumnezeu sau de natură. În schimb, selecția naturală, operând într-un mediu dat și asupra organismelor reale aflate acolo, era responsabilă de apariția treptată dar continuă a unor organisme mai elaborate, mai articulate și mult mai specializate. Chiar organe atât de minunate adaptate cum sunt ochiul și mâna omului — organe a căror articulare oferise mai înainte puternice argumente în favoarea existenței unui arhitect suprem și a unui plan prestabilit —

⁴ Loren Eiseley, *Darwin's century: Evolution and the Men Who Discovered it* (New York, 1958), cap. II, IV-V.

⁵ Pentru o relatare deosebit de pătrunzătoare a uneia din confruntările darwiniste majore cu această problemă, vezi A. Hunter Dupree, *Asa Gray, 1810-1888* (Cambridge, Mass., 1959), pp. 295-306, 355-383.

erau produse ale unui proces care are *origini* primitive, dar care nu are nici un *scop*. Ideea că selecția naturală, rezultând numai din competiția dintre organisme pentru supraviețuire, putea să-l fi produs pe om împreună cu animalele și plantele superioare era cel mai dificil și mai tulburător aspect al teoriei lui Darwin. Ce puteau să însemne ideile de „evoluție“, „dezvoltare“ și „progres“ în lipsa unui scop specificat? Pentru mulți oameni, acești termeni păreau dintr-odată contradictorii.

Analogia dintre evoluția organismelor și evoluția ideilor științifice poate fi ușor dusă prea departe. Dar în raport cu problemele din această secțiune finală, ea este foarte potrivită. Procesul descris în secțiunea a XII-a ca deznodământ al revoluțiilor este selecția prin conflict, înăuntrul comunității științifice, a celui mai apt mod de a face știință. Rezultatul net al unui șir de astfel de selecții revoluționare, separate de perioade de cercetare normală, este mulțimea de instrumente minunat adaptate pe care o numim cunoaștere științifică modernă. Etapele succesive ale acestui proces evolutiv sunt marcate de o creștere a articulării și specializării. Iar întregul proces poate să fi apărut, așa cum credem astăzi că s-a întâmplat cu evoluția biologică, fără concursul unui scop prestabilit, al unui adevăr științific fixat o dată pentru totdeauna, în raport cu care fiecare etapă în dezvoltarea cunoașterii științifice este o copie mai bună.

Oricine a urmărit argumentarea până în acest punct va simți totuși nevoia să întrebe: De ce funcționează procesul evolutiv? Cum trebuie să fie natura, inclusiv omul, pentru ca știința să fie posibilă? De ce sunt comunitățile științifice capabile să ajungă la un consens ferm, inaccesibil în alte domenii? De ce durează acest consens în cursul schimbărilor de paradigmă? Și de ce schimbarea paradigmelor produce invariabil un instrument mai perfecționat, în toate sensurile, decât cele cunoscute până atunci? Dintr-un anumit punct de vedere, aceste întrebări, cu excepția celei dintâi, au primit deja un răspuns. Dar dintr-un alt punct de vedere, ele sunt la fel de deschise pe cât fuseseră la începutul acestui eseu. Nu numai comunitatea științifică trebuie să fie deosebită. Lumea din care această comunitate este o parte trebuie de asemenea să aibă caracteristici cu totul deosebite și nu suntem mai aproape de a ști

care trebuie să fie acestea decât fusesem la început. Această problemă — cum trebuie să fie lumea pentru ca omul să o poată cunoaște — nu a fost însă creată de acest eseu. Dimpotrivă, este o problemă la fel de veche ca știința însăși și fără răspuns. Dar ea nu trebuie să primească un răspuns aici. Orice concepție despre natură, compatibilă cu ideea creșterii științei, este compatibilă și cu concepția evoluționistă despre știința dezvoltată aici. Deoarece această concepție este de asemenea compatibilă cu observarea atentă a vieții științifice, există argumente puternice pentru a o folosi în încercările de a rezolva numeroasele probleme cu care mai suntem încă confrunțați.

Post-scriptum—1969

S-au scurs aproape șapte ani de la apariția acestei cărți¹. Între timp, atât reacțiile criticilor cât și cercetările mele ulterioare m-au făcut să înțeleg mai bine un număr de probleme pe care le ridică această carte. În chestiunile fundamentale punctul meu de vedere este aproape neschimbat, deși recunosc acum aspecte ale formulării lui inițiale care au creat dificultăți și neînțelegeri gratuite. Întrucât unele dintre aceste neînțelegeri îmi aparțin, eliminarea lor îmi permite să câștig teren pentru ceea ce va fi, în ultimă instanță, baza unei noi versiuni a cărții². Până atunci, consider bine-venită posibilitatea de a schița revizuirile necesare, de a comenta unele critici repetate și de a sugera direcțiile în care se dezvoltă actualmente propria mea gândire³.

¹ Acest postscriptum a fost inițial pregătit la sugestia fostului meu student și vechi prieten, dr. Shigeru Nakayama de la Universitatea din Tokio, pentru a fi inclus în traducerea japoneză a cărții. Îi sunt recunoscător pentru idee, pentru răbdarea sa în așteptarea fructificării ei și pentru permisiunea de a include rezultatul în ediția engleză.

² Pentru această ediție nu am încercat o rescriere sistematică, restrângând modificările la corectarea câtorva erori tipografice, plus a două pasaje care conțineau erori izolate. Una este descrierea rolului *Principiilor* lui Newton în dezvoltarea mecanicii secolului al optprezecelea de la pp. 93–96 de mai sus. Cealaltă se referă la reacția la crize (p. 152).

³ Alte indicații pot fi găsite în două eseuri recente ale mele: „Reflections on my Critics“, în Imre Lakatos și Alan Musgrave (editori), *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge, 1970); și „Second Thoughts on Paradigms“, în Frederick Suppe (ed.), *The Structure of Scientific Theories* (Urbana, III, 1973). Voi cita mai jos primul dintre aceste eseuri prin „Reflections“ iar volumul în care acesta apare prin *Growth of Knowledge*; la al doilea eseu mă voi referi sub titlul de „Second Thoughts“.

Unele dintre dificultățile principale ale textului meu original se concentrează în jurul conceptului de paradigmă; de aceea discuția mea va începe cu ele⁴. În subsecțiunea care urmează de îndată, sugerez utilitatea despărțirii acestui concept de noțiunea de comunitate științifică, arăt cum se poate face acest lucru și discut unele consecințe semnificative ale separării analitice care rezultă. Apoi mă refer la ceea ce se întâmplă când paradigmele sunt cercetate prin examinarea comportamentului membrilor unei comunități științifice *determinate în prealabil*. Această procedură dezvăluie imediat faptul că, într-o mare parte a cărții, termenul „paradigmă” este folosit în două sensuri diferite. Pe de o parte, el desemnează o întreagă constelație de convingeri, valori, metode etc., împărtășite de membrii unei comunități date. Pe de altă parte, el denotă un tip de element din acea constelație, soluțiile concrete ale *puzzles*-urilor care, folosite ca modele sau exemple, pot înlocui reguli explicite ca bază pentru rezolvarea celorlalte *puzzles* ale științei normale. Primul sens al termenului, să-l numim sociologic, formează obiectul subsecțiunii 2 de mai jos; subsecțiunea 3 este consacrată paradigmelor ca realizări exemplare ale trecutului.

Cel puțin filozofic, acest al doilea sens al „paradigmei” este mai adânc decât primul, iar afirmațiile pe care le-am făcut în numele lui sunt principalele surse de controverse și neînțelegeri stârnite de această carte, mai ales ale acuzației că fac din știință o întreprindere subiectivă și irațională. Aceste chestiuni sunt tratate în subsecțiunile 4 și 5. Prima argumentează că termeni ca „subiectiv” și „intuitiv” nu pot fi corect aplicați componentelor cunoașterii pe care le-am descris ca fiind tacit incorporate în exemple comune. Deși o asemenea cunoaștere nu este supusă, fără schimbări esențiale, parafrazării în termeni de reguli și criterii, ea este totuși sistematică, verificată în timp și într-un sens corigibilă. Subsecțiunea 5 aplică acest argument la problema alegerii între

⁴ Pentru o critică deosebit de convingătoare a prezentării pe care am făcut-o inițial paradigmelor, vezi Margaret Masterman, „The Nature of a Paradigm”, în *Growth of Knowledge*; și Dudley Shapere „The Structure of Scientific Revolutions”, *Philosophical Review*, LXXIII (1964), pp. 383–394.

două teorii incompatibile, conchizând că oamenii cu puncte de vedere incomparabile pot fi considerați membrii unor comunități lingvistice diferite și că problemele lor de comunicare pot fi analizate ca probleme de traducere. Alte trei chestiuni rămase sunt discutate în subsecțiunile finale 6 și 7. Prima se referă la acuzația că concepția despre știință dezvoltată în această carte este într-un totu relativistă. Cealaltă debutează cu întrebarea dacă argumentarea mea suferă realmente, cum s-a spus, de pe urma unei confuzii între o manieră descriptivă și, respectiv, normativă de prezentare a lucrurilor; în încheiere se fac câteva scurte remarci asupra unei teme care merită un eseu separat: este vorba despre măsura în care principalele teze ale cărții pot fi în mod legitim aplicate și altor domenii decât știința.

1. Paradigmele și structura comunității

Termenul de „paradigmă” apare aproape de la începutul eseului, iar modul în care este introdus este intrinsec circular. O paradigmă este ceea ce împărtășesc membrii unei comunități științifice și, reciproc, o comunitate științifică este compusă din oameni care împărtășesc o paradigmă. Nu toate circularitățile sunt vicioase (voi susține mai jos un argument cu o structură similară), dar cea de față generează reale dificultăți. Comunitățile științifice pot și trebuie să fie identificate fără recursul prealabil la paradigme; paradigmele pot fi atunci descoperite examinând comportamentul membrilor unei comunități date. Dacă ar fi rescrisă, cartea ar debuta de aceea cu o discuție asupra structurii de comunitate a științei, o temă care a devenit recent o preocupare semnificativă a cercetării sociologice și pe care istoricii științei încep de asemenea să o ia în serios. Rezultate preliminare, multe dintre ele încă nepublicate, arată că tehnicile empirice necesare pentru explorarea ei nu sunt lipsite de importanță, dar că unele există și altele vor fi cu siguranță elaborate⁵. Cei mai mulți dintre oamenii de știință activi răspund

⁵ W. O. Hagstrom, *The Scientific Community* (New York, 1965), Cap. IV și V; D. J. Price și D. de B. Beaver, „Collaboration in an invisible College”, *American Psychologist*, XXI (1966), pp. 1011–1018; Diana Crane, „Social

de îndată la întrebări privind apartenența lor la diverse comunități, considerând firesc faptul că responsabilitatea pentru diferitele specialități curente este distribuită între grupuri cu o compoziție aproximativ determinată. Voi presupune deci că vor fi găsite mijloace mai sistematice pentru identificarea lor. În loc de a prezenta rezultatele cercetărilor preliminare, voi dezvolta pe scurt noțiunea intuitivă de comunitate care stă la baza unei părți considerabile din primele secțiuni ale cărții. Este o noțiune larg împărtășită astăzi de savanți, sociologi și de un număr de istorici ai științei.

