

Thomas S. Kuhn

Struktura znanstvenih revolucija



**STRUKTURA ZNANSTVENIH
REVOLUCIJA**

Thomas S. Kuhn

DRUGO IZDANJE

Naklada Jesenski i Turk
Zagreb, 2002.

Sadržaj

Predgovor	7
I Uvod: Uloga za povijest.....	15
II Put ka normalnoj znanosti.....	23
III Priroda normalne znanosti.....	35
IV Normalna znanost kao rješavanje zagonetki.....	47
V Prioritet paradigmi.....	55
VI Nepravilnosti i pojava znanstvenih otkrića.....	63
VII Kriza i nastajanje znanstvenih teorija.....	77
VIII Odgovor na krizu.....	89
IX Priroda i nužnost znanstvenih revolucija.....	103
X Revolucije kao promjene poimanja svijeta.....	121
XI Nevidljivost revolucija.....	145
XII Razrješavanje revolucija.....	153
XIII Napredak kroz revolucije.....	169
Postscript - 1969	183
Pogovor (<i>Vjekoslav Afrić</i>).....	219
Kazalo pojmova i imena	245

Predgovor

Ogled koji slijedi prvi je potpuni objavljeni izvještaj o projektu izvorno započetom prije gotovo petnaest godina. U to sam vrijeme na poslijediplomskom studiju teorijske fizike privodio završetku svoju disertaciju. Stjecajem sretnih okolnosti sudjelovao sam u eksperimentalnom tečaju koji je na fakultetu bio osmišljen s ciljem predstavljanja fizike onima koji se ne bave prirodnim znanostima, te sam tako prvi puta došao u dodir s poviješću znanosti. Na moje veliko iznenađenje taje zastarjela teorija i praksa radikalno uzdrimala neka moja temeljna shvaćanja prirode znanosti i razloga njezine posebne uspješnosti.

Radilo se o shvaćanjima koja sam temeljio djelomično na svojoj znanstvenoj naobrazbi, a djelomično na dugotrajnom usputnom zanimanju za filozofiju znanosti. Bez obzira na pedagošku korisnost i apstraktnu prihvatljivost, ta se poimanja nekako nisu uklapala u ono što je proučavanje povijesti pokazalo. Ipak, ona su bila i ostala fundamentalna za mnoge znanstvene rasprave, pa se činilo vrijednim ispitati njihove slabosti vezane uz bliskost istini. Ishod je bio oštar zaokret u mojim karijernim planovima, zaokret od fizike ka povijesti znanosti, a potom, postupno, od relativno određenih povijesnih problema natrag ka više filozofijskim pitanjima koja su me u početku i odvela ka povijesti. Izuzmemo li nekoliko članaka, ovaj je ogled prvi od mojih objavljenih radova u kojemu prevladava zanimanje za rana pitanja. Djelomično, to je pokušaj objašnjavanja - samome sebi i prijateljima - kako je uopće došlo do toga da budem odvučen od znanosti ka njezinoj povijesti.

Prva prigoda da dublje istražim neke zamisli predstavljene u tekstu koji slijedi pružila mi se dok sam bio mladi član Društva Harvardskog sveučilišta. Da nije bilo tog razdoblja slobode, prijelaz na novo polje istraživanja bio bi mnogo teži, a možda čak i nemoguć. Dio svog vremena tijekom tih godina posvetio sam povijesti čiste znanosti. Posebno sam nastavio s proučavanjem djela Alexandrea Koyréa i prvi put se susreo s djelima Émilea Meyersona, Hélène Metzger i

Anneliese Maier.¹ Mnogo jasnije nego drugi znanstvenici tog vremena, ta je skupina pokazala što je značilo misliti znanstveno u razdoblju kada su se kanoni znanstvenog mišljenja uvelike razlikovali od današnjih. Iako sve više dovodim u pitanje neke njihove povijesne interpretacije, njihova su djela, zajedno s djelom *Great Chain of Being* A. O. Lovejoya, uz izvorne materijale koji su bili primarni, bila presudna za oblikovanje mog shvaćanja o tome što bi povijest znanstvenih ideja mogla biti.

Značajni dio svog vremena proveo sam, međutim, u istraživanju područja koja nisu imala očite veze s poviješću znanosti, ali u kojima istraživanje sada otkriva probleme slične onima na koje mi je povijest skrenula pažnju. Fusnota na koju sam slučajno naišao odvela me do eksperimenata kojima je Jean Piaget osvijetlio različite svjetove djeteta koje raste kao i proces prijelaza iz jednog u drugi svijet.² Jedan me od mojih kolega naveo da čitam predavanja iz psihologije percepcije, posebno psihologa gestalt usmjerenja; drugi me je uveo u spekulacije B. L. Whorfa o utjecaju jezika na poimanje svijeta; W. V. O. Quine otkrio mi je filozofske dvojbe oko razlikovanja analitičkog i sintetičkog.³ Tu vrstu istraživanja metodom slučajnog uzorka dopuštalo je Društvo znanstvenika i samo sam tako mogao naići na gotovo nepoznat rad Ludwiga Flecka *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache* (Basel, 1935.), ogleđ koji je anticipirao mnoge moje vlastite ideje. Zajedno s primjedbama mog kolege Francisa X. Suttona, Fleckov me rad potaknuo da shvatim da bi se te ideje mogle uklapati

¹ Posebno utjecajni bili su Alexandre Koyré, *Etudes Galiléennes*, 3 sveska, Paris 1939.; Emile Meyerson, *Identity and Reality*, u prijevodu Kate Loewenberg, New York, 1930.; Hélène Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVII à la fin du XVIII siècle*, Paris, 1923., te Newton, *Stahl Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, 1930.; također i Anneliese Maier, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* ("Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik"; Rim, 1949.).

² Budući da su prikazivali koncepte i procese koji također potječu neposredno iz povijesti znanosti, dva su se sklopa Piagetovih istraživanja pokazala posebno važnima: *The Childs Conception of Causality*, u prijevodu Marjorie Gabain, London, 1930. i *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*, Paris, 1946.

³ Whorfova djela u međuvremenu je sabrao John B. Carroll u izdanju *Language, Thought and Reality - Selected Writings of Benjamin Lee Whorf*, New York, 1956. Quine je predstavio svoje stavove u djelu "Two Dogmas of Empiricism", ponovo objavljenom u njegovu *From a Logical Point of View*, Cambridge, Mass., 1953., str. 20-46.

u sociologiju znanstvene zajednice. Iako će čitatelj pronaći svega nekoliko pozivanja na neko od ovih djela, njihov sam dužnik na više načina nego što sam to sada u stanju rekonstruirati i procijeniti.

Tijekom posljednje godine istraživačke stipendije na Harvardu dobio sam poziv da održim predavanje na institutu Lowell u Bostonu, te se tako ukazala prva prigoda za "isprobavanje" moje koncepcije znanosti koja se još razvijala. Ishod je bila serija od osam javnih predavanja koja sam održao tijekom ožujka 1951. godine na temu "Traganja za fizičkom teorijom". Tijekom slijedeće godine počeo sam predavati povijest čiste znanosti. Problemi prenošenja znanja u jednom području koje nikad nisam sustavno proučavao ostavili su mi tijekom gotovo cijelog jednog desetljeća malo vremena za eksplicitnu artikulaciju ideja koje su me prvotno do njega i dovele. Srećom, te su se ideje ipak pokazale izvorom implicitne orijentacije i izvjesnog strukturiranja problema za veći dio mojih predavanja održanih starijim studentima. Zbog toga zahvaljujem svojim studentima za dragocjene lekcije o životnoj sposobnosti mojih stavova i odgovarajućoj tehnicu za njihovo uspješno priopćavanje. Isti problemi i ista orijentacija zajednički su većini pretežito povijesnih i očito različitih studija koje sam objavio od završetka stipendije. Neke od studija bave se integralnim udjelom koji neka metafizika ima u kreativnom znanstvenom istraživanju. Druge se bave načinom na koji se eksperimentalni temelji nove teorije akumuliraju i bivaju prihvaćeni od ljudi vjernih nekoj nespojivoj starijoj teoriji. U tom procesu oni opisuju tip razvoja koji sam u tekstu nazvao rađanje nove teorije ili otkrića. Postoje i druge takve veze.

Završni stupanj razvoja ovog ogleđa počeo je kada sam primio poziv da akademsku godinu 1958/59. provedem u Centru za napredno proučavanje društvenih znanosti. Ponovo sam imao prigodu posvetiti punu pažnju problemima o kojima će u daljnjem tekstu biti govora. Što je još važnije, jednogodišnji boravak u zajednici koju su najvećim dijelom činili znanstvenici iz područja društvenih znanosti, potaknuo me na suočavanje s neočekivanim problemima razlika između takvih zajednica i zajednica znanstvenika iz područja prirodnih znanosti, u kojima sam stjecao svoju naobrazbu. Posebno sam primijetio da među znanstvenicima društvenih znanosti često dolazi do neslaganja o prirodi legitimnih znanstvenih problema i metoda. I povijest i moja osobna

poznanstva doveli su do toga da pomislim da znanstvenici koji se bave prirodnim znanostima imaju čvršće ili trajnije odgovore na takva pitanja nego njihovi kolege koji se bave društvenim znanostima. Međutim, praksa astronomije, fizike, kemije ili biologije obično ne izaziva one kontroverze oko temeljnih stvari, a te kontroverze - recimo među psiholozima ili sociolozima - djeluju gotovo endemski. Pokušavajući otkriti izvor te razlike shvatio sam kakvu ulogu u znanstvenom istraživanju igra ono što od tada zovem "paradigmama". Smatram da su to univerzalno prihvaćena znanstvena dostignuća koja nekoj zajednici praktičara neko vrijeme pružaju modele problema i rješenja. Kad je taj djelić mozaika koji je nedostajao konačno uklopljen u cjelinu, osnovni su se obrisi ovog ogleda vrlo brzo počeli ocrtavati.

Ne smatram potrebnim ovdje opisivati kasniji razvoj ogleda, ali bih ipak nekoliko riječi posvetio obliku koji je zadržao tijekom revizija. Prije nego što je prva verzija bila završena i velikim dijelom revidirana, predviđao sam da će se rukopis pojaviti isključivo kao jedan tom edicije *Enciklopedija ujedinjene znanosti*. Urednici tog pionirskog pothvata prvo su me nagovarali, potom od mene ishodili čvrstu obezvu, a na kraju s iznimno puno takta i strpljenja čekali na rezultat. Mnogo im dugujem, posebno Charlesu Morrisu, za odlučujući poticaj i savjete oko rukopisa. Međutim, zbog prostornih ograničenja *Enciklopedije* bilo je neophodno izložiti gledišta u vrlo sažetom i shematičnom obliku. Iako su kasnija zbivanja donekle ublažila ograničenja i omogućila paralelno nezavisno izdanje, ovaj je rad ostao više ogled nego potpuna knjiga kakvu bi moj predmet svakako zahtijevao.

Budući da je moj osnovni cilj potaknuti promjenu načina promatranja i procjene poznatih podataka, shematična narav ovog prvog predstavljanja ne bi trebala biti nikakav nedostatak. Naprotiv, čitatelji koji su vlastitim istraživanjima pripremljeni za preorijentaciju kakvu ovdje zastupam, možda će doći do zaključka da je taj način sugestivniji i lakši za prihvaćanje. Međutim, ima i nedostataka koji opravdavaju moje predočavanje (na samom početku) nekih vrsta proširenja, u smislu opsega i u smislu dubine, za koja se nadam da ću ih na kraju uključiti u svoju obimniju verziju. Puno je više povijesnog materijala na raspolaganju, nego što sam mogao iskoristiti u ogra-

ničenom prostoru. Osim toga, ti materijali potječu i iz povijesti biologije i iz povijesti fizike. Odluka da se ovdje bavim samo fizikom djelomično se temelji na nastojanju da se poveća koherentnost ogleđa, a djelomično na razlozima vezanim uz moju sadašnju kompetenciju. Osim toga, shvaćanje znanosti o kojemu će ovdje biti riječi, upućuje na potencijalnu plodnost nekih novih vrsta istraživanja, kako povijesnih, tako i socioloških. Na primjer, način na koji nepravilnosti (odstupanja od očekivanog) privlače sve veću pažnju znanstvene zajednice, zahtijeva detaljno proučavanje, kao i krize koje se javljaju kao posljedica opetovanih neuspjeha prilagođavanja nepravilnosti. Ili, ukoliko je točno moje mišljenje da svaka znanstvena revolucija mijenja povijesnu perspektivu one zajednice koja je doživljava, tada bi ta promjena perspektive trebala utjecati i na strukturu postrevolucionarnih udžbenika i istraživačkih publikacija. Jednu takvu posljedicu - pomak u distribuciji tehničke literature koja se navodi u fusnotama istraživačkih izvještaja - valjalo bi proučiti kao mogući indeks pojave revolucija.

Isto tako, potreba za drastičnim sažimanjem prisilila me da odustanem od rasprave o određenom broju važnih problema. Tako je primjerice moje razlikovanje pre-paradigmatičnih i post-paradigmatičnih razdoblja u razvoju znanosti previše shematično. Svaka od škola koje su se međusobno natjecale u ranijem razdoblju bila je vođena nečim što je vrlo slično paradigmi; u novijem razdoblju ima i takvih okolnosti pod kojima dvije paradigme mogu mirno koegzistirati, iako mi se čini da je to rijetko. Samo posjedovanje neke paradigme nije dovoljan kriterij za razvojne prijelaze o kojima se raspravlja u poglavlju II ove knjige. Još je važnije to što - ako se izuzme nekoliko povremenih "izleta" u stranu - nisam rekao ništa o ulozi tehnološkog napretka ili vanjskih društvenih, ekonomskih i intelektualnih uvjeta u razvoju znanosti. Međutim, nije potrebno istraživati dalje od Kopernika i kalendara kako bi se otkrilo da vanjski uvjeti mogu utjecati na to da se obična nepravilnost pretvori u izvor akutne krize. Isti primjer pokazao bi i kako uvjeti izvan određenih znanosti mogu utjecati na raspon alternativa dostupnih čovjeku koji krizu želi okončati predlažući neku revolucionarnu reformu.⁴ Po

⁴ O ovim faktorima raspravlja se u T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, Mass.,

mom mišljenju, eksplicitno razmatranje takvih učinaka ne bi preoblikovalo glavne teze koje su razvijene u ovom ogledu, ali bi svakako pridodalo analitičku dimenziju od prvorazrednog značaja za razumijevanje znanstvenog napretka.

Konačno, možda je najvažnije od svega to što su se prostorna ograničenja snažno odrazila na moj odnos prema filozofskim implikacijama povijesno orijentiranog stava o znanosti kojeg zastupa ovaj ogled. Jasno je da takve implikacije postoje. Pokušao sam ne samo ukazati na neke osnovne implikacije, već i dokumentirati ih. Čineći to, obično sam se suzdržavao od detaljne rasprave o različitim pozicijama koje o tim pitanjima zastupaju suvremeni filozofi. Ondje gdje sam naznačio skepticizam, češće je bio usmjeren na neki filozofski pristup, nego na neki od njegovih potpuno artikuliranih izraza. Stoga je moguće da će neki od onih koji poznaju i rade u okvirima neke od artikuliranih pozicija imati dojam da nisam shvatio njihovu temeljnu ideju. Mislim da neće biti u pravu, ali cilj ovog oglada nije da ih uvjeri u suprotno. Takav bi pokušaj zahtijevao daleko opsežniju i posve različitu vrstu knjige.

Autobiografski fragmenti kojima započinje ovaj predgovor poslužiti će odavanju priznanja onome što vidim kao svoj glavni dug određenim znanstvenim djelima i institucijama koje su pomogle u oblikovanju mog mišljenja. Ostatak tog duga pokušat ću "otplatiti" citatima na stranicama koje slijede. Ipak, ono što je već rečeno ili što će u tekstu koji slijedi tek biti rečeno, neće postići ništa nego tek nagovijestiti koliko je mnogo i kakve su moje osobne obveze prema ljudima čije su sugestije i kritike u nekom razdoblju podržale i usmjerile moj intelektualni razvoj. Previše je vremena prošlo od nastanka i prvobitnog oblikovanja ideja u ovom ogledu; popis svih onih koji bi s punim pravom našli odjeke svog utjecaja na ovim stranicama bio bi gotovo jednak

1957., str. 122-132, 270-271. Drugi efekti vanjskih intelektualnih i ekonomskih uvjeta opisani su u mojim člancima "Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery", *Critical Problems in the History of Science*, ur. Marshall Clagett, Madison, Wis., 1959., str. 321-356; "Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot", *Archives internationales d'histoire des sciences*, XIII, 1960, str. 247-251 ; te "Sadi Carnot and the Cagnard Engine" *Isis*, LII, 1961., str. 567-574. Prema tome, samo uzimajući u obzir probleme o kojima se raspravlja u ovom ogledu, smatram ulogu vanjskih faktora sporednom.

popisu mojih prijatelja i znanaca. U takvim okolnostima morao sam se ograničiti na nekoliko najznačajnijih utjecaja koje čak niti slabo pamćenje ne bi moglo u potpunosti potisnuti.

James B. Conant, tada predsjednik Harvardskog Sveučilišta, bio je prvi koji me uveo u povijest znanosti potaknuvši tako preobrazbu mog shvaćanja prirode znanstvenog napretka. Od trenutka kada je taj proces započeo, velikodušno je sa mnom dijelio svoje zamisli, primjedbe i vrijeme, uključujući vrijeme potrebno za čitanje i prijedloge za važne promjene u nacrtu moga rukopisa. Leonard K. Nash, s kojim sam pet godina održavao povijesno orijentirani tečaj koji je bio započeo dr Conant, još je aktivnije surađivao tijekom onih godina dok su se moje ideje oblikovale, te mi je jako nedostajao u kasnijim fazama njihova razvoja. Na svu sreću, po odlasku iz Cambridgea, njegovo je mjesto suradnika preuzeo moj kolega na Berkeleyu, Stanley Cavell. Činjenica da je Cavell - kao filozof prvenstveno zainteresiran za etiku i estetiku - dolazio do zaključaka koji su se uvelike podudarali s mojima, za mene je predstavljalo stalan izvor stimulacije i ohrabrenja. Ujedno, on je jedina osoba s kojom sam ikad bio u stanju istraživati svoje ideje u nepotpunim rečenicama. Ovakav način komuniciranja svjedoči o razumijevanju koje mu je omogućilo da mi pokaže put kroz ili oko nekoliko najvećih zapreka s kojima sam se susreo priređujući svoj prvi rukopis.

Otkako je ta verzija skicirana, mnogi su mi drugi prijatelji pomogli u njezinom preformuliranju. Oni će mi, nadam se, oprostiti to što ću imenovati samo onih četvero čiji su se doprinosi pokazali najdalekosežnijima i u najvećoj mjeri odlučujućima: Paul K. Feyerabend s Berkeleya, Ernest Nagel s Columbijе, H. Pierre Noyés iz Radijacijskog laboratorija Lawrence, te moj student John L. Heilbron, koji je često sa mnom surađivao u pripremama konačne verzije za tisak. Sve njihove rezerve i primjedbe za mene su bile izuzetno korisne, ali nemam razloga vjerovati (a imam razloga za sumnju) da bi se bilo koja od navedenih osoba u potpunosti složila s konačnom verzijom rukopisa.

Na kraju, moja priznanja roditeljima, supruzi i djeci, moraju biti posve drugačija. Na načine koje ću ja vjerojatno posljednji prepoznati, svatko je od njih dao svoj prilog intelektualnih sastojaka mom radu. Međutim, učinili su i nešto mnogo važnije. Oni su, naime, pustili da

se moj rad odvija i ohrabivali moju privrženost tom radu. Svatko tko se ikada hrvao s projektom poput mojeg, shvatit će koliko je taj projekt povremeno stajao moje najbliže. Ne znam kako im uopće zahvaliti na tome.

T. S. K.

Berkeley, California, veljača 1962.

UVOD: ULOGA ZA POVIJEST

Promatramo li povijest kao riznicu nečeg višeg od anegdote i kronologije, ona može dovesti do odlučujuće preobrazbe predodžbe o znanosti kakvom smo sada opsjednuti. Ta je predodžba stvorena - čak i od samih znanstvenika - na temelju proučavanja gotovih znanstvenih dostignuća u obliku u kojem su ih opisivali klasici, a u novije vrijeme udžbenici iz kojih svaka nova generacija znanstvenika uči raditi svoj posao. Međutim, nužan cilj takvih knjiga je uvjeravati i djelovati pedagoški. Poimanje znanosti koje iz njih proizlazi ima jednako slabe izgleda za uklapanje u pothvat koji ih je stvorio, kao što bi imala predodžba nacionalne kulture izvučena iz turističkog prospekta ili priručnika za učenje jezika. Ovaj ogleđ želi pokazati da su nas te knjige na fundamentalne načine odvele u pogrešnom smjeru. Cilj je ogleđa predstaviti skicu jednog drugačijeg poimanja znanosti, koje se može razviti iz povijesnih podataka o samoj istraživačkoj aktivnosti.

Međutim, ovo novo poimanje neće proizaći čak niti iz povijesti, budemo li povijesne podatke tražili i ispitivali uglavnom samo zato da pronađemo odgovore na pitanja koja postavlja nepovijesni stereotip temeljen na znanstvenim tekstovima. Često se činilo, na primjer, da ti tekstovi podrazumijevaju da se sadržaj znanosti izražava kroz opisana opažanja, zakone i teorije. Isto tako, iz tih se knjiga moglo zaključiti da su znanstvene metode jednostavno one metode koje su ilustrirane manipulativnim tehnikama pri prikupljanju udžbeničkih podataka, zajedno s logičkim operacijama koje se primjenjuju kada se ti podaci dovode u vezu s teorijskim uopćavanjima u određenom udžbeniku. Ishod je koncept znanosti s dubokim implikacijama po njenu prirodu i razvoj.

Ako je znanost skup činjenica, teorija i metoda skupljenih u određenim tekstovima, tada su znanstvenici ljudi koji se - uspješno ili bezuspješno - bore da tom skupu dodaju još koji element. Znanstveni razvoj postaje postupni proces tijekom kojeg se ti elementi, pojedinačno ili u kombinaciji, dodaju stalno rastućem skladištu koje čini znanstvenu tehniku i znanje. A povijest znanosti postaje disciplina koja kronološki bilježi ova uzastopna povećanja i zapreke koje su sprečavale njihovu akumulaciju. Baveći se znanstvenim razvojem, povjesničar ima dvije temeljne zadaće. S jedne strane, on treba odrediti tko je i kada otkrio ili izumio svaku pojedinačnu suvremenu znanstvenu činjenicu, zakon i teoriju. S druge strane, on mora opisati i objasniti sve one pogreške, mitove i praznovjerja koja su spriječila bržu akumulaciju svih onih sastojaka koji čine suvremeni znanstveni tekst. Mnoga su istraživanja bila - i još uvijek jesu - usmjerena prema tim ciljevima.