Potrivit acestei concepții, o comunitate științifică este compusă din practicienii unei specialități științifice date. Într-o măsură, negalată în majoritatea celorlalte domenii, ei au trecut prin aceeași educație și inițiere profesională; un proces din care ei au asimilat aceeași literatură tehnică și au învățat lucruri asemănătoare. De obicei, limitele acestei literaturi standard marchează limitele obiectului cercetării, iar fiecare comunitate are de regulă unul propriu. Există școli în științe, adică comunități care abordează același subiect din puncte de vedere incompatibile. Dar ele sunt mult mai rare aici decât în alte domenii; ele se află întotdeauna în competiție; iar competiția se încheie de obicei repede. În consecință, membrii unei comunități științifice se consideră pe sine și sunt considerați de alții ca fiind singurii responsabili pentru urmărirea unor scopuri comune, inclusiv pregătirea urmașilor lor. Înăuntrul unor asemenea grupuri, comunicarea este relativ deplină iar judecata profesională relativ unanimă. Întrucât atenția diferitelor comunități științifice este, pe de altă parte, concentrată asupra unor chestiuni diferite, comunicarea profesională peste granițe ce separă grupurile este uneori anevoioasă, adesea generează neînțelegeri și, dacă este continuată, poate stârni dezacorduri importante, nebănuite mai înainte.

În acest sens, există firește comunități la numeroase nivele. Cea mai cuprinzătoare este comunitatea tuturor practicienilor din

Structure in a Group of Scientists; A Test of the «Invisible College», Hypothesis», *American Sociological Review*, XXXIV (1969), pp. 335–352; N. C. Mullins, *Social Networks among Biological Scientists*, (Ph. D. diss., Harvard University, 1966) și „The Micro-Structure of an Invisible College: The Phage Group” (comunicare prezentată la întrunirea anuală a Asociației americane de sociologie, Boston, 1968).

științele naturii. La un nivel puțin mai coborât, principalele grupuri științifice sunt comunități de fizicieni, chimiști, astronomi, zoologi ș. a. m. d. Pentru aceste grupări majore, apartenența la comunitate este ușor de stabilit, excepție făcând cei ce lucrează în domenii marginale. Temele de cea mai mare importanță, apartenența la societăți profesionale și revistele citite — iată condiții de obicei mai mult decât suficiente. Metode similare vor identifica de asemenea subgrupuri majore: chimiști organicieni și poate, printre ei, specialiști în chimia proteinelor; fizicieni ai solidului și energiilor înalte; radioastronomi ș. a. m. d. Numai la nivelul imediat inferior apar probleme empirice. Pentru a lua un exemplu contemporan, cum ar fi izolat cineva grupul specialiștilor în bacteriofagie, înainte de recunoașterea sa publică? În acest scop, cineva trebuie să participe la conferințe speciale, la circuitul distribuirii manuscriselor sau șpalturilor înainte de publicare și, mai ales, la toate rețelele formale și informale de comunicare, inclusiv cele descoperite în rețeaua de citate la care se recurge⁶. Cred că este o treabă care poate fi și va fi făcută, cel puțin pentru știința contemporană și cele mai recente părți ale istoriei științei. În mod obișnuit, ea poate dezvălui comunități de aproximativ o sută de membri, uneori chiar mult mai puțini. De obicei, oamenii de știință, cei mai capabili mai ales, vor aparține simultan sau succesiv câtorva asemenea grupuri.

Comunitățile de acest gen sunt unitățile pe care le-am prezentat ca producătoare și validatoare de cunoaștere științifică. Paradigmele sunt ceea ce împărtășesc membrii unor asemenea grupuri. Fără referire la natura acestor elemente comune, multe aspecte ale științei, descrise în paginile anterioare, nu prea pot fi înțelese. Alte aspecte pot fi înțelese, deși ele nu sunt independent prezentate în textul meu original. Merită deci semnalate, înainte de a ne ocupa

⁶ Eugene Garfield, *The Use of Citation Data in Writing the History of Science* (Philadelphia: Institute of Scientific Information, 1964); M. M. Kessler, „Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing”, *American Documentation*, XVI (1965) pp. 223–233; D. J. Price „Networks of Scientific Papers”, *Science*, CIL (1965), pp. 510–515.

direct de paradigme, unele probleme care necesită o referire numai la structura comunității.

Probabil cea mai izbitoare dintre aceste probleme este ceea ce am numit mai înainte tranziția de la perioada pre- la cea postparadigmatică în dezvoltarea unei discipline științifice. Această tranziție este cea conturată mai sus în secțiunea a II-a. Înainte ca tranziția să aibă loc, un număr de școli luptă pentru dominație într-o disciplină dată. Apoi, în urma unei realizări științifice de seamă, numărul școlilor este mult redus, de obicei la una, și începe un mod mai eficient de practică științifică. Aceasta din urmă este ezoterică și orientată spre rezolvarea *puzzles*-urilor — așa cum poate fi activitatea unui grup numai atunci când membrii săi consideră fundamentele disciplinei lor drept indiscutabile.

Natura tranziției spre maturitate merită o discuție mai amplă decât a cunoscut-o în această carte, mai ales din partea celor preocupați de dezvoltarea științelor sociale contemporane. În această privință, poate fi de folos să subliniez că tranziția nu necesită (acum cred că nu trebuie) să fie asociată cu prima achiziție a unei paradigme. Membrii tuturor comunităților științifice, inclusiv școlile „perioadei preparadigmatică”, împărtășesc categoriile de elemente pe care le-am subsumat împreună termenului de „paradigmă”. Ceea ce se schimbă odată cu tranziția spre maturitate nu este prezența unei paradigme, ci mai degrabă natura ei. Numai după schimbare devine posibilă cercetarea normală, rezolvatoare de *puzzles*. Multe din atributele unei științe dezvoltate, pe care le-am asociat mai sus cu achiziția unei paradigme, le-aș discuta deci acum ca fiind consecințe ale achiziției tipului de paradigmă care identifică principalele *puzzles*, care oferă chei ale rezolvării lor și care garantează că profesionistul într-adevăr ingenios va reuși să le rezolve. Numai cei care au prins curaj, observând că disciplina (sau școala) lor dispune de paradigme, au șanse să-și dea seama că ceva important este sacrificat prin schimbare.

O a doua chestiune, mai importantă cel puțin pentru istorici, privește identificarea univocă a comunităților științifice cu teme științifice — așa cum rezultă implicit din această carte. Cu alte

cuvinte, m-am exprimat de multe ori ca și cum „optica”, „electricitatea” și „căldura”, de pildă, trebuie să numească comunități științifice întrucât numesc teme de cercetare. Singura alternativă pe care textul meu pare să o fi admis este că toate aceste teme au aparținut comunității fizicii. Identificările de acest gen nu vor rezista însă, de obicei, unui examen atent — așa cum au subliniat în repetate rânduri colegii mei istorici. Nu exista, de exemplu, nici o comunitate a fizicii înainte de jumătatea secolului al nouăsprezecelea, iar atunci ea s-a format prin fuziunea părților unor comunități anterior separate: matematica și filozofia naturală (*physique expérimentale*). Ceea ce este astăzi temă de cercetare pentru o singură dar largă comunitate fusese în trecut variat distribuit între diverse comunități. Alte teme mai înguste, de exemplu căldura și teoria materiei, au existat vreme îndelungată fără a deveni o sferă de preocupări speciale ale vreunei singure comunități științifice. Atât știința normală cât și revoluțiile sunt însă activități dependente de o comunitate. Pentru a le descoperi și analiza, trebuie mai întâi descifrată schimbarea în timp a structurii comunității științifice. O paradigmă guvernează în primă instanță nu o temă de cercetare ci mai degrabă un grup de practicieni. Orice studiu al cercetării ghidate-de-paradigmă sau care-zdruncină-o-paradigmă trebuie să înceapă prin a localiza grupul sau grupurile responsabile.

Când analiza dezvoltării științifice este astfel abordată, câteva dificultăți ce făcuseră obiectul unor critici au șanse să dispară. Unii comentatori au folosit, de pildă, teoria materiei pentru a arăta că am exagerat vorbind de unanimitatea oamenilor de știință în fidelitatea lor față de paradigmă. Până relativ recent, subliniază ei, acele teorii au fost subiect de permanente dezacorduri și controverse. Sunt de acord cu această apreciere dar nu cred că este un contraexemplu. Teoriile materiei nu au fost, cel puțin până în jurul anului 1920, domeniu special sau temă de cercetare pentru vreo comunitate științifică. Mai degrabă, ele erau instrumente pentru un număr mare de grupuri de specialiști. Membrii diferitelor comunități alegeau uneori instrumente diferite și criticau alegerea făcută de alții. Mai important, încă, este faptul că o teorie a materiei nu este genul de subiect asupra căruia trebuie neapărat să fie de

acord chiar membrii unei singure comunități. Necesitatea acordului depinde de ceea ce constituie preocuparea comunității. Chimia din prima jumătate a secolului al nouăsprezecelea oferă un exemplu în această privință. Deși mai multe dintre instrumentele fundamentale ale comunității — proporția constantă, proporția multiplă și greutatea care se combină — deveniseră un bun comun în urma teoriei atomice a lui Dalton, chimiștii puteau și după aceea să-și bazeze cercetările pe aceste instrumente și să fie în dezacord, uneori vehement, asupra existenței atomilor.

Cred că și alte dificultăți și neînțelegeri vor dispărea în același fel. Pe de o parte, datorită exemplelor pe care le-am ales, iar pe de alta, datorită ambiguității mele în ceea ce privește natura și mărimea comunităților, unii cititori ai acestei cărți au conchis că preocuparea mea vizează în primul rând sau exclusiv revoluții majore, ca acelea legate de numele lui Copernic, Newton, Darwin sau Einstein. O precizare mai clară a structurii comunității va contribui însă la întărirea unei impresii, oarecum diferite, pe care am încercat s-o creez. O revoluție *este*, pentru mine, un tip deosebit de schimbare ce implică un anumit fel de reconstrucție a opțiunilor de grup. Dar nu trebuie neapărat să fie o schimbare majoră și nici nu trebuie să pară revoluționară celor din afara unei singure comunități, compuse poate din mai puțin de douăzeci și cinci de oameni. Tocmai pentru că acest tip de schimbare, puțin recunoscut sau discutat în literatura de filozofie a științei, apare atât de regulat la aceste dimensiuni mai reduse, schimbarea revoluționară, spre deosebire de cea cumulativă, are atâta nevoie de a fi înțeleasă.

O ultimă modificare, strâns legată de cea precedentă, poate înlesni înțelegerea. Un număr de critici s-au îndoit dacă criza, adică conștiința comună că ceva nu este în regulă, precedă revoluțiile într-atât de invariabil pe cât lăsam să se înțeleagă în textul meu original. Nimic important din argumentul meu nu depinde însă de faptul că crizele sunt o condiție absolută a revoluțiilor; ele trebuie să fie numai preludiul obișnuit, oferind un mecanism de autocorectare care asigură ca rigiditatea științei normale să nu rămână pentru totdeauna necontestată. Revoluțiile se pot produce și pe alte căi, deși cred că aceasta se întâmplă foarte rar. În plus, aș sublinia acum ceea ce nu a reieșit clar mai sus din lipsa unei discuții

adecvate asupra structurii comunității științifice: și anume, că crizele nu trebuie să fie neapărat generate de cercetările comunității care le resimte și care uneori trece printr-o revoluție ca urmare a lor. Noi instrumente ca microscopul electronic sau noi legi ca acelea ale lui Maxwell se pot dezvolta într-o anumită specialitate, dar asimilarea lor poate da loc la o criză într-o altă specialitate.

2. Paradigmele ca o constelație a angajamentelor de grup

Să ne întoarcem acum la paradigme și să ne întrebăm ce ar putea fi ele. Aceasta este problema cea mai importantă, dar și cea mai puțin clarificată în textul meu original. Un cititor binevoitor, care împărtășește convingerea mea că „paradigma“ numește elementele filozofice centrale ale cărții, a pregătit un indice parțial analitic și a conchis că termenul este folosit în cel puțin douăzeci și două de sensuri diferite⁷. Acum cred că cele mai multe din acele diferențe se datorează unor inconsecvențe stilistice (de exemplu, legile lui Newton constituie uneori o paradigmă, alteleori părți ale unei paradigme, iar uneori elemente paradigmatic) și că ele pot fi eliminate relativ ușor. Dar, după efectuarea acestei munci editoriale, rămân două utilizări foarte diferite ale termenului, care se cer distinse. Utilizarea mai globală va fi discutată în această subsecțiune; cealaltă va fi considerată în următoarea.