Posljednjih godina, međutim, nekim je povjesničarima znanosti sve teže i teže ispuniti obveze koje im nameće koncept razvoja putem akumulacije. Kao kroničari razvojnog procesa oni otkrivaju da dopunska istraživanja ne olakšavaju već otežavaju odgovore na pitanja poput: Kada je otkriven kisik? Tko je prvi došao na ideju o konzerviranju energije? Neki su se od njih počeli pitati ne radi li se o pitanjima koja ne treba postavljati. Znanost se možda ne razvija akumulacijom pojedinačnih otkrića i pronalazaka. Isti se povjesničari istodobno suočavaju s rastućim poteškoćama u razlikovanju "znanstvene" komponente prošlog opažanja i uvjerenja od onoga što su njihovi prethodnici spremno proglašavali "pogreškom" ili "predrasudom". Što pažljivije proučavaju, recimo, Aristotelovu dinamiku, flogističku kemiju ili kalorijsku termodinamiku, to su više uvjereni da ti nekad prevladavajući pogledi na prirodu nisu - u cjelini gledano - bili niti manje znanstveni niti više proizvod ljudske idiosinkrazije nego što su oni pogledi koji danas prevladavaju. Ako ta zastarjela uvjerenja treba nazivati mitovima, onda se mitovi mogu stvoriti istim vrstama metoda i zastupati iz istih razloga koji danas vode ka znanstvenim spoznajama. Ako ih pak treba nazivati znanošću, to znači da je znanost uključila sklopove uvjerenja nespojivih s onima kojih se danas držimo. Postavljen pred ovu alternativu, povjesničar treba izabrati drugu od dviju mogućnosti.

Zastarjele teorije u načelu nisu neznanstvene zato što su bile odbacene. Takav izbor, međutim, otežava promatranje znanosti kao procesa stalnog prirasta. Isto ono povijesno istraživanje koje pokazuje poteškoće u izdvajanju pojedinačnih pronalazaka i otkrića, ujedno daje i temelje za duboku sumnju u kumulativni proces kroz koji se mislilo da su pojedinačni doprinosi znanosti bili učinjeni.

Ishod svih ovih dvojbi i poteškoća je revolucija u proučavanju povijesti znanosti, iako se ona još uvijek nalazi u svojoj ranoj fazi. Postupno - a često i ne u potpunosti svjesni da upravo to čine - povjesničari znanosti počeli su postavljati nove vrste pitanja i pratiti druge, često i neakumulativne razvojne crte znanosti. Ne tražeći trajne doprinose starije znanosti našoj sadašnjoj poziciji, oni pokušavaju iskazati povijesni integritet znanosti u njezinu vlastitu vremenu. Oni se, primjerice, ne pitaju o vezi Galileovih stavova i stavova suvremene znanosti, već o odnosu njegovih stavova i stavova u njegovoj skupini, tj. stavova njegovih učitelja, suvremenika i neposrednih sljedbenika. Štoviše, oni inzistiraju na proučavanju stavova te skupine s točke gledišta - obično vrlo različite od točke gledišta suvremene znanosti - koja tim stavovima daje najveću moguću unutrašnju koherentnost i najbližu moguću sukladnost s prirodom. Promatrana kroz djela koja su ishod takve orijentacije, a najbolji je primjer možda Alexandre Koyré, znanost izgleda kao sasvim drugačiji pothvat od onoga o kojem raspravljaju autori stare povjesničarske tradicije. Slijedom toga, navedene povijesne studije u najmanju ruku navješćuju mogućnost nove slike znanosti. Cilj je ovog oglada ocrtati tu sliku izlaganjem nekih novih implikacija proučavanja povijesti znanosti.

Koji će aspekti znanosti izbiti na površinu tijekom tih napora? Prva, barem po redoslijedu izlaganja, jest nedostatnost metodoloških naputaka samih po sebi u diktiranju jedinstvenog supstancijalnog zaključka o mnogim vrstama znanstvenih pitanja. Upućen da ispita električne ili kemijske pojave, čovjek koji ta područja ne poznaje, ali zna što je znanstveno, legitimno može doći do bilo kojeg od cijelog niza nespojivih zaključaka. Među tim legitimnim mogućnostima, oni zaključci do kojih će doći vjerojatno su određeni njegovim ranijim iskustvom u drugim područjima, slučajnostima u njegovu istraživanju i njegovom pojedinačnom strukturom. Koja uvjerenja o zvijezdama,

na primjer, on unosi u proučavanje kemije ili elektriciteta? Koje od mnogih zamislivih pokusa relevantnih za novo područje on bira kao prve koje će izvesti? Koji mu aspekti one složene pojave do koje se dolazi padaju u oči kao osobito relevantni za rasvjetljavanje prirode kemijske promjene ili električnog privlačenja? U najmanju ruku za pojedinca, ali ponekad i za znanstvenu zajednicu, odgovori na pitanja poput ovih često su temeljne odrednice znanstvenog razvoja. U poglavlju II primijetiti ćemo, na primjer, da je u ranim stupnjevima razvoja većine znanosti karakteristično stalno natjecanje između određenog broja različitih gledanja na prirodu, od kojih je svako djelomice izvedeno iz, a i uglavnom spojivo s onim što propisuju znanstveno promatranje i metode. Ono po čemu se razlikuju pojedine škole nije poneka slabost metode - sve su one "znanstvene" - već ono što ćemo nazvati njihovim međusobno neusporedivim načinima viđenja svijeta i bavljenja znanosti u tom svijetu. Promatranje i iskustvo mogu i moraju drastično ograničiti raspon dopustivih znanstvenih uvjerenja, jer inače znanosti ne bi bilo. Ali, oni sami ne mogu odrediti konkretan sadržaj takvih uvjerenja. Neki od naizgled proizvoljnih elemenata, sastavljen od osobne i povijesne slučajnosti, uvijek je formativni sastojak onih uvjerenja koja prihvaća neka znanstvena zajednica u neko određeno vrijeme.

Element proizvoljnosti ne znači međutim to da se neka znanstvena skupina može baviti svojom strukom bez sklopa prihvaćenih uvjerenja. Također, ta proizvoljnost ne čini manje dosljednom onu posebnu konstelaciju kojoj je ta skupina u određenom vremenu posvećena. Djelotvorno istraživanje rijetko počinje prije nego što znanstvena zajednica misli daje pronašla čvrste odgovore na pitanja poput slijedećih: koji su fundamentalni entiteti od kojih je sastavljen svemir? Kako ti entiteti djeluju jedan na drugog i na naša čula? Koja se pitanja o tim entitetima mogu legitimno postaviti i koje se tehnike mogu primijeniti u traženju rješenja? U razvijenim znanostima odgovori (ili potpune zamjene za odgovore) na pitanja poput ovih čvrsto su usađeni u pripremu koju tijekom svoje naobrazbe za stručnu praksu prolaze studenti. Budući da je ta naobrazba istovremeno stroga i kruta, odgovori se duboko urezuju u mozak studenta. Činjenica da je to moguće u velikoj mjeri objašnjava osobitu efikasnost uobičajene znanstveno-istraživačke

aktivnosti i smjer u kojem se ona kreće u određenom vremenu. Kad se budemo bavili normalnom znanosti u poglavljima III, IV i V, namjera će nam biti konačno opisati to istraživanje kao ustrajan i odan pokušaj nasilnog smještanja prirode u konceptualne ladice koje smo stekli profesionalnom naobrazbom. Istodobno, pitat ćemo se može li se istraživati bez tih ladica, bez obzira na element proizvoljnosti u povijesnom porijeklu i, ponekad, daljnjem razvoju tih ladica.

Element proizvoljnosti ipak je prisutan i ima značajan utjecaj na razvoj znanosti, što ćemo ispitati u poglavljima VI, VII i VIII. Normalna znanost, aktivnost u kojoj većina znanstvenika provodi gotovo svo svoje vrijeme, postoji pod pretpostavkom da znanstvena zajednica zna kakav je svijet koji nas okružuje. Dobar dio uspjeha tog pothvata nastaje iz spremnosti zajednice da tu pretpostavku brani, ako je potrebno i uz prilično visoku cijenu. Normalna se znanost, na primjer, često opire uvođenju fundamentalnih novosti budući da su one nužno subverzivne u odnosu na njene osnovne stavove. Međutim, dok ti stavovi zadržavaju element proizvoljnosti, sama priroda istraživanja brine se da novost ne ostane dugo potisnuta. Ponekad se neki uobičajeni problem, koji bi trebao biti rješiv uz pomoć poznatih pravila i procedura, opire ponovljenim napadima najsposobnijih članova skupine u čiju nadležnost spada. U drugim prigodama se dio opreme, zamišljen i konstruiran u svrhu normalnog istraživanja, ne ponaša na očekivan način već iskazuje neku nepravilnost koja se, usprkos ponovljenim naporima, ne uspijeva uklopiti u stručna očekivanja. Na ovaj, kao i na druge načine, normalna znanost cijelo vrijeme zastranjuje. Kad god se to dogodi - kad struka dakle više ne može izbjeći nepravilnosti koje potkopavaju postojeću tradiciju znanstvene prakse - tada počinju drugačija istraživanja koja struku vode ka novom sklopu zadaća, novom temelju za znanstvenu praksu. Te posebne epizode u kojima dolazi do preokreta u stručnim stavovima u ovom se ogledu pojavljuju kao znanstvene revolucije. Ove epizode koje ugrožavaju tradiciju dopunjavaju uobičajenu znanost koja je orijentirana na tradiciju.

Najočitiji primjeri znanstvenih revolucija su one poznate epizode znanstvenog razvoja koje su i ranije često bile nazivane revolucijama. U poglavljima IX i X, u kojima prvi puta izravno ispitujemo prirodu

znanstvenih revolucija, u više ćemo se navrata baviti prijelomnim trenucima u znanstvenom razvoju koji se vezuju uz imena Kopernika, Newtona, Lavoisiera i Einsteina. Jasnije od većine drugih epizoda u povijesti (barem fizičkih) znanosti, ove epizode pokazuju o čemu se zapravo u svim znanstvenim revolucijama radi. Svaka od njih nužno je vodila ka odbacivanju znanstvene teorije koju je zajednica nekoć poštovala. Svaka je dovela do promjene u problemima koji su na raspolaganju za znanstveno ispitivanje, kao i u standardima uz pomoć kojih struka određuje što će se smatrati dopustivim problemom za znanstveno istraživanje ili legitimnim rješenjem problema. Svaka je dovela do promjene u znanstvenoj mašti na načine koje ćemo naposljetku morati opisati kao preobražaj svijeta unutar kojega se znanstveni rad odvija. Takve promjene, zajedno s kontroverzama koje ih gotovo uvijek prate, karakteristike su koje definiraju znanstvene revolucije.

Ove se karakteristike vrlo jasno mogu uvidjeti proučavanjem Newtonove ili kemijske revoluciju. Fundamentalna teza ovoga ogleada jest međutim da se te karakteristike mogu isto tako pronaći i tijekom proučavanja mnogih drugih epizoda koje nisu bile tako očito revolucionarne. Za daleko manju skupinu stručnjaka na koju su utjecale, Maxwelllove su jednadžbe bile jednako revolucionarne kao i Einsteinove, pa su im stoga pružili otpor. Iznalaženje novih teorija redovito i na odgovarajući način izaziva jednaku reakciju stručnjaka u čija područja zalazi. Za njih nova teorija podrazumijeva promjenu pravila koja su do tada vodila znanstvenu praksu normalne znanosti. Ona se stoga nužno odražava na veliki dio znanstvenog rada koji su ranije uspješno okončali. To je razlog što nova teorija, koliko god posebno bilo njezino područje primjene, rijetko kada ili nikada ne predstavlja samo dodatak onome što je već poznato. Njeno prihvaćanje zahtijeva rekonstrukciju ranije teorije i ponovnu procjenu činjenica, što je u biti revolucionarni proces koji rijetko može provesti pojedinac, a nikada se ne događa preko noći. Ne čudi stoga da su povjesničari imali poteškoća s preciznim datiranjem ovakvog šireg procesa, koji zbog jezične određenosti moraju promatrati kao izolirani događaj.