După ce a izolat o comunitate particulară de specialiști prin metode ca acelea discutate anterior, cineva se poate întreba: ce au în comun membrii ei care să dea seama de relativa deplinătate a comunicării lor profesionale și de relativa unanimitate a judecăților lor profesionale? La această întrebare textul meu original permite următorul răspuns: o paradigmă sau o mulțime de paradigme. Dar pentru acest sens, spre deosebire de cel care va fi discutat mai jos, termenul este necorespunzător. Oamenii de știință înșiși ar spune că împărtășesc o teorie sau o mulțime de teorii și voi fi bucuros dacă termenul poate fi recuperat, până la urmă, pentru această întrebuintare. Totuși, așa cum este curent folosită

⁷ Masterman, *op. cit.*

în filozofia științei, „teoria“ se referă la o structură mult mai limitată ca natură și domeniu de aplicație decât cea necesară aici. Până când termenul va putea fi eliberat de implicațiile sale curente, confuzia poate fi evitată adoptând altul. Pentru ceea ce ne interesează aici propun termenul de „matrice disciplinară“: „disciplinară“ întrucât se referă la posesiunea comună a practicienilor unei anumite discipline; „matrice“ întrucât este compusă din elemente de diferite feluri, ordonate, fiecare necesitând o specificare ulterioară. Toate sau cele mai multe dintre obiectele supuse angajamentelor de grup și pe care textul meu original le consideră paradigme, părți de paradigme sau paradigmatic sunt acum constituenți ai matricii disciplinare și, ca atare, formează un întreg și funcționează împreună. Ele nu mai pot fi însă discutate ca și cum ar fi toate la fel. Nu voi încerca aici să alcătuiesc o listă exhaustivă, dar semnalarea principalelor tipuri de componente ale unei matrici disciplinare va clarifica natura abordării mele actuale și totodată va pregăti terenul pentru următorul argument principal.

O clasă importantă de componente le voi numi uneori „generalizări simbolice“, având în vedere acele expresii, folosite fără probleme sau dezacorduri de membrii grupului, care pot fi lesne redade într-o formă logică ca $(x) (y) (z) \varphi(x, y, z)$. Ele sunt componente formale sau lesne formalizabile ale matricii disciplinare. Uneori, ele se află deja în formă simbolică: $f = ma$ sau $I = V/R$. Altele sunt de obicei exprimate în cuvinte: „elementele se combină în proporție constantă cu greutatea“ sau „acțiunea este egală cu reacțiunea“. Dacă asemenea expresii nu ar fi general acceptate, nu ar exista nici un fel de repere cărora membrii grupului să le poată asocia tehnicile puternice de manipulare logică și matematică, în efortul lor de a rezolva *puzzles*. Deși exemplul taxonomiei arată că știința normală poate funcționa cu puține asemenea expresii, puterea unei științe pare în general să crească odată cu numărul generalizărilor simbolice de care dispun practicienii ei.

Aceste generalizări seamănă cu legi ale naturii, dar funcția lor pentru membrii grupului nu este adesea numai aceasta. Uneori, totuși este: de exemplu, legea Joule-Lenz, $H = RI^2$. Când această lege a fost descoperită, membrii comunității știau deja ce

însemnau H , R și I și aceste generalizări le spuneau într-un mod simplu ceva ce nu au știut înainte despre comportamentul căldurii, curentului și rezistenței. Dar mai frecvent, așa cum indica discuția anterioară din carte, generalizările simbolice îndeplinesc în același timp o a doua funcție — o funcție care este strict separată, în analizelor lor, de către filozofii științei. Ca și $f = ma$ sau $I = V/R$, ele funcționează în parte ca legi dar, în parte, și ca definiții ale unora dintre simbolurile pe care le folosesc. De altfel, echilibrul dintre inseparabila lor forță legislatoare și definițională se schimbă în timp. Într-un alt context, aceste idei ar merita o analiză detaliată, căci natura angajării față de o lege este foarte diferită de cea a angajării față de o definiție. Legile pot fi adesea corectate, element cu element, spre deosebire de definiții care, fiind tautologii, nu pot fi astfel corectate. De pildă, o parte din ceea ce implica acceptarea legii lui Ohm era o redefinire atât a „curentului“ cât și a „rezistenței“; dacă acei termeni continuau să însemne ceea ce însemnau înainte, legea lui Ohm nu mai putea fi corectă; iată de ce i s-a opus atâta rezistență — ceea ce nu s-a întâmplat, de pildă, cu legea lui Joule-Lenz⁸. Probabil că această situație este tipică. Bănuiesc acum că toate revoluțiile implică, printre altele, abandonarea unor generalizări a căror forță fusese anterior și într-o oarecare măsură asemănătoare celei a tautologiilor. A arătat oare Einstein că simultaneitatea era relativă sau a modificat însăși noțiunea de simultaneitate? Greșeau pur și simplu cei care vedeau un paradox în expresia „relativitatea simultaneității“?

Să considerăm acum un al doilea tip de componente ale matricii disciplinare despre care au fost spuse multe lucruri în textul meu original la rubrici ca „paradigme metafizice“ sau „părți metafizice ale paradigmelor“. Am în vedere opțiuni comune pentru idei cum sunt: căldura este energia cinetică a părților constitutive ale corpurilor; toate fenomenele perceptibile se datorează interacțiunii

⁸ Pentru părți semnificative ale acestui episod, a se vedea T. M. Brown, „The Electric Current in Early Nineteenth-Century French Physics“, *Historical Studies in the Physical Sciences*, I (1969), pp. 61–103 și Morton Schagrin, „Resistance to Ohm's Law“, *American Journal of Physics*, XXI (1963), pp. 536–547.

din vid a atomilor calitativ neutri sau, alternativ, materiei și forței sau câmpurilor. Rescriind acum cartea, aş caracteriza aceste opțiuni drept încredere în anumite modele și aş extinde modelele din această categorie spre a include de asemenea o varietate de modele relativ euristice: circuitul electric poate fi privit ca un sistem hidrodinamic staționar; moleculele unui gaz se comportă ca niște minuscule mingi elastice de biliard aflate în mișcare aleatoare. Deși forța opțiunilor de grup variază, cu consecințe importante, de la modele euristice la cele ontologice de-a lungul unui întreg spectru, toate modelele au funcții similare. Printre altele, ele oferă grupului analogii și metafore preferate sau admisibile. În acest fel, ele pot determina ceea ce va fi acceptat ca explicație sau soluție a unor *puzzles*; reciproc, ele contribuie la determinarea listei de *puzzles* nerezolvate și la evaluarea importanței fiecăruia. De notat, însă că membrii comunităților științifice pot să nu împărtășească nici măcar modelele euristice, deși de obicei le împărtășesc. Am arătat deja că apartenența la comunitatea chimiștilor din prima jumătate a secolului al nouăsprezecelea nu implica convingerea în existența atomilor.

Un al treilea tip de element din matricea disciplinară îl voi caracteriza aici drept valori. De obicei, acestea sunt mai larg împărtășite de diferite comunități decât generalizările simbolice sau modelele, oferind astfel un sentiment de comunitate oamenilor de știință în ansamblu. Deși funcționează în toate timpurile, importanța deosebită a valorilor reiese atunci când membrii unei anumite comunități trebuie să identifice o criză sau, mai târziu, să aleagă între moduri incompatibile de a-și practica disciplina. Probabil cele mai profunde valori privesc predicțiile: acestea trebuie să fie precise; predicțiile cantitative sunt preferabile celor calitative; oricare ar fi marja erorilor tolerabile, ele trebuie să fie consistent satisfăcute într-un anumit domeniu; și așa mai departe. Există de asemenea valori folosite în evaluarea unor întregi teorii: ele trebuie, mai întâi de toate, să permită formularea și rezolvarea *puzzles*-urilor; acolo unde este posibil, ele trebuie să fie simple, consistente și plauzibile, adică compatibile cu alte teorii folosite în mod curent. (Cred acum că o slăbiciune a textului meu original constă în aceea că a acordat atât de puțină atenție unor valori cum

sunt consistența internă și externă, în considerarea izvoarelor crizei și a factorilor ce determină alegerea teoriei.) Există și alte feluri de valori — de pildă, știința este obligată (sau nu) să fie social utilă —, dar cele spuse mai înainte pot indica ceea ce am în vedere.

Există totuși un aspect al valorilor comune care cere o mențiune specială. Într-o măsură mai mare decât alte tipuri de componente ale matricii disciplinare, valorile pot fi împărtășite de oamenii care diferă în felul în care le aplică. Judecățile asupra preciziei sunt relativ stabile de la o perioadă la alta și de la un membru al unui grup particular la altul. Dar judecățile asupra simplității, consistenței, plauzibilității etc. diferă adesea considerabil de la individ la individ. Ceea ce fusese pentru Einstein o inconsistență de nesuportat în vechea teorie cuantică și care făcea pentru el imposibilă realizarea științei normale, a fost pentru Bohr și alții o dificultate pe care puteai să te aștepti să fie rezolvată cu mijloace normale. Mai important este însă faptul că, în acele situații în care valorile trebuie aplicate, diferite valori luate separat vor dicta adeseori alegeri diferite. O teorie poate fi mai precisă dar mai puțin consistentă sau plauzibilă decât alta; din nou vechea teorie cuantică oferă un exemplu. Pe scurt, deși valorile sunt larg împărtășite de oamenii de știință și deși angajarea față de ele este nu numai profundă dar și constitutivă științei înseși, aplicarea valorilor este uneori considerabil afectată de trăsăturile personalității și de biografiile individuale care îi diferențiază pe membrii grupului.

Multor cititori li s-a părut că această caracterizare a funcționării valorilor comune este o slăbiciune majoră a poziției mele. Din cauză că stăruie să afirm că ceea ce au în comun oamenii de știință nu este suficient pentru a produce un asentiment unanim asupra unor chestiuni ca alegerea între teorii rivale sau distincția între o anomalie obișnuită și una generatoare de criză, am fost uneori acuzat că elogiez subiectivitatea și chiar iraționalitatea⁹. Dar această

⁹ A se vedea mai ales: Dudley Shapere, „Meaning and Scientific Change“ în *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III (Pittsburgh, 1966), pp. 41–85; Israel Scheffler, *Science and Subjectivity* (New York, 1967); și eseurile lui Sir Karl Popper și Imre Lakatos în *Growth of Knowledge*.

reacție ignoră două caracteristici evidențiate de judecățile de valoare din orice domeniu. În primul rând, valorile comune pot fi determinanți importanți ai comportamentului de grup chiar dacă membrii grupului nu le aplică în același fel. (Dacă lucrurile nu ar sta astfel, nu ar exista nici o problemă filozofică *specială* privind teoria valorilor sau estetica.) Oamenii nu pictau toți la fel în timpul perioadelor când reprezentarea era valoarea primordială, dar modul de dezvoltare al artelor plastice s-a schimbat în mod brusc când această valoare a fost abandonată¹⁰. Să ne imaginăm ce s-ar întâmpla în știință dacă consistența ar înceta să mai fie o valoare primordială.