Stvaranje nove teorije nije jedini znanstveni događaj koji ima revolucionarni utjecaj na stručnjake u čijem se području događa.

Načela koja vladaju uobičajenom znanosti određuju ne samo koje vrste entiteta univerzum sadrži, već i - po implikaciji - koje ne sadrži. Iz toga slijedi, iako će to zahtijevati opsežniju raspravu, da otkrića poput otkrića kisika i radioaktivnog zračenja nisu jednostavno dodavanje još jedne pojedinosti znanstvenikovu svijetu. Ona imaju taj krajnji efekt, ali ne dok stručna zajednica ponovo ne procijeni tradicionalne eksperimentalne postupke, promijeni svoju koncepciju entiteta koji su joj dugo vremena bili bliski i - u tom procesu - promijeni mrežu teorija uz pomoć kojih se bavi svijetom. Znanstvena činjenica i teorija nisu kategorički razdvojive, osim možda unutar jedne pojedinačne tradicije normalne znanstvene prakse. To je razlog što neočekivano otkriće nije po svom značenju jednostavno činjenično i što se znanstvenikov svijet kvalitativno preobražava i kvantitativno obogaćuje fundamentalnim činjeničnim ili teorijskim novostima.

Proširena koncepcija prirode znanstvene revolucije ono je čime ćemo se baviti na stranicama koje slijede. To proširenje, naravno, rasteže uobičajenu uporabu. Međutim, ipak ću nastaviti govoriti i o otkrićima kao revolucionarnima, budući da upravo mogućnost povezivanja njihove strukture sa strukturom, recimo, kopernikanske revolucije, čini proširenu koncepciju za mene tako zanimljivom. Prethodna rasprava upućuje na to kako ćemo se s komplementarnim pojmovima uobičajene znanosti i znanstvenih revolucija baviti u devet poglavlja koja slijede. Ostatak ogleada pokušava izaći na kraj s tri preostala središnja pitanja. Poglavlje XI, raspravljajući o udžbeničkoj tradiciji, bavi se pitanjem zašto je nekada bilo tako teško uočiti znanstvene revolucije. Poglavlje XII opisuje revolucionarno natjecanje između zastupnika stare normalno-znanstvene tradicije i sljedbenika nove. Na taj se način bavi i procesom koji bi nekako - u teoriji znanstvenog istraživanja - trebao zamijeniti procedure potvrđivanja ili opovrgavanja koje su nam bliske kroz sliku znanosti na koju smo navikli. Natjecanje između pojedinih segmenata znanstvene zajednice jedini je povijesni proces koji je ikada doista doveo do odbacivanja neke ranije prihvaćene teorije ili do prihvaćanja neke druge. Na koncu, poglavlje XIII postavlja pitanje kako razvoj kroz revolucije može biti sukladan s očito jedinstvenim karakterom znanstvenog napretka. Na to pitanje, međutim, ovaj oglead neće pružiti ništa više od osnovnih

obrisa odgovora, odgovora koji zavisi o osobinama znanstvene zajednice, što zahtijeva mnogo dodatnih istraživanja i proučavanja.

Bez sumnje, mnogi su se čitatelji već upitali može li povijesno proučavanje uopće utjecati na onu vrstu konceptualnih preobrazbi o kojima se ovdje govori. Na raspolaganju imamo cijeli arsenal dihotomija koji govori u prilog tezi da to proučavanje ne može imati odgovarajući utjecaj. Prečesto i sami kažemo da je povijest isključivo opisna disciplina. Teze koje smo naveli često su međutim interpretativne, a ponekad i normativne. Osim toga, mnoga moja uopćavanja odnose se na sociologiju ili socijalnu psihologiju znanstvenika; međutim, barem nekoliko mojih zaključaka pripada tradicionalnoj logici ili epistemologiji. U prethodnom odlomku čak se može činiti da sam iskrivio onu vrlo utjecajnu suvremenu razliku između "konteksta otkrića" i "konteksta opravdavanja". Može li išta drugo osim duboke konfuzije biti naznačeno uz pomoć ove mješavine različitih područja i raznolikih zanimanja?

Budući da sam se intelektualno odvojio od ovih i njima sličnih razlika, teško da bih u većoj mjeri mogao biti svjestan njihove važnosti i snage. Tijekom više godina mislio sam da se odnose na prirodu znanja, a još uvijek pretpostavljam da nam one imaju nešto važno za pripočeti, pod uvjetom da se na odgovarajući način prerade. Međutim, tijekom pokušaja da ih primijenim, pa makar *grosso modo*, na stvarne situacije u kojima se znanje stječe, prihvaća i asimilira, počele su mi se činiti iznimno problematičnima. Prije nego što bi se moglo reći da se radi o elementarnim logičkim ili metodološkim distinkcijama, koje bi prethodile analizi znanstvenih spoznaja, one sada izgledaju kao integralni dijelovi tradicionalnog sklopa supstancijalnih odgovora upravo na ona pitanja iz kojih su se razvile. Ta cirkularnost nimalo ne umanjuje njihovu vrijednost, ali ih čini dijelovima teorije i time izlaže istom ispitivanju koje se primjenjuje na teorije u drugim područjima. Ako njihov sadržaj treba biti nešto više od apstrakcije, tada ga valja otkriti promatranjem u primjeni na podatke koje bi trebale rasvijetliti. Kako povijest znanosti može ne uspjeti biti izvorom fenomena na koje teorije o znanju mogu legitimno tražiti da budu primijenjene?

PUT KA NORMALNOJ ZNANOSTI

U ovom ogledu "normalna znanost" označava istraživanje koje je čvrsto utemeljeno na jednom ili više prošlih znanstvenih dostignuća za koja neka određena znanstvena zajednica priznaje da neko vrijeme čine temelj za daljnju znanstvenu praksu. Danas o takvim dostignućima (iako rijetko u njihovu izvornom obliku) izvještavaju znanstveni udžbenici, elementarni i viši. Ti udžbenici izlažu glavninu prihvaćenih teorija, ilustriraju mnoge ili sve uspješne primjene i uspoređuju te primjene s opažanjima i pokusima. Prije nego što su te knjige postale popularne početkom devetnaestog stoljeća (ili čak kasnije u znanostima koje su tek nedavno sazrele), mnoga su poznata klasična djela ispunjavala sličnu funkciju. Aristotelova *Fizika*, Ptolomejev *Almagest*, Newtonovi *Principia* i *Optika*, Franklinov *Elektricitet*, Lavoisierova *Kemija* i Lyellova *Geologija* - ova i mnoga druga djela služila su određeno vrijeme za implicitno definiranje legitimnih problema i metoda nekog istraživačkog područja za slijedeće generacije praktičara. To je bilo moguće budući da su im bile zajedničke dvije važne karakteristike. **Njihovo je postignuće bilo u dovoljnoj mjeri bez prethodnog uzora da bi privuklo ustrajnu skupinu sljedbenika iz suparničkih znanstvenih usmjerenja. Istodobno, bilo je dovoljno otvoreno da ostavi razne vrste problema otvorenima za redefiniranu skupinu praktičara da ih rješava.**

Postignuća koja imaju te dvije karakteristike ubuduće ću nazivati "paradigmama", terminom koji je u bliskoj vezi s terminom "normalna znanost". Odlučivši se za taj termin želio sam sugerirati da neki od prihvaćenih primjera stvarne znanstvene prakse - primjera koji uključuju zakon, teoriju, primjenu i instrumentaciju zajedno - pružaju modele iz kojih potječu posebne koherentne tradicije znanstvenog istraživanja. To su tradicije koje povjesničar opisuje u rubrikama kao što su

"ptolomejska astronomija" (ili "kopernikanska"), "aristotelovska dinamika" (ili "newtonovska"), "korpuskulama optika" (ili "optika valova"), itd. Proučavanje paradigmi, uključujući mnoge koje su u daleko većoj mjeri specijalizirane od upravo navedenih, jest ono što studenta uglavnom priprema za članstvo u nekoj znanstvenoj zajednici. Budući da će se on ondje pridružiti ljudima koji su temelje svog područja naučili iz istih konkretnih modela, njegova će kasnija praksa rijetko izazivati otvorena neslaganja oko fundamentalnih stvari. Oni čije se istraživanje zasniva na zajedničkim paradigrama moraju se pridržavati istih pravila i standarda za znanstvenu praksu. To pridržavanje, kao i očito slaganje koju ono stvara, preduvjeti su za normalnu znanost, to jest za stvaranje i održavanje posebne istraživačke tradicije.

Budući da će u ovom ogledu pojam paradigme često predstavljati zamjenu za veći raspon dobro poznatih pojmova, mora se nešto više **reći o razlozima za njegovu uvođenje**. Zašto konkretno znanstveno dostignuće, kao mjesto profesionalnog angažmana, prethodi različitim pojmovima, zakonima, teorijama i stavovima koji se iz njega mogu apstrahirati? U kojem je smislu paradigma fundamentalna jedinica za onoga tko proučava znanstveni razvoj, jedinica koju se ne može svesti na logične atomske komponente koji bi mogli funkcionirati umjesto nje? Kada se u poglavlju V susretnemo s ovim i njima sličnim pitanjima, odgovor će se pokazati temeljem za razumijevanje normalne znanosti i pridruženog pojma paradigmi. Ta apstraktnija rasprava zavisit će, međutim, o ranijoj izloženosti primjerima normalne znanosti ili paradigmi u praksi. Oba ova povezana pojma bit će posebno razjašnjena opažanjem da može postojati i znanstveno istraživanje bez paradigmi, ili barem bez tako nedvosmislenih i obvezujućih kao što su ove spomenute. **Stjecanje paradigme i ezoteričnijeg tipa istraživanja koje ona dopušta, znak je zrelosti u razvoju svakog znanstvenog područja.**

Prati li povjesničar tragove znanstvenih spoznaja o bilo kojoj skupini povezanih pojava unatrag, on će se najvjerojatnije susresti s nekom manje važnom varijantom obrasca koji je ovdje ilustriran primjerom iz povijesti fizikalne optike. **Današnji udžbenici fizike poučavaju studenta da svjetlost čine fotoni, tj. kvantno-mehaničke jedinice** koje odražavaju neke karakteristike valova i neke karakteristike čestica. Istraživanje se provodi na odgovarajući način, ili - točnije rečeno - u skladu s razrađenijom i matematičkom karakterizacijom iz koje je

ova uobičajena verbalizacija izvedena. Međutim, ovaj opis svjetlosti starje tek pola stoljeća. Prije nego što su ga razvili Planck, Einstein i drugi početkom ovog stoljeća, udžbenici fizike poučavali su da je svjetlost poprečno kretanje valova, a takovo je poimanje potjecalo od paradigme izvedene iz radova o optici Younga i Fresnela tijekom ranog devetnaestog stoljeća. Osim toga, teorija valova nije bila prva teorija koju su prihvatili gotovo svi praktičari znanosti o optici. Tijekom osamnaestog stoljeća paradigmu za ovo područje činila je Newtonova Optika, koja je tumačila da se svjetlost sastoji od materijalnih korpuskula. Za razliku od prvih zastupnika teorije valova, fizičari su u to vrijeme već tražili dokaze o pritisku koji nastaje kada se čestice svjetla sudaraju s čvrstim tijelima.¹

Ovi preobražaji paradigmi fizikalne optike predstavljaju znanstvene revolucije, a uzastopni prijelazi sjedne na drugu paradigmu putem revolucije uobičajen su razvojni obrazac zrele znanosti. Takav obrazac, međutim, nije karakterističan za razdoblje prije Newtona, a ovdje nas zanima upravo taj kontrast. Od davnog antičkog doba pa sve do sedamnaestog stoljeća, niti jedno razdoblje nije iskazalo niti jedno jedino općeprihvaćeno stajalište o prirodi svjetlosti. Umjesto toga postojao je određeni broj suparničkih škola i pod-škola, od kojih je većina prihvaćala neku od varijanti epikurejske, aristotelovske ili platonovske teorije. Jedna je skupina smatrala da su svjetlost čestice koje zrače iz materijalnih tijela; za drugu skupinu svjetlost je bila modifikacija medija koji se nalazi između tijela i oka; treći su objašnjavali svjetlost pomoću interakcije tog medija s određenim zračenjem iz samog oka, a osim toga postojale su i druge kombinacije i modifikacije. Svaka od tih škola crpila je svoju snagu iz odnosa prema nekoj metafizici i svaka je naglašavala - kao paradigmatička opažanja - poseban skup optičkih pojava koje njezina teorija najbolje može objasniti. S drugim opažanjima bavilo se pomoću *ad hoc* razrada ili su ona ostajala kao značajni problemi za daljnje istraživanje.²

Sve su ove škole u različitim vremenima značajno pridonijele skupu pojmova, pojava i tehnika iz kojih je Newton izveo prvu gotovo opće prihvaćenu paradigmu za fizikalnu optiku. Svaka definicija znanstve-

¹ Joseph Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, London, 1772., str. 385-390.

² Vasco Ronchi, *Historie de la lumière*, prev. Jean Taton, Paris, 1956., poglavlja I-IV.

nika koja isključuje kreativnije članove različitih škola, isključit će i njihove suvremene nasljednike. Oni su bili znanstvenici. Međutim, svatko tko ispituje razvoj fizikalne optike prije Newtona ipak bi mogao opravdano zaključiti da je - iako su praktičari u tom području bili znanstvenici - čisti ishod njihove aktivnosti nešto što je na razini nižoj od znanosti. **Budući da se nije mogao osloniti ni na kakav skup zajedničkih uvjerenja, svaki se autor iz područja fizikalne optike osjećao primoranim da svoje područje izgrađuje ponovo iz temelja.** Dok se time bavio, izbor promatranja i pokusa koji će potkrijepiti njegove tvrdnje bio je relativno slobodan, **budući da nije bilo nikakvog standardnog skupa metoda ili pojava za koje bi svaki autor iz područja optike smatrao da ih mora upotrijebiti i objasniti.** U takvim okolnostima dijalog među objavljenim knjigama bio je često u jednakoj mjeri usmjeren prema članovima drugih škola, koliko i prema prirodi. Taj obrazac nije niti danas neuobičajen kod određenog broja kreativnih područja, a nije niti nespojiv sa značajnim otkrićem ili pronalaskom. To, međutim, nije obrazac koji je fizikalna optika dostigla nakon Newtona i koji je danas uobičajen u drugim prirodnim znanostima.

Povijest istraživanja elektriciteta u prvoj polovici osamnaestog stoljeća konkretniji je i poznatiji primjer načina na koji se znanost razvija prije nego što dostigne svoju prvu univerzalno prihvaćenu paradigmu. Tijekom tog razdoblja bilo je gotovo jednako toliko pogleda na prirodu elektriciteta, koliko je bilo važnih eksperimentatora u tom području, poput Hauksbeea, Graya, Desaguliersa, Du Faya, Nolletta, Watsona, Franklina i drugih. Svi njihovi brojni načini poimanja elektriciteta imali su nešto zajedničko - djelomično su bili izvedeni iz jedne ili druge verzije mehaničko-korpuskularne filozofije koja je usmjeravala sva znanstvena istraživanja tog vremena. Osim toga, sva ta poimanja činila su dijelove stvarnih znanstvenih teorija, teorija koje su djelomično bile izvedene iz pokusa i opažanja i koje su jednim dijelom određivale izbor i interpretaciju dodatnih problema do kojih se dolazilo tijekom istraživanja. Međutim, iako su svi pokusi bili iz područja elektrike i iako je većina eksperimentatora čitala radove svojih kolega, njihove su teorije bile samo približno slične.³

³ Duane Roller i 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.; i I. B. Cohen, Franklin i

Rana skupina teorija, koja je slijedila praksu sedamnaestog stoljeća, smatrala je privlačenje i dobivanje elektriciteta trenjem osnovnim električnim pojavama. Ova je skupina bila sklona odbijanje promatrati kao sekundarni efekt neke vrste mehaničkog povratnog vezivanja i čim više odgoditi i raspravu i sustavno istraživanje novootkrivenog Grayovog efekta, električne provodljivosti. Drugi "električari" (njihov vlastiti termin) smatrali su da su privlačenje i odbijanje podjednako elementarne manifestacije elektriciteta, pa su svoje istraživanje tome prilagodili. (Zapravo, ta je skupina vrlo mala - čak niti Franklinova teorija nije nikada u potpunosti objasnila međusobno odbijanje dva negativno naelektrizirana tijela). Međutim, imali su isto toliko teškoća kao i prva skupina da istodobno objasne bilo koje osim najjednostavnijih efekata provođenja. Ti su efekti poslužili kao ishodišna točka novoj, trećoj skupini, koja je o elektricitetu željela govoriti kao o "fluidu" koji može protjecati kroz provodnike, a ne o "effluviumu", tj. nečemu što istječe, odnosno zrači iz provodnika. Ova je skupina imala poteškoća s usklađivanjem svoje teorije s određenim brojem efekata privlačenja i odbijanja. Tek je rad Franklina i njegovih neposrednih sljedbenika pružio temelje za teoriju koja je s približno jednakom lakoćom uspjela objasniti gotovo sve te efekte i koja je, prema tome, mogla stvoriti i stvorila slijedećoj generaciji "električara" zajedničku paradigmu za istraživanje.

Ukoliko isključimo područja kao što su matematika i astronomija, u kojima prve čvrste paradigme potječu iz pretpovijesti, te takva kao što je biokemija, koje nastaju razdvajanjem ili drugačijim kombiniranjem već zrelih specijalnosti, situacije koje smo upravo spomenuli, povijesno su tipične. Iako to podrazumijeva moju ustrajnu primjenu neprimjerenog pojednostavljivanja koje povezuje jednu podulju povijesnu epizodu s jednim jednim i pomalo proizvoljno izabranim imenom (na primjer, Newton ili Franklin), mislim da su slična funda-

Newton: *An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*, Philadelphia, 1956., poglavlja VII-XII. Za neke analitičke detalje u odlomku koji slijedi u tekstu, dugujem još neobjavljenom članku mog studenta Johna L. Heilbrona. Dok taj rad ne bude objavljen, nešto širi i precizniji pregled nastajanja Franklinove paradigme dio je rada T. S. Kuhn "The Function of Dogma in Scientific Research" u A. C. Crombie (ur.) "Symposium on the History of Science, University of Oxford, July 9-15, 1961.", što će objaviti Heinemann Educational Books, Ltd.

mentalna neslaganja karakterizirala, na primjer, proučavanje kretanja prije Aristotela i statike prije Arhimeda, proučavanje topline prije Blacka ili kemije prije Boylea i Boerhaavea, te povijesne geologije prije Huttona. U nekim dijelovima biologije - proučavanju nasljednosti na primjer - prve univerzalno prihvaćene paradigme još su novijeg datuma, a ostaje otvoreno pitanje koji su dijelovi društvenih znanosti uopće do sada i stvorili takve paradigme. Iz povijesti proizlazi zaključak daje put do čvrstog istraživačkog suglasja iznimno naporan.

Povijest, međutim, isto tako navodi neke od razloga za poteškoće na koje se nailazi na tom putu. U odsutnosti paradigme ili nekog kandidata za paradigmu, sve činjenice koje bi mogle biti u vezi s razvojem znanosti izgledat će podjednako relevantno. Stoga prvobitno prikupljanje činjenica predstavlja u puno većoj mjeri slučajan izbor, nego prikupljanje činjenica koje nam je poznato iz kasnijih razdoblja znanstvenog razvoja. Štoviše, u nedostatku razloga za traženje nekog posebnog oblika za neku vrstu manje poznate informacije, prvobitno prikupljanje činjenica obično se ograničavalo na bogatstvo podataka koji su već na raspolaganju. Zaliha činjenica do koje se dolazi sadrži one činjenice koje su dostupne uobičajenom promatranju i eksperimentu, zajedno s nekim ezoteričnijim podacima do kojih se može doći iz već dobro utemeljenih struka, kao što su medicina, izrada kalendara i metalurgija. Budući da su zanati lako pristupačan izvor činjenica koje inače obično ne bi bile otkrivene, tehnologija je često igrala vitalnu ulogu u nastajanju novih znanosti.

Iako je ova vrsta prikupljanja činjenica bila važna za nastanak mnogih važnih znanosti, netko tko istražuje recimo Plinijeve enciklopedijske spise ili Baconove prirodne povijesti iz sedamnaestog stoljeća otkrit će da se u takvom prikupljanju kriju nevolje. Literaturu koja nastaje ustručavamo se nazvati znanstvenom. Baconove "povijesti" topline, boje, vjetera, rudarstva i tako dalje, pune su informacija od kojih su neke malo poznate. Međutim, te povijesti nižu činjenice koje će se kasnije pokazati rasvjetljavajućima (grijanje uz pomoć smjese) i one druge (npr. toplina hrpe gnojiva) koje će neko vrijeme ostati previše složene da bi se uopće integrirale u teoriju.⁴ Osim toga,

⁴ Usporedite skicu za prirodnu povijest topline u Baconovom *Novum Organum*, Vol. VIII *The Works of Francis Bacon*, ur. J. Spedding, R.L. Ellis i D. D. Heath, New York 1869., str. 179-203.

budući da svaki opis mora biti djelomičan, tipična prirodna povijest iz svojih vrlo pomnih pregleda izostavlja upravo one detalje koji će za znanstvenike kasnijih razdoblja predstavljati izvore važnih spoznaja. Na primjer, gotovo niti jedna od ranih "povijesti" elektriciteta ne spominje da ljsuske žitnog zrnja privučene protrljanim staklenim štapićem ponovo odskoče od tog štapa. Izgledalo je da je to mehanički, a ne električki efekt.⁵ Osim toga, budući da prosječni skupljač činjenica rijetko kad ima vremena ili sredstava biti kritičan, prirodne povijesti često suprotstavljaju opise poput gornjeg i neke druge opise, kao npr. grijanje uz pomoć antiperistaze (ili pomoću hlađenja), koje danas nikako ne možemo potvrditi.⁶ Vrlo su rijetki slučajevi - kao na primjer antička statika, dinamika i geometrijska optika - kada činjenice skupljene s tako malo usmjerenja od strane prethodno uspostavljene teorije govore s dovoljno jasnoće da bi dozvolile nastajanje prve paradigme.