În al doilea rând, variabilitatea individuală în aplicarea valorilor comune poate îndeplini funcții esențiale pentru știință. Momentele în care valorile trebuie aplicate sunt invariabil și cele în care trebuie asumate riscuri. Cele mai multe anomalii sunt rezolvate prin mijloace normale; cele mai multe propuneri de noi teorii se dovedesc greșite. Dacă toți membrii unei comunități ar lua fiecare anomalie drept o sursă de criză sau dacă ar îmbrățișa fiecare nouă teorie propusă de un coleg, știința ar înceta să mai existe. Dacă, pe de altă parte, nimeni nu ar reacționa la anomalii sau la teoriile noi pe căi care implică riscuri mari, nu ar mai exista decât puține sau nici un fel de revoluții. În asemenea chestiuni, mai curând recursul la valori comune decât la regulile comune care guvernează alegerea individuală poate reprezenta modul în care comunitatea științifică își distribuie riscurile și își asigură succesul pe termen lung.

Să ne oprim acum asupra unui al patrulea tip de element din matricea disciplinară, ultimul despre care voi vorbi aici, deși mai sunt și altele. În acest caz, termenul de „paradigmă” ar fi întru totul corespunzător, atât filologic cât și autobiografic; componentul de opțiuni comune ale unui grup m-a determinat prima dată să aleg acest cuvânt. Pentru că termenul și-a dobândit o viață proprie, îl voi înlocui aci cu cel de „exemplaritate”^{*}. Prin el înțeleg, inițial,

¹⁰ Vezi începutul secțiunii a XIII-a.

^{*} Înțelesul termenului „exemplar”, introdus de Kuhn, ar putea fi redat în limba română prin „rezolvare exemplară în probleme concrete” sau „exemplu tipic (standard) de rezolvare de probleme”. Pentru concizie, în

soluțiile concrete la problemele pe care studenții le întâlnesc de la începutul educației lor științifice — în laboratoare, la examene sau la sfârșitul capitolelor de manuale. La aceste exemple comune trebuie însă adăugate cel puțin unele dintre soluțiile problemelor tehnice în literatura periodică pe care oamenii de știință o consultă în cursul carierei lor de cercetare posteducațională și care, de asemenea, le arată, prin exemple, cum trebuie să-și facă meseria. Mai mult decât alte feluri de componente ale matricii disciplinare, diferențele dintre mulțimile de exemplarități redau structura fină a comunității științei. Toți fizicienii, de exemplu, încep prin a învăța aceleași exemplarități: probleme cum ar fi planul înclinat, pendulul conic și orbitele lui Kepler; instrumente cum ar fi calorimetrul, vernierul sau puntea Wheatstone. Pe măsură ce pregătirea lor avansează, generalizările simbolice pe care le împărtășesc sunt însă tot mai mult ilustrate de exemplarități diferite. Deși atât fizicienii corpului solid cât și cei ai teoriei câmpului împărtășesc ecuația lui Schrödinger, numai aplicațiile mai elementare sunt comune ambelor grupuri.

3. Paradigmele ca exemple comune

Paradigma ca exemplu comun este elementul central a ceea ce consider acum drept aspectul cel mai nou și mai puțin înțeles al acestei cărți. Exemplaritățile vor cere deci mai multă atenție decât celelalte tipuri de componente ale matricii disciplinare. Filozofii științei nu au discutat de obicei probleme întâlnite de un student în laboratoare sau în manuale, deoarece se crede că acestea constituie numai aplicarea practică a ceea ce studentul știe deja. Se spune că el nu poate rezolva deloc probleme până când nu a învățat mai întâi teoria și unele reguli de a o aplica. Cunoașterea științifică este încorporată în teorie și reguli; problemele sunt date pentru a facilita aplicarea lor. Am încercat să argumentez însă că această localizare a conținutului cognitiv al științei este greșită. După ce studentul a rezolvat multe probleme, el nu poate câștiga decât

traducerea de față au fost adoptate drept corespondenți în română expresiile „exemplaritate”, „caz exemplar”, și „exemplu comun”.

prezentări senzoriale succesive ale aceluiași individ — să zicem, ale mamei, care în cele din urmă este recunoscută vizual ca ceea ce este și ca diferită de tată sau soră. Ele pot fi de asemenea prezentări ale membrilor familiilor naturale, de pildă, ale lebedelor, pe de o parte, și ale găștelor, pe de alta. Sau, pentru membrii unor grupuri mai specializate, ele pot fi exemple ale situațiilor newtoniene, adică ale situațiilor care sunt asemănătoare prin aceea că se supun unei versiuni a formei simbolice $f = ma$ și care sunt diferite de acele situații cărora li se aplică, de exemplu, formulele legilor opticii.

Să admitem deocamdată că lucrurile stau astfel. Ar trebui oare să spunem că ceea ce a fost dobândit pe baza exemplarităților sunt reguli și capacitatea de a le aplica? Această interpretare este tentantă deoarece modul nostru de a vedea o situație asemenea altora pe care le-am întâlnit înainte trebuie să fie rezultatul proceselor nervoase guvernate întru totul de legi fizice și chimice. În acest sens, odată ce am învățat-o, recunoașterea similarității trebuie să fie sistematică, la fel ca și bătaia inimilor noastre. Dar însăși această paralelă sugerează că recunoașterea poate fi de asemenea involuntară, un proces asupra căruia nu avem nici un control. Dacă așa este, atunci nu îl putem concepe ca un proces pe care îl dirijăm aplicând reguli și criterii. A vorbi despre el în acești termeni lasă să se înțeleagă că avem acces la alternative, că am putea, de pildă, să încălcăm o regulă sau să aplicăm greșit un criteriu sau să experimentăm un alt mod de a vedea¹³. Adică, cred eu, tocmai lucrurile pe care nu le putem face.

Sau, mai precis, sunt lucruri pe care nu le putem face decât după ce am avut o senzație și am perceput ceva. Atunci, căutăm adesea criterii și le punem în aplicare. Atunci ne putem angaja în interpretare, un proces deliberat prin care alegem între alternative,

¹³ Acest argument putea să nu fie necesar dacă toate legile ar fi fost asemănătoare celor ale lui Newton, iar toate regulile asemănătoare celor Zece Porunci. În acest caz, expresia „încălcarea unei legi” ar fi un nonsens, iar respingerea regulilor nu ar părea să sugereze un proces neguvernabil de lege. Din păcate, legile circulației și alte produse asemănătoare ale legislației pot fi încălcate, ceea ce facilitează confuzia.

ceea ce nu putem face în percepția însăși. Poate, de pildă, este ceva ciudat în legătură cu ceea ce am văzut (să ne amintim cărțile de joc anormale). Cotind la o intersecție, o vedem pe mama intrând într-un magazin din centru la o oră când o credeam acasă. Reflectând la ceea ce am văzut, exclamăm deodată: „Nu era mama, căci ea are păr roșu!” Intrând în magazin vedem din nou femeia și nu putem înțelege cum am putut s-o luăm drept mama. La fel, când vedem penele cozii unei păsări de apă, căutându-și hrana pe fundul unui iaz, ne întrebăm: „este o lebădă sau o gâscă?” Reflectăm la ceea ce am văzut, comparând mental penele cu cele ale lebedelor și găștelor văzute înainte. Sau, poate, fiind proto-savanți, dorim pur și simplu să cunoaștem unele caracteristici generale (albul lebedelor, de exemplu) ale membrilor unei familii naturale pe care îi putem recunoaște deja cu ușurință. Din nou reflectăm la ceea ce am perceput anterior, căutând ceea ce au comun membrii unei familii date.

Toate acestea sunt procese deliberative, în cadrul cărora căutăm și aplicăm criterii și reguli. Încercăm, adică, să interpretăm senzațiile avute, să analizăm ceea ce este datul pentru noi. Oricum am face acest lucru, procesele implicate trebuie să fie în cele din urmă nervoase și deci guvernate de aceleași legi *fizico-chimice* care guvernează percepția, pe de o parte, și bătaia inimilor noastre, pe de alta. Dar faptul că sistemul ascultă de aceleași legi în toate cele trei cazuri nu ne îndreptățește să presupunem că aparatul nostru nervos este programat să opereze similar în interpretare ca și în percepție sau în amândouă ca în bătăile inimilor noastre. În această carte, m-am opus așadar încercării tradiționale, de la Descartes încoace dar nu dinaintea lui, de a analiza percepția ca pe un proces de interpretare, ca pe o versiune înconștientă a ceea ce facem după ce am perceput.

Ceea ce face ca integritatea percepției să fie demnă de subliniat este, firește, faptul că atât de multă experiență trecută este încorporată în aparatul nervos care transformă stimulii în senzații. Un mecanism perceptual programat în mod adecvat are o valoare de supraviețuire. A spune că membrii diferitelor grupuri pot avea percepții diferite când primesc aceiași stimuli nu implică faptul că ei pot avea chiar orice percepții. În numeroase ambianțe, un

Despre acest program nu voi avea nimic de spus aici¹², dar chiar menționarea lui ar putea să fie un argument esențial al meu. Când vorbesc de cunoaștere încorporată în exemplarități comune, nu mă refer la un mod de cunoaștere mai puțin sistematic sau mai puțin analizabil decât cunoașterea încorporată în reguli, legi sau criterii de identificare. În schimb, am în vedere o manieră de cunoaștere care este deformată dacă o reconstruim în termeni de reguli mai întâi abstrase din exemplarități și apoi funcționând în locul acestora. Sau, formulând altfel aceleași idei, când vorbesc despre dobândirea, pe baza exemplarităților, a capacității de a recunoaște o situație dată ca similară cu unele și diferită de altele văzute înainte, nu subînțeleg un proces care, potențial, nu ar fi pe deplin explicabil în termenii mecanismelor neuro-cerebrale. În schimb, susțin că explicația, prin natura sa, nu va răspunde la întrebarea: „Similar în raport cu ce?” Această întrebare solicită o regulă, sau, în acest caz, criterii pe baza cărora situații particulare sunt grupate în mulțimi similare; eu argumentez că, în acest caz, trebuie să rezistăm tentației de a căuta criterii (sau cel puțin o mulțime completă de criterii). Mă opun însă nu unui sistem, ci unui tip particular de sistem.

Pentru a da substanță acestui argument, va trebui să fac o scurtă digresiune. Ceea ce urmează mi se pare acum evident, deși recurgerea permanentă, în textul original, la expresii ca „lumea se schimbă” arată că lucrurile nu au stat astfel întotdeauna. Dacă doi oameni stau în același loc și privesc în aceeași direcție trebuie, pentru a nu cădea în solipsism, să conchidem că ei recepționează stimuli aproape similari. (Dacă amândoi și-ar putea îndrepta privirea în același loc, stimulii ar fi identici.) Dar oamenii nu văd stimuli; modul în care cunoaștem stimulii este foarte teoretic și abstract. În schimb, oamenii au senzații și nu suntem deloc obligați să presupunem că senzațiile celor doi privitori sunt aceleași. (Scepticii și-ar putea aminti că fenomenul pe care îl numim astăzi daltonism nu a fost nicăieri observat înainte ca John Dalton să-l fi descris, în 1794.) Dimpotrivă, numeroase procese nervoase au

¹² Unele informații asupra acestui subiect pot fi găsite în „Second Thoughts”.

loc între recepționarea unui stimul și conștientizarea unei senzații. Printre puținele lucruri pe care le știm cu siguranță notăm că stimuli foarte diferiți pot produce aceleași senzații, că același stimul poate produce senzații foarte diferite și, în sfârșit, că drumul de la stimul la senzație este în parte condiționat de educație. Indivizi crescuți în societăți diferite se comportă în unele ocazii ca și cum ar vedea lucruri diferite. Dacă nu am fi tentați să identificăm univoc stimulii cu senzațiile, am putea admite că indivizii respectivi văd într-adevăr lucruri diferite.