To je situacija koja stvara škole karakteristične za rane stupnjeve razvoja neke znanosti. Nijednu prirodnu povijest nije moguće interpretirati ukoliko ne postoji barem neka implicitna količina isprepletenih teorijskih i metodoloških uvjerenja koja omogućuju selekciju, procjenu i kritiku. Ako taj skup uvjerenja nije već implicitan u zbiru činjenica (a tada imamo na raspolaganju više od "običnih činjenica"), on mora biti unijet izvana, možda putem vladajuće metafizike, neke druge znanosti, osobnog ili povijesnog slučaja. Stoga nije čudo da se na ranim stupnjevima razvoja svake znanosti razni znanstvenici suočavaju s istim rasponom pojava, iako ne nužno istih pojava, te ih opisuju i interpretiraju na različite načine. Ono što je začuđujuće - a i jedinstveno u svim područjima koja zovemo znanošću - jest to što ta prvobitna razilaženja uglavnom nestaju.

Razilaženja prvo nestaju u vrlo velikoj mjeri, a potom i posve. Štoviše, njihovo je nestajanje obično uzrokovano trijumfom neke od pre-paradigmatičkih škola, koja je zbog svojih vlastitih karakterističnih

⁵ Roller i Roller, *op. cit.*, str. 14,22,28,43. Tek poslije rada navedenog u posljednjem od ovih citata, efekti odbijanja postali su opće priznati kao nedvosmisleno električni.

⁶ Bacon, *op. cit.* str 235, 337, kaže: "Mlaka voda lakše se smrzava od sasvim hladne". Djelomično objašnjenje ove neobične napomene vidi u Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics*, New York, 1941., pogl. IV.

uvjerenja i predrasuda naglašavala samo jedan poseban dio preglomazne početne zalihe informacija. Oni "električari" koji su mislili da je elektricitet fluid i koji su posebno naglašavali provođenje, izvanredan su primjer za to. Vođeni tim uvjerenjem koje je jedva moglo izaći na kraj s poznatom mnogostrukošću efekata privlačenja i odbijanja, nekoliko je ljudi došlo na zamisao da električni fluid zatvori u boce. Izravan plod njihovih napora bila je Leydenska boca, sprava koju možda nikada ne bi otkrio netko tko metodom slučajnosti ispituje prirodu, ali su je zapravo nezavisno jedan od drugog razvila barem dva istraživača u ranim četrdesetim godinama osamnaestog stoljeća.⁷ Gotovo od samog početka svojih istraživanja elektriciteta Franklin je bio osobito zainteresiran za objašnjenje tog neobičnog i u toj situaciji posebno rasvjetljujućeg dijela sprave. Njegov uspjeh priskrbio je najuvjerljivije argumente koji su njegovu teoriju učinili paradigmom, iako se radilo o paradigmi koja nije mogla objasniti sve poznate slučajeve električnog odbijanja.⁸ Da bi bila prihvaćena kao paradigma, teorija mora izgledati boljom od suparničkih, ali ne mora (nikad to i ne čini) objasniti sve činjenice s kojima se može suočiti.

Ono što je fluidna teorija elektriciteta učinila za podskupinu koja ju je slijedila, Franklinova je paradigma kasnije učinila za cijelu skupinu "električara". Fluidna je teorija predlagala pokuse koje vrijedi provesti i koje ne vrijedi provesti, budući da su usmjereni na sekundarne ili očito previše složene manifestacije elektriciteta. Paradigma je, međutim, taj posao obavila puno djelotvornije, djelomično zbog toga što je završetak rasprave između škola označio okončanje neprekidnog ponavljanja osnovnih stvari, a djelomično stoga što je povjerenje da su na pravom tragu ohrabrilo znanstvenike da se odluče za preciznije, ezoteričnije i zahtjevnije načine rada.⁹ Oslobođena zanimanja za bilo

⁷ Roller i Roller, *op. cit.*, str. 51-54.

⁸ Problematičan slučaj bilo je uzajamno odbijanje tijela negativnog naboja; vidi Cohen, *op. cit.*, str. 491-494, 531-543.

⁹ Valja primijetiti da prihvaćanje Franklinove teorije nije posve okončalo sve rasprave. Robert Symmer je 1759. predložio dvofluidnu verziju te teorije i dugo godina poslije toga "električari" su bili podijeljeni oko toga je li elektricitet jedan fluid ili dva. Međutim rasprave o tom pitanju samo potvrđuju ono što je rečeno o načinu na koji jedno opće priznato postignuće ujedinjuje profesiju, iako su se i nadalje razlikovali u mišljenjima "električari" su ubrzo zaključili da nikakvi pokusi ne mogu ukazati na razlike između te dvije teorije, te da su one prema tome ekvivalentne.

kakve i sve električne pojave, ujedinjena se skupina "električara" mogla mnogo detaljnije pozabaviti izabranim pojavama, smišljajući posebnu opremu za svoju zadaću i koristeći je tvrdoglavije i sustavnije nego što su to "električari" ikada ranije činili. Prikupljanje činjenica i artikulacija teorije postale su krajnje usmjerene aktivnosti. U skladu s tim, djelotvornost i uspješnost električnog istraživanja su se povećavale, potkrepljujući društvenu verziju metodološke izreke Francisa Bacona: "Istina se lakše rađa iz pogreške nego iz zbrke."¹⁰

U slijedećem ćemo se odlomku baviti prirodom ovog krajnje usmjerenog ili na paradigmi zasnovanog istraživanja, ali prije toga moramo primijetiti kako nastajanje paradigme utječe na strukturu skupine znanstvenika koja se tim područjem bavi. Tijekom razvoja neke prirodne znanosti, u trenutku kad pojedinac ili skupina prvi put izvedu sintezu koja može privući većinu praktičara iz slijedeće generacije, starije se škole počinju postupno gasiti. Njihovo je iščezavanje djelomično uzrokovano prijelazom članova na novu paradigmu. Uvijek međutim ima ljudi koji su odani raznim starijim gledištima i bivaju izbačeni iz struke, koja potom ignorira njihov rad. Nova paradigma povlači za sobom novu i strožu definiciju određenog područja. Oni koji joj ne žele ili ne mogu prilagoditi svoj rad, osuđeni su na nastavak rada u izolaciji ili pridruživanje nekoj drugoj skupini.¹¹ Povijesno gledano, oni su često ostajali u odjelima za filozofiju, koji su iznjedrili mnogo posebnih znanosti. Kao što ukazuju ove naznake, upravo

Poslije toga obje su škole mogle iskoristiti i iskoristile su sve prednosti koje im je pružala Franklinova teorija (*ibid.*, str. 543-546, 548-554).

¹⁰ Bacon, *op. cit.*

¹¹ Povijest elektriciteta pruža izvrstan primjer koji se može naći pogledamo li karijere Priestleya, Kelvina i drugih. Franklin izvještava da je Nollet, koji je sredinom stoljeća bio najutjecajniji među električarima s kontinenta, "doživio da vidi sebe kao posljednjeg od svoje Sekte, uz gospodina B., svog učenika i izravnog sljedbenika" (Max Farrad (ur.), *Benjamin Franklin's Memoirs*, Berkeley, California, 1949., str. 384-386). Međutim, još je zanimljivije ustrajavanje cijelih škola u uvjetima sve veće izolacije od struke i znanosti. Uzmite, recimo, slučaj astrologije, koja je nekad bila integralni dio znanosti. Ili, uzmite produžavanje u kasnom 18. i 19. stoljeću tradicije tzv. "romantične" kemije, koja je prije toga bila poštovana. To je tradicija o kojoj je raspravljao Charles C. Gillispie u "The *Encyclopédie* and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences", *Critical Problems in the History of Science*, ur. Marshall Clagett, Madison, Wis., 1959., str. 255-289 i "The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory", *Archives Internationales d'histoire des sciences*, XXXVII, 1956., str. 323-338.

prihvaćanje jedne paradigme jest ono što pretvara neku skupinu, koja je do tada bila zainteresirana samo za proučavanje prirode, u struku ili barem disciplinu. U znanostima (iako ne u područjima kao što su medicina, tehnologija i pravo, čiji je osnovni razlog postojanja vanjska potreba društva) su **osnivanje posebnih časopisa, formiranje stručnih udruženja i polaganje prava na posebno mjesto u nastavnom programu, obično bili povezani s prvim prihvaćanjem neke paradigme od strane neke skupine.** Ovo je bio slučaj - u najmanju ruku - od vremena prije jednog i pol stoljeća, kada se razvio institucionalni obrazac znanstvene specijalizacije i novijeg vremena kada je specijalizacija sama po sebi postala prestižnom.

Stroža definicija znanstvene skupine ima druge posljedice. Kad je znanstvenik u mogućnosti da neku paradigmu prihvati kao sigurnu, njemu u njegovu temeljnom radu nisu potrebni pokušaji ponovnog izgrađivanja tog područja počinjanjem od prvih načela i opravdavanjem svakog uvedenog pojma. To se može prepustiti piscu udžbenika. Kad je, međutim, udžbenik već na raspolaganju, tada kreativni znanstvenik može početi svoje istraživanje ondje gdje udžbenik prestaje i tako se usredotočiti isključivo na najsuptilnije i najezoteričnije aspekte prirodnih pojava kojima se njegova skupina bavi. Usporedo s tim, njegova istraživačka priopćenja počet će se mijenjati na načine čija je evolucija premalo proučavana, ali čiji su suvremeni krajnji proizvodi svima očiti i u odnosu na mnoge predstavljaju pritisak. **Njegova istraživanja više neće biti - kao što je to ranije bilo uobičajeno - pretočena u knjige koje se poput Franklinovih *Eksperimenata... o elektricitetu* ili Darwinova *Porijekla vrsta* obraćaju svakome tko bi mogao biti zainteresiran za predmet određenog područja. Umjesto toga, ona će se obično pojavljivati u vidu kratkih članaka koji se obraćaju samo kolegama stručnjacima, ljudima čije se poznavanje paradigme može pretpostaviti i za koje se ispostavi da su jedini koji su sposobni pročitati članke koji su njima i namijenjeni.**

U znanostima današnjice knjige su obično ili udžbenici ili retrospektivne refleksije o nekom od aspekata znanstvenog života. Znanstvenik koji napiše jednu takvu knjigu s većom vjerojatnošću može očekivati da će njegov stručni ugled biti okrnjen, nego da će porasti. Samo na ranijim, pred-paradigmatičkim stupnjevima razvoja različitih

znanosti, knjiga je, u pravilu, imala onaj odnos prema profesionalnom dostignuću koji je još uvijek zadržala u nekim drugim stvaralačkim područjima. Samo u onim područjima u kojima se još uvijek održala knjiga kao sredstvo komunikacije, sa ili bez članka, obrisi profesionalizacije još su uvijek tako labavo ocrtani da se laik može nadati da prati proces ukoliko čita izvorna izvješća praktičara. U matematici i astronomiji, istraživačka su izvješća još u antici prestala biti razumljiva čitateljima s općom naobrazbom. U dinamici je na sličan način istraživanje postalo ezoterično u kasnom srednjem vijeku i samo je na kratko ponovo postiglo opću razumljivost tijekom ranog sedamnaestog stoljeća, kad je nova paradigma zamijenila onu koja je usmjeravala srednjovjekovno istraživanje. Što se laika tiče, električno je istraživanje još prije kraja osamnaestog stoljeća počelo zahtijevati prevođenje, a većina drugih područja fizičke znanosti prestala je biti općenito dostupna u devetnaestom stoljeću. Slične se promjene tijekom ista dva stoljeća mogu opaziti i u različitim područjima bioloških znanosti. U nekim područjima društvenih znanosti one se, po svojoj prilici, događaju danas. Iako je postalo uobičajeno - a to je svakako u redu - osuđivati proširivanje jaza koji profesionalnog znanstvenika razdvaja od njegovih kolega u drugim područjima, premalo je pažnje posvećeno važnoj vezi između tog jaza i mehanizma koji je svojstven znanstvenom napretku.