Să observăm acum că două grupuri, ai căror membri au în mod sistematic senzații diferite la primirea acelorași stimuli, trăiesc *într-un sens* în lumi diferite. Postulăm existența stimulilor pentru a explica percepțiile noastre asupra lumii și postulăm invariabilitatea lor pentru a evita solipsismul atât individual cât și social. Nu am nici cea mai mică rezervă în legătură cu vreunul din aceste postulate. Dar lumea noastră este populată, în primă instanță, nu de stimuli, ci de obiectele senzațiilor noastre, și acestea pot să fie diferite de la individ la individ sau de la grup la grup. În măsura în care, firește, indivizii aparțin aceluiași grup și împărtășesc astfel o educație, un limbaj, o experiență și o cultură, avem toate motivele să presupunem că senzațiile lor sunt aceleași. Cum am putea altfel înțelege deplinătatea comunicării lor și aspectele comune ale reacțiilor lor comportamentale la mediu? Ei trebuie să vadă lucruri și să prelucreze stimuli în aproape același fel. Dar acolo unde începe diferențierea și specializarea grupurilor, nu mai avem dovezi similare cu privire la invariabilitatea senzațiilor. Bănuiesc că numai parohialismul (spiritul îngust de cerc) ne face să presupunem că drumul de la stimuli la senzații este același pentru membrii tuturor grupurilor.

Reîntorcându-ne acum la exemplarități și reguli, ceea ce am vrut să sugerez, chiar într-o formă preliminară, este următorul lucru. Una din metodele fundamentale prin care membrii unui grup (fie o întreagă cultură fie o subcomunitate de specialiști din cadrul ei) învață să vadă aceleași lucruri când sunt confrunțați cu aceiași stimuli este de a li se arăta exemple de situații pe care predecesorii lor din grup învățaseră deja să le vadă ca asemănătoare între ele și diferite de alte feluri de situații. Aceste situații similare pot fi

a rezolvat apoi problema centrului de oscilație a pendulului fizic, imaginându-și că întregul corp al acestuia din urmă era compus din pendule simple de tipul celor ale lui Galilei, legăturile dintre ele putând fi instantaneu desfăcute în orice punct al oscilației. După ce legăturile au fost desfăcute, pendulele simple individuale vor oscila liber, dar centrul lor colectiv de greutate, când fiecare atinge punctul cel mai înalt, se va ridica, asemeni pendulului lui Galilei, numai la înălțimea de la care centrul de greutate al pendulului fizic a început să cadă. În sfârșit, Daniel Bernoulli a descoperit modul în care debitul de apă printr-un orificiu poate fi făcut să semene cu pendulul lui Huyghens. Să determinăm mai întâi coborârea centrului de greutate al apei dintr-un rezervor și din jetul format într-un interval infinitezimal de timp. Să ne imaginăm că fiecare particulă de apă se mișcă apoi în sus până la înălțimea maximă pe care o poate atinge cu viteza câștigată în acel interval. Ridicarea centrului de greutate al particulelor individuale trebuie atunci să fie egală cu coborârea centrului de greutate al apei din rezervor. Din această concepere a problemei a reieșit imediat atât de mult căutata viteză de curgere¹¹.

Exemplul dat ar trebui să înceapă să clarifice ce înțeleg prin a învăța din probleme să vezi situații ca fiind asemănătoare, ca puncte de aplicare ale aceleiași legi sau scheme de legi științifice. În același timp, exemplul ar trebui să demonstreze de ce mă refer la cunoașterea indirectă a naturii dobândită în cursul învățării relației de similaritate și apoi încorporată mai degrabă într-un mod de a concepe situațiile fizice, decât în reguli și legi. Cele trei probleme din exemplu, tipice pentru fizicienii secolului al optsprezecelea, au în vedere numai o singură lege a naturii. Cunoscută ca

¹¹ Pentru exemplificare, vezi René Dugas, *A History of Mechanics*, trad. J. R. Maddox (Neuchâtel, 1955), pp. 135–136, 186–193 și Daniel Bernoulli, *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum* (Strasbourg, 1738), Sec. III. În legătură cu gradul în care a progresat mecanica în cursul primei jumătăți a secolului al optsprezecelea, modelând soluțiile unor probleme după altele, vezi Clifford Truesdell „Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*“, *Texas Quarterly*, X (1967), pp. 238–258.

principiul *vis viva*, ea este de obicei formulată astfel: „Coborârea reală este egală cu urcarea potențială“. Aplicarea legii de către Bernoulli ar trebui să sugereze bogăția ei în consecințe. Totuși, enunțul verbal al legii, luat în sine, este virtual neputincios. Prezentat-l unui student în fizică; el cunoaște cuvintele și poate rezolva toate aceste probleme, dar folosește astăzi mijloace diferite. Apoi imaginați-vă ceea ce ar putea spune cuvintele (deși toate bine cunoscute) unui om care nu cunoaște nici măcar problemele. Pentru el, generalizarea poate începe să funcționeze numai atunci când a învățat să recunoască „coborârile reale“ și „urcările potențiale“ ca ingrediente ai naturii și aceasta înseamnă a învăța ceva, anterior legii, despre situațiile pe care natura le dezvăluie sau nu. Acest gen de învățare nu se obține exclusiv pe căi verbale, ci mai degrabă survine pe măsură ce cuvintele sunt învățate împreună cu exemplele concrete privind modul în care ele funcționează; natura și cuvintele sunt învățate împreună. Pentru a mai împrumuta o dată reușita expresie a lui Michael Polanyi, ceea ce rezultă din acest proces este o „cunoaștere tactică“, ce este învățată mai curând practicând știința decât dobândind reguli pentru a o practica.

4. Cunoaștere tacită și intuiție

Referirea la cunoașterea tacită și respingerea concomitentă a regulilor evidențiază o altă problemă care i-a iritat pe mulți dintre criticii mei și care părea să justifice acuzațiile de subiectivitate și iraționalitate. Unii cititori au avut senzația că încercam să întemeiez știința pe intuiții individuale neanalizabile, mai degrabă decât pe logică și lege. Dar această interpretare greșeste în două privințe esențiale. În primul rând, dacă am vorbit vreodată despre intuiții, acestea nu erau individuale. Mai degrabă, ele sunt bunurile comune și verificate ale membrilor unui grup încununat de succes, iar novicele le deprinde prin învățare, ca parte a pregătirii sale pentru a intra în acel grup. În al doilea rând, ele nu sunt în principiu neanalizabile. Dimpotrivă, sunt în curs de a experimenta un program de calculator menit să investigheze proprietățile lor la un nivel elementar.

dexteritate pentru a rezolva mai multe. Dar la început și câțeva vreme după aceea, a face probleme înseamnă a învăța lucruri importante despre natură. În absența unor asemenea exemplarități, legile și teoriile pe care studentul le-a învățat înainte vor avea un conținut empiric redus.

Pentru a explica ce am în vedere, voi reveni puțin la generalizările simbolice. Un exemplu foarte comun este a doua lege newtoniană a mișcării, scrisă în general sub forma $f = ma$. Sociologul, să zicem, sau lingvistul care descoperă că expresia corespunzătoare este rostită și recepționată, fără probleme, de către membrii unei comunități date nu va fi aflat prea mult, fără o serioasă investigație suplimentară, despre ceea ce înseamnă expresia sau termenii ei, despre modul în care oamenii de știință asociază expresia respectivă naturii. Într-adevăr, faptul că ei o acceptă fără discuție și o folosesc ca un moment prin care sunt introduse operații logice și matematice nu implică de la sine că ei sunt de acord asupra unor chestiuni cum ar fi semnificația și aplicațiile ei. Firește, ei sunt de acord într-o mare măsură, ceea ce ar reieși curând din discuțiile lor ulterioare. Dar cineva se poate întreba în ce moment și prin ce mijloace ajung ei să cadă de acord. Cum au învățat ei, în fața unei situații experimentale date, să aleagă forțele, masele și accelerațiile relevante?

În practică, ceea ce studenții trebuie să învețe este chiar mai complicat, deși acest aspect al situației nu este decât rar sau niciodată observat. Nu este adevărat că operațiile logice și matematice se aplică direct la expresia $f = ma$. Examinată mai atent, această expresie se dovedește a fi schema unei legi. Pe măsură ce studentul sau omul de știință trece de la o situație problematică la alta, generalizarea simbolică la care se aplică operațiile respective se schimbă. Pentru căderea liberă, $f = ma$ devine $mg = m \, d^2s/dt^2$; pentru pendulul simplu, se transformă în $mg \sin \theta = -m \, d^2\theta/dt^2$; pentru o pereche de oscilatori armonici în interacțiune se transformă în două ecuații, dintre care prima poate fi scrisă ca $m_1 \, d^2s_1/dt^2 + k_1s_1 = k_2(s_2 - s_1 + d)$; iar pentru situații mai complexe, cum ar fi giroscopul, ia alte forme a căror similitudine cu $f = ma$ este tot mai greu de descoperit. Totuși, învățând să identifice forțe, mase și accelerații într-o varietate de situații fizice neîntâlnite până

atunci, studentul a învățat de asemenea să conceapă versiunea corespunzătoare a lui $f = ma$ prin care să le coreleze — adeseori, o versiune pentru care nu întâlnise înainte nici un echivalent literal. Cum a învățat să facă acest lucru?

Aici ne poate fi de folos un fenomen familiar atât studenților în științe cât și istoricilor științei. Cei dintâi relatează regulat că au citit un capitol din manual, l-au înțeles perfect dar că totuși au avut greutate în a rezolva unele din problemele de la sfârșitul capitolului. De obicei greutățile dispar în același fel. Cu sau fără ajutorul asistentului, studentul descoperă un mod de a vedea problema ca fiind *asemănătoare* unei probleme deja întâlnite. Văzând asemănarea și înțelegând analogia dintre două sau mai multe probleme distincte, el poate corela simboluri și le poate atribui naturii pe căi ce s-au dovedit eficace înainte. Schema legii, să zicem $f = ma$, a funcționat ca un instrument, informându-l pe student ce similarități să caute, semnalându-i *gestalt*-ul în termenii căruia trebuie văzută situația. Capacitatea ce rezulta de aici, de a vedea o varietate de situații ca fiind asemănătoare, ca subiecte pentru $f = ma$ sau pentru alte generalizări simbolice, este, după părerea mea, principalul lucru pe care îl dobândește un student rezolvând probleme-exemplare, fie cu creionul și hârtia, fie în laborator. După ce a rezolvat un anumit număr de probleme, care poate varia foarte mult de la un individ la altul, el concepe situațiile cu care este confruntat ca om de știință aflat sub influența aceluiași *gestalt* ca și ceilalți membri ai grupului său profesional. Pentru el, acestea nu mai sunt aceleași situații pe care le întâlnise la începutul pregătirii sale. Între timp, el a asimilat un mod de a vedea lucrurile, verificat în timp și autorizat de grupul său.

Rolul relațiilor de similaritate învățate se manifestă de asemenea clar în istoria științei. Oamenii de știință rezolvă *puzzles* modelându-le după soluțiile unora anterioare, adesea recurgând extrem de puțin la generalizări simbolice. Galilei a descoperit că o bilă care se rostogolește în jos pe un plan înclinat câștigă destulă viteză pentru a se întoarce la aceeași înălțime verticală pe un al doilea plan înclinat, oricare ar fi panta sa; el a învățat să vadă această situație experimentală ca asemănătoare pendulului cu un punct material în locul greutății de la capătul firului. Huyghens

grup care nu ar putea distinge lupii de câini nu ar putea supraviețui. La fel cum un grup de specialiști în fizica nucleară nu ar supraviețui astăzi ca oameni de știință dacă nu ar fi în stare să recunoască urmele lăsate de particulele alfa sau de electroni. Tocmai pentru că atât de puține moduri de a vedea vor fi satisfăcătoare din acest punct de vedere, cele care au rezistat testelor folosite de grup, ele merită să fie transmise din generație în generație. De asemenea, deoarece au fost selectate pentru succesul lor de-a lungul istoriei, trebuie să înțelegem experiența și cunoașterea naturii ca fiind încorporate în circuitul stimul-senzație.

Poate „cunoaștere“ nu este cuvântul nimerit, dar avem motive pentru a-l folosi. Factorul constitutiv procesului nervos care transformă stimulii în senzații are următoarele caracteristici: a fost transmis prin educație; a fost găsit, prin încercări, mai eficace decât competitorii săi istorici din mediul curent al grupului; și, în sfârșit, este supus schimbării atât prin educație ulterioară cât și prin descoperirea unor nepotriviri cu mediul. Acestea sunt caracteristici ale cunoașterii și ele motivează folosirea termenului. Dar este o folosire stranie, căci lipsește o altă caracteristică. Nu avem nici un acces direct la ceea ce este ceea ce cunoaștem, nici o regulă sau generalizare cu care să exprimăm această cunoaștere. Regulile care ar putea oferi acest acces s-ar referi la stimuli și nu la senzații, iar stimulii îi putem cunoaște numai printr-o teorie elaborată. În lipsa ei, cunoașterea încorporată în circuitul stimul-senzație rămâne tacită.

Deși sunt evident preliminare și pot să nu fie corecte în toate detaliile, cele spuse înainte despre senzație sunt înțelese literal. În ultimă instanță, este o ipoteză despre vedere care trebuie supusă investigației experimentale, deși probabil nu unui control direct. Dar o asemenea discuție despre vedere și senzație are aici și funcții metaforice ca, de altfel, și în corpul lucrării propriu-zise. Noi nu vedem electroni, ci, mai degrabă, urmele lor sau bule de vaporii într-o cameră de ceață. Nu vedem deloc curenți electrici, ci mai curând acul unui ampermetru sau galvanometru. Totuși, în paginile anterioare, mai ales în secțiunea X, m-am exprimat frecvent ca și cum am percepe entități teoretice precum curenți, electroni și câmpuri, ca și cum am fi învățat să procedăm astfel din

examinarea exemplarităților și ca și cum în aceste cazuri ar fi fost greșit să înlocuim discuția despre vedere cu o discuție despre criterii și interpretare. Metafora care transferă „vederea“ în asemenea contexte nu prea oferă o bază suficientă pentru asemenea afirmații. În ultimă instanță, ea trebuie eliminată în favoarea unui mod mai exact de prezentare.

Programul pentru calculator, menționat mai sus, începe să sugereze căile pe care s-ar putea realiza acest lucru, dar nici spațiul disponibil, nici gradul înțelegerii mele actuale nu îmi permit să elimin aici metafora¹⁴. În schimb, voi încerca pe scurt să o încadrez. A vedea picături de apă sau un ac pe o scală numerică este o experiență perceptuală primitivă pentru cel nefamiliarizat cu camere de ceață sau ampermetre. Ea necesită, așadar, contemplare, analiză și interpretare (sau intervenția unei autorități exterioare) înainte ca să se poată obține concluzii cu privire la electroni sau curenți. Dar poziția omului care a învățat despre aceste instrumente și are o mare experiență exemplară în privința lor este foarte diferită și există diferențe corespunzătoare în modul în care el prelucrează stimulii ce îi vin de la ele. Privind vaporii emanați de respirația sa într-o după-amiază rece de iarnă, senzația sa poate fi aceeași cu a unui profan, dar privind o cameră de ceață el vede (aici textual)

¹⁴ Pentru cititorii studiului „Second Thoughts“ următoarele remarci criptice pot fi de folos. Posibilitatea recunoașterii imediate a membrilor familiilor naturale depinde de existența, după prelucrarea neurală, a unui spațiu perceptual vid între familiile care trebuie discriminate. Dacă, de exemplu, ar exista în perceperea păsărilor de apă un continuum, de la găște la lebede, am fi obligați să introducem un criteriu specific pentru a le distinge. O observație similară poate fi făcută cu privire la entitățile neobservabile. Dacă o teorie fizică nu admite existența a nimic asemănător curentului electric, atunci un număr redus de criterii, care poate varia considerabil de la caz la caz, va fi suficient pentru a identifica curenți, chiar dacă nu există nici o mulțime de reguli care să specifice condiții necesare și suficiente pentru identificarea lor. Această idee sugerează un corolar plauzibil care poate fi mai important. Iată-l. Fiind date o mulțime de condiții necesare și suficiente pentru identificarea unei entități teoretice, acea entitate poate fi eliminată din ontologia unei teorii prin substituție. În absența unor asemenea reguli însă, aceste entități nu sunt eliminabile; teoria reclamă în acest caz existența lor.

nu picături, ci urme de electroni, de particule alfa etc. Aceste urme, dacă vreți, sunt criterii pe care el le interpretează ca indici ai prezenței particulelor corespunzătoare; dar este o cale nu numai mai scurtă, ci și diferită de cea urmată de omul care le interpretează ca picături.

Sau să ne gândim la omul de știință care inspectează un ampermetru pentru a determina numărul la care s-a oprit acul. Senzația sa este probabil aceeași cu a profanului, mai ales dacă acesta din urmă a citit înainte și alte genuri de aparate de măsură. Dar el a văzut un astfel de aparat (din nou adesea textual) în contextul unui întreg circuit și știe ceva despre structura sa internă. Pentru el, poziția acului este un criteriu, dar numai al *valorii* curentului. Pentru a o interpreta, el trebuie doar să stabilească pe ce scală trebuie citit aparatul de măsură. Pentru profan, în schimb, poziția acului nu este decât un indicator al ei înseși și nimic altceva. Pentru a-l interpreta, el trebuie să examineze întreaga articulație de fire, internă și externă, să experimenteze bateriile și magnetii ș.a.m.d. În sensul metaforic ca și literal al termenului „a vedea”, interpretarea începe acolo unde sfârșește percepția. Cele două procese nu sunt identice, iar ceea ce percepția lasă interpretării să completeze depinde în mod efectiv de natura și volumul experienței și pregătirii anterioare.

5. Exemplarități, incomensurabilitate și revoluții

Cele de mai sus oferă o bază pentru clarificarea unui alt aspect al cărții: și anume, remarcile mele asupra incomensurabilității și consecințele lor pentru oamenii de știință angajați în controversele privind alegerea între teorii succesive¹⁵. În secțiunile a X-a și a XII-a, am argumentat că părțile angajate în asemenea controverse văd în mod inevitabil diferit anumite situații experimentale sau observaționale la care ambele au acces. Deoarece însă vocabularele în care discută asemenea situații sunt compuse, predominant, din aceiași termeni, părțile sunt nevoite să atribuie naturii unii din acești

¹⁵ Argumentele care urmează sunt expuse mai detaliat în secțiunile a V-a și a VI-a din „Reflections”.

termeni în mod diferit, astfel încât comunicarea lor este inevitabil parțială. În consecință, superioritatea unei teorii asupra alteia nu poate fi dovedită în cursul controversei. În schimb, cum arătam, fiecare parte trebuie să încerce, prin persuasiune, să o convertească pe cealaltă. Numai filozofii au deformat serios semnificația acestor aspecte ale argumentării mele. Unii dintre ei au afirmat că am în vedere următoarele¹⁶: partizanii teoriilor incomensurabile nu pot comunica deloc unii cu alții; drept urmare, într-o dispută asupra alegerii teoriei nu se poate apela la rațiuni *intemeiate*; dimpotrivă, teoria trebuie aleasă din rațiuni care sunt, în ultimă instanță, personale și subiective; un fel de a percepție mistică este răspunzătoare pentru decizia luată. Mai mult decât oricare alte părți ale cărții, pasajele pe care se bazează aceste deformări sunt răspunzătoare pentru acuzațiile de iraționalitate.

Să ne oprim mai întâi asupra remarcilor mele privind demonstrația. Ideea pe care am încercat să o avansez este simplă și de multă vreme familiară în filozofia științei. Controversele privind alegerea unei teorii nu pot fi exprimate într-o formă care să semene întru totul cu o demonstrație logică sau matematică. În aceasta din urmă, premisele și regulile de inferență sunt stipulate de la început. Dacă există un dezacord în privința concluziilor, părțile aflate în conflict pot reface pașii demonstrației, unul câte unul, controlându-l pe fiecare în raport cu stipulările inițiale. La capătul acestui proces, una sau cealaltă dintre părți trebuie să admită că a făcut o greșală, că a încălcat o regulă acceptată în prealabil. După această recunoaștere, partea respectivă nu mai are drept de apel, astfel încât demonstrația adversarului devine constrângătoare. Numai dacă părțile descoperă, în schimb, că diferă în privința înțelesului sau aplicării regulilor stipulate, că acordul lor inițial nu oferă o bază suficientă pentru demonstrație, controversa continuă sub forma pe care o ia inevitabil în cursul revoluțiilor științifice. O asemenea controversă are în vedere premisele și recurge la persuasiune ca la un preludiv al posibilității demonstrației.

¹⁶ Vezi lucrările citate în nota 9 de mai sus și mai ales eseul lui Stephen Toulmin din *Growth of Knowledge*.

Nimic în această teză relativ familiară nu implică faptul că nu ar exista rațiuni întemeiate pentru convingere sau că aceste rațiuni nu ar fi, în cele din urmă, hotărâtoare pentru grupul în cauză. Nu implică nici măcar că rațiunile alegerii sunt diferite de cele enumerate de obicei de către filozofii științei: precizie, simplitate, fecunditate și altele asemănătoare. Ceea ce sugerează însă această teză este că asemenea rațiuni funcționează ca valori și că ele pot fi deci diferit aplicate, individual și colectiv, de către cei care concură în a le respecta. Dacă doi oameni nu cad de acord, de pildă, asupra fecundității relative a teoriilor lor sau dacă sunt de acord asupra ei dar nu și în ceea ce privește importanța relativă a fecundității și, să zicem, asupra razei de cuprindere a teoriilor în cauză, nici unul dintre ei nu poate fi acuzat că a comis o greșeală. După cum nici unul, că procedează neștiințific. Nu există un algoritm neutru pentru alegerea teoriei și nici o procedură sistematică de decizie care, adecvat aplicate, trebuie să-l ducă pe fiecare individ din grup la aceeași decizie. În acest sens, comunitatea specialiștilor, mai curând decât membrii ei individuali, este cea care ia o decizie efectivă. Pentru a înțelege de ce știința se dezvoltă astfel, nu este nevoie să deslușim detaliile biografice sau personale care l-au determinat pe fiecare individ să facă o anumită alegere, deși această problemă este deosebit de fascinantă. Ceea ce trebuie însă înțeles este modul în care o anumită mulțime de valori comune interacționează cu anumite experiențe împărtășite de comunitatea specialiștilor astfel încât majoritatea membrilor grupului să considere, în cele din urmă, că o mulțime de argumente este mai hotărâtoare decât o alta.

Acest proces înseamnă persuasiune, dar el ridică și o problemă mai adâncă. Doi oameni care percep diferit aceeași situație, dar care totuși folosesc același vocabular în discutarea ei, trebuie să folosească cuvintele în mod diferit. Cu alte cuvinte, ei vorbesc din puncte de vedere incommensurabile. Cum ar putea ei oare spera să vorbească la fel și, cu atât mai mult, să fie convingători? Chiar și un răspuns preliminar la această întrebare reclamă alte specificări privind natura dificultății. Cred că, cel puțin în parte, ele ar lua următoarea formă.