Još od drevnih razdoblja jedno je područje istraživanja za drugim prelazilo razdjelnicu između onoga što bi povjesničar mogao nazvati njegovom znanstvenom pretpoviješću i njegovom pravom poviješću. Ovi prijelazi u zrelo doba rijetko su kada bili tako iznenadni ili tako nedvosmisleni, kao što bi se možda moglo zaključiti iz moje nužno shematske rasprave. Oni međutim nisu bili niti povijesno postupni, odnosno istoga trajanja kao cjelokupni razvoj onih područja u okviru kojih su se odvijali. Autori koji su pisali o elektricitetu imali su tijekom prva četiri desetljeća osamnaestog stoljeća daleko više informacija o električnim pojavama od njihovih prethodnika iz šesnaestog stoljeća. Tijekom pola stoljeća nakon 1740. godine, malo je novih vrsta električnih pojava dodano njihovim popisima. Međutim, spisi o elektrici Cavendisha, Coulomba i Volte u zadnjoj trećini osamnaestog stoljeća na važne načine djeluju udaljeniji od spisa Graya, Du Faya ili čak

Franklina, nego spisi ovih električnih izumitelja osamnaestog stoljeća u odnosu na spise iz šesnaestog stoljeća.¹² Negdje između 1740. i 1780. godine "električari" su prvi put bili u situaciji u kojoj su temelje svoje znanosti mogli smatrati sigurnima. Od tog trenutka oni su krenuli na konkretnije i manje poznate probleme, pa su potom o svojim rezultatima sve više izvještavali u člancima upućenim drugim "električarima", nego u knjigama upućenim ljudima s naobrazbom općenito. Kao skupina oni su postigli ono što su astronomi stekli u stara vremena, proučavatelji kretanja u srednjem vijeku, fizičke optike u kasnom sedamnaestom, a povijesne geologije u ranom devetnaestom stoljeću. Oni su, dakle, postigli paradigmu koja se pokazala sposobnom usmjeriti istraživanje cijele skupine. Izuzmemo li prednost pogleda unatrag, teško je naći drugi kriterij koji neko područje tako jasno proglašava znanostju.

¹² Post-franklinovski razvoj uključuje ogromno povećanje osjetljivosti detektora naboja, prve pouzdane i proširene tehnike za mjerenje naboja, evoluciju pojma kapaciteta i njegov odnos prema novo usavršenom pojmu električnog napona, kao i kvantifikaciju elektrostatičke sile. O svemu ovome vidi Roller i Roller, *op. cit.*, str. 61-81; W. C. Walker: "The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century", *Annals of Science*, I, 1936., str. 66-100 i Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig 1884., dio I, poglavlja III-IV.

PRIRODA NORMALNE ZNANOSTI

Kakva je onda priroda onog profesionalnijeg i ezoteričnijeg istraživanja koje dopušta prihvaćanje jedne paradigme od strane skupine znanstvenika? Ako paradigma predstavlja rad učinjen jednom zauvijek, koji su to problemi koje ona ostavlja jedinstvenoj skupini za rješavanje? Ova će pitanja izgledati još akutnijima primijetimo li sada oblik u kojem dosad primijenjeni termini mogu zavesti u pogrešnom smjeru. *U svojoj ustaljenoj uporabi paradigma je prihvaćeni model ili obrazac i taj mi je aspekt njezinog značenja omogućio da - nemajući prikladnijeg izraza - ovdje upotrijebim riječ "paradigma".* Ali, uskoro će postati jasno da onaj smisao riječi "model" i "obrazac" koji dopušta tu primjenu, nije baš onaj koji je uobičajen u definiranju paradigme. U gramatici, na primjer, *"amo, amas, amat"* predstavlja paradigmu zbog toga što prikazuje obrazac koji će biti primijenjen prigodom mijenjanja velikog broja drugih latinskih glagola kao na primjer *"laudo, laudas, laudat"*. U ovoj standardnoj primjeni paradigma funkcionira na način da dopušta ponavljanje primjera od kojih svaki u načelu može poslužiti kao njezina zamjena. U znanosti je, naprotiv, paradigma rijetko predmetom ponavljanja. Umjesto toga ona je, kao i prihvaćena sudska presuda u običajnom pravu, objekt daljnje artikulacije i specifikacije pod novim i strožim uvjetima.

Da bismo shvatili kako to može biti tako, moramo uvidjeti da paradigma u vrijeme svog prvog pojavljivanja može u smislu opsega i preciznosti biti vrlo ograničena. Paradigme stječu svoj status zbog toga što su uspješnije od svojih suparnika u rješavanju nekoliko problema koje je određena skupina praktičara prepoznala kao akutne. Biti uspješniji, međutim, ne znači biti sasvim uspješan u rješavanju jednog jedinog problema, a niti prepoznatljivo uspješan u rješavanju velikog broja problema. Uspjeh jedne paradigme - bez obzira na to

radilo se o Aristotelovoj analizi kretanja, Ptolomejevim izračunima planetarne pozicije, Lavoisierovoj primjeni ravnoteže ili Maxwellovoj matematizaciji elektromagnetskog polja - na početku u velikoj mjeri obećava uspjeh koji se može otkriti u izabranim i još uvijek nepotpunim primjerima. *Normalna znanost sastoji se u ispunjavanju tog obećanja, ispunjavanju koje se postiže proširivanjem znanja o činjenicama koje paradigma prikazuje osobito znakovitima, te povećavanjem stupnja podudarnosti između tih činjenica i onih predviđanja koja se dobivaju temeljem paradigme, kao i daljnjom artikulacijom same paradigme.*

Malo je ljudi koji se ne bave nekom zreloom znanošću, a koji mogu shvatiti koliko je doradivanja potrebno paradigmi i koliko taj rad može biti privlačan. A to su stvari koje treba razumjeti. Postupci dotjerivanja ono su što zaokuplja većinu znanstvenika tijekom cijele njihove karijere. Ti postupci čine ono što ovdje nazivam normalnom znanošću. Promatrano izbliza, bilo povijesno ili u suvremenom laboratoriju, takav pothvat izgleda kao pokušaj da se priroda stavlja u prethodno oblikovanu i relativno krutu ladicu koju paradigma stavlja na raspolaganje. Iza-zivanje novih vrsta pojava nije čak niti djelomičan cilj normalne znanosti; zapravo, one pojave koje ne odgovaraju određenoj ladici, često se niti ne opažaju. Znanstvenici osim toga ne teže stvaranju novih teorija, a često su netolerantni prema teorijama koje su drugi postavili.¹ Umjesto toga, znanstveni rad u okvirima normalne znanosti usmjerenje ka artikulaciji onih pojava i teorija koje donosi već sama paradigma.

Ovo su možda slabosti. *Područja koja istražuje normalna znanost, razumije se, malena su; pothvat o kojem upravo raspravljamo ima drastično ograničenu viziju.* Međutim, ograničenja koja potječu iz povjerenja u jednu paradigmu pokazuju se bitnima za razvoj znanosti. Usredotočujući pažnju na mali raspon relativno ezoteričnih problema paradigma prisiljava znanstvenike da neki dio prirode istraže tako detaljno i duboko, kako bi inače bilo nezamislivo. *U normalnu je znanost ugrađen mehanizam koji osigurava oslobađanje od onih ograničenja koja sputavaju istraživanja uvijek kad paradigma - iz koje ta ograničenja potječu - prestane učinkovito funkcionirati.* U tom

¹ **Bernard Barber**, "Resistance by Scientists to Scientific Discovery", *Science*, CXXXIV, str. 596-602.

trenutku znanstvenici se počinju drugačije ponašati, a priroda njihovih istraživačkih problema počinje se mijenjati. U međuvremenu, međutim, dok je paradigma uspješna, struka će riješiti probleme koje bi njezini članovi teško mogli zamisliti i u koje se nikad ne bi niti upuštali da nije odanosti paradigmi. Barem dio tih postignuća uvijek se pokaže trajnim.

Da bih jasnije pokazao što se podrazumijeva pod normalnim istraživanjem, odnosno istraživanjem koje se zasniva na paradigmi, dopustite da pokušam klasificirati i ilustrirati one probleme od kojih se normalna znanost uglavnom i sastoji. Da bih bio praktičniji, sada ću teorijsku aktivnost ostaviti po strani i početi s prikupljanjem činjenica, što znači s pokusima i promatranjima opisanim u onim tehničkim časopisima putem kojih znanstvenici izvješćuju svoje kolege o rezultatima svojih neprekidnih istraživanja. O kojim aspektima prirode znanstvenici najčešće izvješćuju? Što određuje njihov izbor? Budući da najveći dio znanstvenog promatranja traži mnogo vremena, opreme i novaca, što motivira znanstvenike da do kraja slijede svoj izbor?

Mislim da postoje samo tri normalna fokusa za činjenično znanstveno istraživanje, a oni se ne razlikuju ni uvijek, ni trajno. Prvo, imamo onaj razred činjenica za koje je paradigma pokazala da posebno mnogo govore o prirodi stvari. Primjenjujući ih u rješavanju problema, paradigma ih je učinila vrijednima preciznijeg određivanja i određivanja u većoj raznovrsnosti situacija. U nekom vremenskom razdoblju, ta su značajna činjenična određenja uključivala: u astronomiji - položaj i veličinu zvijezda, razdoblje pomračenja binarnih zvijezda i planeta; u fizici - specifične težine i sposobnosti zgušnjavanja materijala, valne duljine i spektralne intenzitete, električne provodljivosti i kontaktne potencijale; te u kemiji - sastav i kombiniranje težina, točke vrenja i kiselost otopina, strukturalne formule i optičke aktivnosti. Pokušaji povećavanja točnosti i dosega u kojem su ove činjenice poznate zauzimaju značajan dio literature u eksperimentalnoj i promatračkoj znanosti. Posebni složeni uređaji bili su uvijek ponovo konstruirani u te svrhe, a smišljanje, konstrukcija i razvijanje tih uređaja zahtijevalo je prvorazredni talent, mnogo vremena i značajnu financijsku potporu. Sinhrotroni i radio-teleskopi samo su najnoviji primjeri toga kako su daleko istraživači spremni ići ako ih neka paradigma uvjerava da su činjenice za kojima tragaju važne. Od Tycho Brachea do E.O.

Lawrencea, neki su znanstvenici stjekali svoj ugled ne zbog toga što bi njihova otkrića donosila nešto novoga, već zbog svoje preciznosti, pouzdanosti i domašaja onih metoda koje su razvili za ponovo određivanje neke ranije već poznate vrste činjenica.