Practicarea științei normale depinde de capacitatea, dobândită din exemplarități, de a grupa obiecte și situații în mulțimi similare care sunt primitive, în sensul că gruparea este făcută fără a răspunde la întrebarea: „Similar în raport cu ce?” Un aspect central al oricărei revoluții este deci acela că unele din relațiile de similaritate se modifică. Obiecte care fuseseră înainte grupate în aceeași mulțime sunt grupate, după aceea, în altele diferite și viceversa. Să ne gândim la Soare, Lună, Marte și Pământ înainte și după Copernic; sau la căderea liberă, mișcarea pendulară și planetară înainte și după Galilei; sau la săruri, aliaje sau la un amestec de pilitură de sulf și fier înainte și după Dalton. Deoarece cele mai multe dintre obiecte, chiar dintre mulțimile modificate continuă să fie grupate împreună, numele mulțimilor rămân de obicei aceleași. Totuși, transferul unei submulțimi constituie, în mod curent, o parte a unei modificări critice în rețeaua interrelațiilor lor. Transferarea metalelor din mulțimea compușilor în mulțimea elementelor a jucat un rol esențial în apariția unei noi teorii a arderii, a acidității și a combinațiilor fizice și chimice. În scurtă vreme, aceste modificări s-au răspândit în întreaga chimie. Nu este deci surprinzător că, atunci când intervin asemenea redistribuiri, doi oameni care înainte păreau să se înțeleagă perfect se trezesc deodată că reacționează la același stimul prin descrieri și generalizări incompatibile. Aceste dificultăți nu vor fi resimțite în toate domeniile discursului științific, dar ele vor apărea și se vor concentra dens în jurul acelor fenomene de care depinde vital alegerea teoriei.

Deși devin mai întâi evidente în comunicare, asemenea probleme nu sunt pur lingvistice și nu pot fi rezolvate prin simpla stipulare a definițiilor termenilor supărători. Deoarece cuvintele în jurul cărora se concentrează dificultățile au fost în parte învățate prin aplicarea directă la exemplarități, participanții la o ruptură comunicatională nu pot spune: „Folosesc cuvântul «element» (sau «amestec» sau «planetă» sau «mișcare liberă»)” potrivit următoarelor criterii. “Cu alte cuvinte, ei nu pot recurge la un limbaj neutru pe care amândoi îl folosesc la fel și care este adecvat enunțării ambelor lor teorii sau chiar consecințelor empirice ale acestora. O parte a diferențelor este anterioară aplicării limbajelor care totuși o reflectă.

Oamenii care participă la astfel de rupturi comunicaționale trebuie totuși să aibă o ieșire. Stimulii pe care îi recepționează sunt aceiași. Același este și aparatul nervos general, oricât de diferit ar fi programat. Apoi, cu excepția unei zone reduse, deși importante, însăși programarea lor nervoasă trebuie să fie foarte asemănătoare, căci au o istorie comună, exceptând trecutul imediat. În consecință, lumea și limbajul lor, atât cotidiene cât și științifice, sunt în cea mai mare parte comune. Date fiind atâtea lucruri comune, ei ar trebui să poată identifica o bună parte din divergențele lor. Metodele necesare nu sunt însă simple sau comode și nici nu aparțin arsenalului obișnuit al omului de știință. Oamenii de știință le recunosc rareori ca atare și doar uneori le folosesc mai mult decât este nevoie pentru a obține o convertire sau pentru a se convinge pe ei înșiși că aceasta nu poate fi realizată.

Pe scurt, ceea ce pot face participanții la o ruptură comunicațională este să se recunoască reciproc ca membri ai unor comunități lingvistice diferite și apoi să devină traducători¹⁷. Luând diferențele dintre discursul dinăuntrul grupului și cel între grupuri ca obiect de studiu în sine, ei pot mai întâi încerca să descopere termenii și locuțiunile care, folosite neproblematic înăuntrul fiecărei comunități, sunt totuși surse de dificultăți pentru discuțiile dintre grupuri. (Locuțiunile care nu prezintă asemenea dificultăți pot fi traduse omofonic.) După ce au identificat asemenea zone de dificultăți în comunicarea științifică, ei pot recurge apoi la vocabularele lor zilnice comune într-un efort de a elucida alte greutăți. Fiecare poate astfel să încerce să descopere ce ar vedea și spune celălalt când i s-ar prezenta un stimul la care propria sa reacție verbală ar fi diferită. Dacă se pot reține îndeajuns de la a explica comportamentul anormal ca o consecință a simplei erori sau nebunii,

¹⁷ Sursa deja clasică pentru cele mai multe din aspectele relevante ale traducerii este W. V. Quine, *Word and Object* (Cambridge, Mass., 1960), Cap. I și II. Dar Quine pare să presupună că doi oameni care primesc același stimul trebuie să aibă aceeași senzație și, în consecință, nu are prea mult de spus despre măsura în care un traducător trebuie să fie în stare să descrie lumea la care se aplică limbajul care este tradus. În această din urmă privință, vezi E. A. Nida, „Linguistics and Ethnology in Translation Problems”, în Del Hymes (ed.), *Language and Culture in Society* (New York, 1964), pp. 90–97.

ei ar putea cu timpul să devină prezicători foarte buni ai comportamentului celuilalt. Fiecare va fi învățat să traducă teoria celuilalt și consecințele ei în propriul său limbaj și simultan să descrie în limbajul său lumea la care se aplică acea teorie. Este ceea ce face (sau ar trebui să facă) regulat istoricul științei atunci când se ocupă de teorii științifice depășite.

Deoarece traducerea permite fiecărui participant la o ruptură comunicațională să înțeleagă, prin substituție, ceva din meritele și defectele punctului de vedere al celuilalt, ea constituie un instrument puternic de persuasiune și convertire. Dar nici măcar persuasiunea nu trebuie neapărat să reușească și, dacă reușește, nu este neapărat însoțită sau urmată de convertire. Cele două experiențe nu sunt aceleași — o distincție importantă de care am devenit pe deplin conștient abia recent.

Cred că a convinge pe cineva înseamnă a-l lămuri că punctul de vedere al altcuiva este superior și trebuie deci să-l înlocuiască pe al său propriu. Aceasta se poate uneori obține fără a recurge la ceva de felul traducerii. În absența ei, multe din explicațiile și enunțurile problemelor acceptate de membrii unui grup științific vor fi opace pentru un alt grup. Dar fiecare comunitate lingvistică poate de obicei produce de la bun început câteva rezultate concrete ale cercetării care, deși exprimabile în enunțuri înțelese la fel de ambele grupuri, nu pot fi totuși explicate de către cealaltă comunitate în termenii ei proprii. Dacă noul punct de vedere rezistă o vreme și continuă să fie fecund, rezultatele cercetării verbalizabile în acest fel au șanse să sporească în număr. Pentru unii oameni, asemenea rezultate, singure, pot fi hotărâtoare. Ei pot spune: nu știu cum reușesc adepții noii concepții dar trebuie să aflu; orice ar face, este evident corect. Această reacție aparține mai ales celor nou intrați în breaslă, căci ei nu au deprins vocabularul și opțiunile speciale ale vreunuia dintre grupuri.

Argumentele exprimabile în vocabularul pe care îl folosesc la fel ambele grupuri nu sunt însă de obicei, hotărâtoare — cel puțin până într-o fază foarte târzie a evoluției concepțiilor opuse. Printre cei deja admiși în breaslă, puțini vor fi convinși fără a recurge într-un fel sau altul la comparații mai extinse, permise de traducere. Deși prețul va fi adesea propoziții foarte lungi și complicate (să

ne gândim la controversa dintre Proust și Berthollet, dusă fără a apela la termenul „element“), multe alte rezultate ale cercetării pot fi traduse din limbajul unei comunități în al celeilalte. Pe măsură ce traducerea este continuată, unii dintre membrii fiecărei comunități pot de asemenea să înceapă să înțeleagă, prin substituie, cum un enunț, până atunci opac, ar putea fi o explicație pentru membrii grupului opus. Existența unor asemenea metode nu garantează, firește, persuasiunea. Pentru majoritatea oamenilor, traducerea este un proces amenințător și cu totul străin de știința normală. Oricum, există întotdeauna și contraargumente, iar nici o regulă nu prescrie modul în care trebuie ajuns la un echilibru. Totuși, pe măsură ce argumentele se adună iar greutățile sunt trecute cu succes, una după alta, numai încăpățânarea oarbă poate în cele din urmă să explice rezistența neînduplecată.

Așa stând lucrurile, un al doilea aspect al traducerii, de multă vreme familiar istoricilor și lingviștilor, devine deosebit de important. A traduce o teorie sau o concepție despre lume în propriul limbaj nu înseamnă a o adopta. Pentru aceasta trebuie să devii „de-ai casei“, să descoperi că gândești și operezi într-un limbaj și nu pur și simplu că traduci dintr-un limbaj care ți-era înainte străin. Tranziția nu este însă de așa natură încât un individ să o poată face — sau să se poată împiedica s-o facă — prin deliberare sau alegere, oricât de întemeiate ar fi motivele sale pentru a dori s-o facă. Dimpotrivă, la un moment dat, în cursul învățării traducerii, el descoperă că tranziția s-a petrecut, că a pătruns într-un nou limbaj fără să fi luat o decizie. Sau, la fel ca mulți dintre cei care fac cunoștință cu relativitatea sau mecanica cuantică la o vârstă mijlocie, el se trezește pe deplin convins de noua concepție, fără a fi totuși în stare să o interiorizeze sau să se simtă acasă în lumea ei. Din punct de vedere intelectual, un asemenea om a făcut o alegere, dar convertirea necesară pentru a o face efectivă îl ocolește. El poate totuși folosi noua teorie, dar o va face ca un străin într-o țară străină — o alternativă pe care o are în față numai pentru că această țară își are deja cetățenii ei. Munca lui parazitează pe a acestora din urmă, căci lui îi lipsește constelația de elemente mentale pe care viitorii membri ai comunității o vor dobândi prin educație.

Experiența convertirii pe care am asemănat-o unei schimbări de *gestalt* rămâne, așadar, în centrul procesului revoluționar. Rațiunile întemeiate în favoarea alegerii oferă motivele convertirii și climatul în care are mai multe șanse să survină. În plus, traducerea poate furniza repere pentru reprogramarea nervoasă care, oricât de impenetrabilă ar fi acum, trebuie să stea la baza convertirii. Dar nici rațiunile întemeiate și nici traducerea nu alcătuiesc convertirea; or, tocmai acest proces trebuie să-l explicăm pentru a înțelege un tip esențial de schimbare științifică.

6. Revoluții și relativism

O consecință a poziției schițate mai sus i-a neliniștit îndeosebi pe câțiva dintre criticii mei¹⁸. Ei consideră că punctul meu de vedere este relativist, mai ales în felul în care a fost dezvoltat în ultima secțiune a cărții. Observațiile mele privind traducerea clarifică motivele acestei acuzații. Adepții unor teorii diferite seamănă cu membrii unor comunități lingvistice și culturale diferite. Recunoașterea acestui paralelism sugerează că, într-un sens, ambele grupuri ar putea să aibă dreptate. Aplicată la cultură și la dezvoltarea ei, această poziție este relativistă.

Aplicată la știință, ar putea să nu fie relativistă; în orice caz, este departe de un *simpliciter* relativism, într-o privință pe care criticii ei nu au reușit să o vadă. Luați ca un grup sau în grupuri, practicienii științelor dezvoltate sunt în mod fundamental rezolvitori de *puzzles*. Deși valorile pe care le folosesc în momentele alegerii teoriei derivă și din alte aspecte ale activității lor, capacitatea demonstrată de a pune și rezolva *puzzles* prezentate de natură este, în cazul conflictului dintre valori, criteriul dominant pentru majoritatea membrilor unui grup științific. Ca oricare altă valoare, capacitatea de a rezolva *puzzles* se dovedește ambiguă în aplicații. Doi oameni care o posedă pot totuși să difere în judecățile pe care le derivă din folosirea ei. Comportamentul unei comunități în care această capacitate are întâietate va fi fost foarte diferit de cel al

¹⁸ Shapere, „Structure of Scientific Revolutions“ și Popper în *Growth of Knowledge*.

unei comunități în care nu o are. Cred că, în știință, valoarea deosebită acordată capacității de a rezolva *puzzles* are o serie de consecințe.

Să ne imaginăm arborele unei evoluții ce reprezintă dezvoltarea unor specialități științifice moderne din originile lor comune, aflate, să zicem, în filozofia primitivă a naturii și în meșteșuguri. O linie care nu se repliază niciodată, trasă de-a lungul arborelui, de la trunchi spre vârful unei ramuri, va marca succesiunea teoriilor în ordinea descendentei. Considerând oricare două asemenea teorii, alese în puncte nu prea îndepărtate de originea lor, va fi ușor de alcătuit o listă de criterii care i-ar permite unui observator imparțial să distingă, în fiecare moment, o teorie anterioară de o alta mai recentă. Unele dintre cele mai utile criterii ar fi: precizia predicțiilor, mai ales a celor cantitative; echilibrul dintre temele ezoterice și cele obișnuite; numărul diferitelor probleme rezolvate. Mai puțin utile pentru acest scop, deși având un rol important în viața științifică, ar fi valori ca: simplitatea, domeniul de aplicare și compatibilitatea cu alte specialități. Asemenea liste nu sunt încă necesare, dar nu mă îndoiesc că ele pot fi alcătuite. Iar dacă pot fi alcătuite, atunci dezvoltarea științifică este, asemenea celei biologice, un proces unidirecțional și ireversibil. Teoriile științifice ulterioare sunt mai bune decât cele anterioare în a rezolva *puzzles* în mediile adesea cu totul diferite la care sunt aplicate. Aceasta nu este poziția unui relativist; ea dezvăluie sensul în care cred cu toată convingerea în progresul științific.

Comparată cu noțiunea de progres foarte răspândită în rândul filozofilor științei ca și al publicului larg, această poziție este lipsită de un element esențial. O teorie științifică este de obicei considerată mai bună decât predecesoarele ei nu numai în sensul că este un instrument mai bun pentru descoperirea și rezolvarea *puzzles*-urilor, dar și pentru că este într-o măsură o reprezentare mai bună a naturii. Auzim deseori că teoriile succesive se apropie tot mai mult sau aproximează din ce în ce mai bine adevărul. Se pare că asemenea teze nu se referă la soluțiile *puzzles*-urilor și la predicțiile concrete derivate dintr-o teorie, ci mai degrabă la ontologie, adică la corespondența dintre entitățile cu care teoria populează natura și ceea ce există „realmente acolo“, în natură.

Poate există și un alt mod de a recupera noțiunea de „adevăr“, pentru aplicarea la întregi teorii, dar acesta nu merge. Cred că nu există un mod independent-de-teorie de a reconstrui expresii ca „realmente acolo“; noțiunea de conformitate între ontologia unei teorii și corespondentul ei „real“ din natură mi se pare acum principial iluzorie. În afară de aceasta, ca istoric, sunt impresionat de implauzibilitatea acestei concepții. Nu mă îndoiesc, de pildă, că mecanica lui Newton o depășește pe cea a lui Aristotel, că cea a lui Einstein o depășește pe cea a lui Newton ca instrument de rezolvare a *puzzles*-urilor. Dar nu pot vedea în succesiunea lor nici o direcție concretă de dezvoltare ontologică. Dimpotrivă, în unele privințe importante, deși nu în toate, teoria relativității generalizate a lui Einstein este mai apropiată de cea a lui Aristotel decât este vreuna din acestea de cea a lui Newton. Deși tentația de a caracteriza această poziție ca relativistă este de înțeles, caracterizarea mi se pare greșită. Reciproc, dacă această poziție ar însemna relativism, nu pot crede că relativistul este lipsit de vreunul din instrumentele necesare explicării naturii și dezvoltării științei.

7. Natura științei

Voi încheia cu o scurtă dezbatere a două reacții frecvente la textul meu original, prima critică, a doua favorabilă, dar nici una, cred, într-un total îndreptățită. Deși una nu este legată de cealaltă și nici una de cele spuse până acum, ambele au cunoscut o suficientă răspândire pentru a merita cel puțin unele răspunsuri.

Câțiva cititori ai cărții mele au remarcat că am trecut frecvent de la modul descriptiv la cel normativ și invers — o trecere deosebit de evidentă în unele pasaje care încep cu „Dar aceasta nu este ce fac oamenii de știință“ și se încheie cu afirmația că oamenii de știință nu ar trebui să facă astfel. Unii critici afirmă că confund descrierea cu prescrierea, încălcând venerabila teoremă filozofică potrivit căreia „este“ nu poate implica „trebuie“¹⁹.

¹⁹ Pentru unul din multele exemple, vezi eseul lui P. F. Feyerabend din *Growth of Knowledge*.

Această teoremă a devenit practic un clișeu și nu mai este respectată pretutindeni. Unii filozofi contemporani au descoperit contexte importante în care normativul și descriptivul sunt inextricabil îmbinate²⁰. „Este“ și „trebuie“ nu sunt întotdeauna atât de distincte cum păreau. Dar nu este nevoie să apelăm la subtilitățile filozofiei lingvistice contemporane pentru a desluși ceea ce părea confuz în legătură cu acest aspect al poziției mele. Paginile anterioare prezintă o concepție sau o teorie despre natura științei și, ca alte filozofii ale științei, teoria are consecințe pentru modul în care oamenii de știință trebuie să acționeze pentru ca întreprinderea lor să reușească. Deși poate să nu fie corectă, nu mai mult decât oricare altă teorie, ea oferă o bază legitimă pentru repetatele „trebuie“ și „ar trebui“. Reciproc, o parte dintre motivele pentru a lua în serios teoria este că oamenii de știință, ale căror metode au fost elaborate și selectate pentru succesul lor, se comportă de fapt așa cum spune teoria că ar trebui să o facă. Generalizările mele descriptive sunt dovezi în favoarea teoriei tocmai pentru că ele pot fi de asemenea derivate din teorie, în vreme ce potrivit altor concepții despre natura științei ele constituie un comportament anormal.

Cred că circularitatea acestui argument nu este vicioasă. Consecințele punctului de vedere discutat nu sunt epuizate de observațiile pe care el se baza la început. Încă înainte de prima apariție a cărții, am descoperit că unele părți ale teoriei prezentate constituie un instrument util pentru explorarea comportamentului și dezvoltării științifice. Compararea acestui post-scriptum cu paginile originalului poate să indice că el continuă să joace acest rol. Nici un punct de vedere pur și simplu circular nu poate fi o asemenea călăuză.

La o ultimă reacție față de carte, răspunsul meu trebuie să fie diferit. Dintre cei care au apreciat cu plăcere cartea mea, unii au făcut-o mai puțin pentru că aruncă o lumină asupra științei, cât pentru că au interpretat tezele ei principale ca fiind aplicabile și în multe alte domenii. Înțeleg ce au ei în vedere și nu aș vrea să-i descurajez în încercările de a extinde această concepție, dar reacția

²⁰ Stanley Cavell, *Must We Mean What We Say?* (New York, 1969), Cap. I.

lor m-a uimit totuși. În măsura în care cartea zugrăvește dezvoltarea științei ca o succesiune de perioade dominate, fiecare, de o tradiție și punctate de întreruperi necumulative, tezele ei sunt fără îndoială larg aplicabile. Dar așa și trebuie să fie, căci sunt împrumutate din alte domenii. Istoricii literaturii, muzicii, artelor, dezvoltării politice și ai multor altor activități umane descriu de multă vreme aceste subiecte în același fel. Periodizarea în termeni de breșe revoluționare în stil, gust și structură instituțională fusese unul dintre instrumentele lor tipice. Dacă am fost original în privința acestor idei, aceasta s-a datorat mai ales aplicării lor la știință, despre care se credea că evoluează altfel. Probabil, noțiunea de paradigmă ca o realizare concretă, o exemplaritate, este a doua contribuție originală. Bănuiesc, de pildă, că unele din dificultățile notorii care înconjoară noțiunea de stil în artă ar putea să dispară dacă tablourile pot fi înțelese ca modelate unele după altele, mai degrabă decât produse în conformitate cu unele canoane abstracte de stil²¹.

Cartea a avut însă, de asemenea, menirea să impună și o altă idee, mai puțin vizibilă multora dintre cititorii ei. Deși dezvoltarea științei poate fi mult mai asemănătoare celei din alte domenii decât s-a presupus adeseori, ea este de asemenea extrem de diferită. A spune, de pildă, că științele, cel puțin începând de la un anumit punct din dezvoltarea lor, progresează altfel decât alte domenii, nu înseamnă a greși întru totul, oricare ar putea fi progresul ca atare. Unele dintre obiectivele acestei cărți au fost să examineze asemenea diferențe și să înceapă să le explice.

Să considerăm, de exemplu, sublinierea repetată, mai sus, a lipsei sau, cum aș spune acum, a rarității relative a școlilor rivale în științele mature. Sau să ne reamintim remarcile mele despre măsura în care membrii unei comunități științifice date constituie singurul public și singurii judecători ai activității comunității. Sau, în sfârșit, să ne gândim din nou la natura specială a educației științifice, la rezolvarea de *puzzles* ca un scop și la sistemul de

²¹ În legătură cu această idee și cu o expunere mai amplă a ceea ce este propriu științei, vezi T. S. Kuhn, „Comment [on the Relations of Science and Art]“, *Comparative Studies in Philosophy and History*, XI (1969), pp. 403–412.

valori utilizat de grupul științific în perioade de criză și decizie. Cartea desprinde și alte caracteristici de același gen, dintre care nici una nu este neapărat unică pentru știință, dar care, împreună, singularizează această activitate.

Despre toate aceste caracteristici ale științei mai trebuie aflate foarte multe lucruri. Deschizând acest post-scriptum cu sublinierea necesității de a studia structura de comunitate a științei, voi încheia prin a evidenția necesitatea unui studiu similar și mai ales comparativ al comunităților corespunzătoare din alte domenii. Cum alege cineva membrii și cum este cineva ales membru într-o comunitate particulară, științifică sau nu? Care este procesul și care sunt stadiile socializării grupului? Ce scopuri își propune grupul, luat colectiv; ce devieri individuale sau colective va tolera el; și cum controlează el aberațiile nepermise? O mai deplină înțelegere a științei va depinde de răspunsuri și la alte genuri de întrebări, dar nu există domeniu în care să fie atât de mult de făcut. Cunoașterea științifică, la fel ca și limbajul, este prin natura sa proprietatea comună a unui grup; altfel nu este nimic. Pentru a o înțelege, va trebui să cunoaștem caracteristicile speciale ale grupurilor care o creează și o utilizează.

Cuprins

<i>Thomas Kuhn și reorientarea istorică</i>	
<i>în filozofia științei de Mircea Flonta</i>	5
<i>Kuhn, traducătorul și această carte</i>	51
Prefață	55
I. Introducere: un rol pentru istorie	63
II. Calea spre știința normală	72
III. Natura științei normale	85
IV. Știința normală ca rezolvare de <i>puzzles</i>	97
V. Prioritatea paradigmatelor	106
VI. Anomalia și emergența descoperirilor științifice	115
VII. Criza și emergența teoriilor științifice	130
VIII. Răspunsul la criză	142
IX. Natura și necesitatea revoluțiilor științifice	157
X. Revoluțiile ca schimbări ale concepției despre lume ...	176
XI. Invizibilitatea revoluțiilor	201
XII. Deznodământul revoluțiilor	209
XIII. Progres prin revoluții	225
Post-scriptum—1969	241