Drugi uobičajeni - ali manji - razred činjeničnih određenja usmjeren je na one činjenice koje se, iako često bez mnogo unutrašnjeg zanimanja, mogu izravno usporediti s predviđanjima iz paradigmatičke teorije. Kao što ćemo vidjeti uskoro, kad pažnju preusmjerim s eksperimentalnih na teorijske probleme normalne znanosti, rijetko kad ima mnogo područja u kojima jedna znanstvena teorija, posebno ukoliko je naznačena u pretežito matematičkom obliku, može biti neposredno uspoređena s prirodom. Samo su tri takva područja još uvijek pristupačna Einsteinovoj općoj teoriji relativnosti.² Štoviše, čak i u onim područjima gdje je moguća, primjena često zahtjeva teorijske i eksperimentalne aproksimacije koje ozbiljno ograničavaju suglasnost koja bi se mogla očekivati. Poboljšavanje te suglasnosti i pronalaženje novih područja u kojima je uopće moguće demonstrirati slaganje predstavlja neprekidan izazov vještini i mašti eksperimentatora i promatrača. Posebni teleskopi za demonstriranje kopernikanskog predviđanja godišnje paralakse; Atwoodov stroj, prvi put izumljen gotovo čitavo stoljeće poslije *Principia* kako bi dao prvu nedvosmislenu potvrdu Newtonovog drugog zakona; Foucaultov uređaj za dokazivanje da je brzina svjetlosti veća u zraku nego u vodi; ili ogromni scintilacijski brojač smišljen za demonstraciju postojanja neutrina - ovi i mnogi drugi njima slični uređaji predočavaju neizmjeran napor i domišljatost koji su bili nužni da bi se priroda i teorija dovele u sve bližu i bližu suglasnost.³ Taj pokušaj dokazivanja slaganja predstavlja

² Jedina dugotrajnija točka provjere koja je još uvijek opće priznata jest precesija Merkurovog perihelija. Crveni pomak u svjetlosnom spektru s udaljenih zvijezda može se izvesti iz razmatranja elementarnijih od opće relativnosti, a isto je moguće za skretanje zraka svjetlosti oko Sunca, što je trenutno donekle sporno. U svakom slučaju, mjerenja ove druge pojave ostaju dvosmislena. Jedna dodatna točka provjere možda je uspostavljena tek nedavno: gravitacijsko pomicanje Mossbauerovog zračenja. Vjerojatno će uskoro biti i drugih točaka provjere u ovom sada aktivnom području koje je dugo vremena bilo uspravano. Suvremeni sažeti pregled ovoga problema vidjeti u L. I. Schiff "A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity", *Physics Today*, XIV, 1961., str. 42-48.

drugi tip normalnog eksperimentalnog rada koji je u čak očitijoj zavisnosti od paradigme nego onaj prvi. Postojanje određene paradigme postavlja problem koji valja riješiti; paradigmatička teorija često je neposredno uključena u smišljanje uređaja koji taj problem trebaju riješiti. Bez *Principia*, na primjer, mjerenja učinjena pomoću Atwoodovog stroja ne bi uopće ništa značila.

Treći razred eksperimenata i promatranja iscrpljuje, po mom mišljenju, aktivnost prikupljanja činjenica u normalnoj znanosti. On se sastoji od empirijskog rada poduzetog kako bi se artikulirala paradigmatička teorija, riješile neke od njezinih zaostalih neodređenosti i da bi se omogućilo rješavanje problema na koje je ona prethodno ukazala. Ovaj razred pokazao se najvažnijim od svih, a njegov opis traži podjelu na podvrste. U znanostima koje su u većoj mjeri matematičke od drugih, neki od eksperimenata čiji je cilj artikulacija usmjereni su na određivanje fizičkih konstanti. Newtonovo djelo, na primjer, ukazivalo je na to da bi sila između dvije jedinice mase na jedinici udaljenosti bila ista za sve vrste tvari u svim položajima u svemiru. Međutim, njegovi su se vlastiti problemi mogli riješiti čak i bez procjenjivanja veličine ovog privlačenja, odnosno univerzalne gravitacijske konstante; cijelo stoljeće nakon *Principia*, nitko drugi nije izumio uređaj koji je u stanju odrediti tu konstantu, niti je glasovito Cavendishovo određenje devedesetih godina osamnaestog stoljeća bilo posljednje. Zbog njezinog središnjeg položaja u teoriji fizike, poboljšane vrijednosti gravitacijske konstante bile su sve do danas predmetom ponovljenih napora jednog broja istaknutih eksperimentatora.⁴ Drugi primjeri istovrsnog neprekidnog rada jesu određivanje astronomske jedinice, Avogadrovog broja, Jouleovog koeficijenta,

³ Dva paralaksna teleskopa vidi u Abraham Wolf, *A History of Science, Technology and Philosophy in the Eighteenth Century*, drugo izdanje, London, 1952., str. 103-105. Atwoodov stroj vidi u N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge, 1958., str. 100-102, 207-208. Posljednja dva dijela posebnog uređaja vidi u M. L. Foucault, "Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans l'air et les milieux transparents. Vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau...", *Comptes rendus...de l'Académie des Sciences*. XXX, 1850., str. 551-560; i C. L. Cowan, Jr. et al. "Detection of the Free Neutrino: A Confirmation", *Science*, CXXIV, 1956., str. 103-104.

⁴ J. H. Poynting prikazuje preko dvadeset mjerenja gravitacijske konstante između 1741. i 1901. U "Gravitation Constant and Mean Density of the Earth", *Encyclopaedia Britannica*, 11. izdanje, Cambridge, 1910-1911., XII, str. 385-389.

naboja elektrona i tako dalje. Malo bi koji od ovih obimnih napora bio zamišljen, a nijedan ostvaren bez paradigmatičke teorije koja definira problem i jamči postojanje stabilnog rješenja.

Napori s ciljem artikulacije neke paradigme ne ograničavaju se, međutim, na određivanje univerzalnih konstanti. Ti napori mogu, recimo, isto tako biti usmjereni na kvantitativne zakone: Boyleov zakon koji povezuje tlak plina sa zapreminom, Coulombov zakon električnog privlačenja i Jouleova formula koja povezuje proizvedenu toplinu s električnim otporom i strujom, svi spadaju u ovu kategoriju. Možda nije očito da paradigma predstavlja preduvjet za otkrivanje takvih zakona kao što su ovi. Često čujemo da su takvi zakoni pronađeni ispitivanjem mjerenja koja su bila poduzeta radi mjerenja, a bez teorijskog angažmana. Povijest, međutim, ne pruža nikakvu podršku tako ekstremno baconovskoj metodi. Boyleovi eksperimenti nisu bili zamislivi (a da su bili zamišljeni dobili bi ili drugačiju ili uopće ne bi dobili interpretaciju), sve dok zrak nije shvaćen kao elastični fluid na koji se mogu primijeniti svi razrađeni pojmovi hidrostatičke.⁵ Coulombov uspjeh zavisio je od njegovog konstruiranja posebnih uređaja za mjerenje sile između točaka naboja. (Oni koji su ranije mjerili električne sile primjenom običnih pladnjeva vage ili sl., nisu pronašli nikakvu dosljednu ili jednostavnu nepravilnost.) No ta je zamisao zavisila o prethodnom prepoznavanju činjenice da svaka čestica električnog fluida djeluje na svaku drugu na nekoj udaljenosti. Upravo za takvom silom između takvih čestica - jednom silom za koju se moglo sigurno pretpostaviti da je jednostavna funkcija udaljenosti - tragao je Coulomb.⁶ Jouleovi pokusi mogu se također upotrijebiti kao ilustracija kako kvantitativni zakoni nastaju kroz artikulaciju paradigme. *Zapravo, veza između kvalitativne paradigme i kvantitativnog zakona tako je opća i bliska da se od vremena Galileja do takvih zakona često dolazilo korektnim nagađanjem uz pomoć*

⁵ Puna transplantacija hidrostatičkih pojmova u pneumatiku, vidi u *The Physical Treatises of Pascal*, prijevod I.H.B. Spiers i A.G.H. Spiers, s uvodom i primjedbama F. Barryja, New York, 1937. Torricellijevo izvorno uvođenje ovog paralelizma ("Živimo uronjeni na dnu oceana elementa zraka"), javlja se na stranici 164. Njegov brzi razvoj izložen je u spomenutim dvjema glavnim raspravama.

⁶ Duane Roller i 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., str 66-68.

*paradigme godinama prije nego što je mogao biti izmišljen uređaj za njihovo eksperimentalno određivanje.*⁷

Konačno, postoji i treća vrsta pokusa koja teži ka artikuliranju neke paradigme. U većoj mjeri nego drugi, ova vrsta pokusa može biti slična istraživanju, a prevladava posebno u onim znanostima koje se više bave kvalitativnim nego kvantitativnim aspektima prirodne nepravilnosti. Paradigma koja je razvijena za neki skup pojava, često je dvosmislena u svojoj primjeni na druge blisko povezane skupove pojava. Tada su nužni eksperimenti da bi se obavio odabir između alternativnih načina primjene određene paradigme na novo područje interesa. Tako su se, na primjer, paradigmatičke primjene kaloričke teorije odnosile na grijanje i hlađenje pomoću mješavina i promjene agregatnog stanja. Toplina, međutim, može biti oslobođena ili apsorbirana na mnoge druge načine - na primjer kemijskom kombinacijom, trenjem, sabijanjem ili apsorpcijom nekog plina - a na svaku od tih drugih pojava određena teorija može biti primijenjena na nekoliko načina. Da vakuum, na primjer, ima kapacitet za zagrijavanje, grijanje sabijanjem moglo bi se objasniti kao rezultat miješanja plina i praznog prostora. Ili, moglo bi se pripisati promjeni specifične topline plinova promjenom tlaka. Osim ovog, bilo je i nekoliko drugih objašnjenja. Mnogi su eksperimenti poduzeti kako bi se ove različite mogućnosti razradile i diferencirale; svi ti eksperimenti nastali su iz kaloričke teorije kao paradigme i svi su je koristili u smišljanju eksperimenata, kao i u interpretaciji rezultata.⁸ Kad je pojava zagrijavanja sabijanjem jednom ustanovljena, svi daljnji eksperimenti na tom području bili su na taj način zavisni o paradigmi. Imamo li pojavu, kako se drugačije može izabrati eksperiment koji će je razjasniti?

Okrenimo se sada teorijskim problemima normalne znanosti, koji se približno mogu podijeliti na iste razrede kao i oni eksperimentalni promatrački. Dio normalnog teorijskog rada, iako samo jedan mali dio, sastoji se jednostavno u primjeni postojeće teorije za predviđanje činjenične informacije od unutrašnjeg značaja. Konstruiranje astronomskih efemerida, izračunavanje karakteristika leća, krivulje za

⁷ Za primjere vidi T. S. Kuhn "The Function of Measurement in Modern Physical Science", *Isis*, LH, 1961., str. 161-193.

⁸ T. S. Kuhn "The Caloric Theory of Adiabatic Compression", *Isis*, XLIX, 1958., str. 132-140.

širenje radio-valova, predstavljaju primjere te vrste problema. Općenito uzevši, znanstvenici to međutim promatraju kao rutinski posao koji treba prepustiti inženjerima i tehničarima. Mnogo toga nije se nikad pojavljivalo u značajnim znanstvenim časopisima. Međutim, ti časopisi sadrže veliki broj teorijskih rasprava o problemima koji neznanstveniku mora da izgledaju gotovo identičnima. Radi se o manipulacijama teorijom, poduzetim ne zbog toga što predviđanja do kojih dovode imaju neku unutrašnju vrijednost, već zbog toga što mogu biti neposredno konfrontirana s eksperimentom. Njihov je cilj da izlože novu primjenu zadane paradigme ili da povećaju preciznost neke već učinjene primjene.

Nužnost ovakve vrste rada proistječe iz neizmernih poteškoća koje se često susreću prigodom razvijanja dodirnih točaka između neke teorije i prirode. Ove teškoće mogu se ukratko ilustrirati ispitivanjem povijesti dinamike poslije Newtona. Sve do ranog osamnaestog stoljeća oni znanstvenici koji su nalazili paradigmu u djelu *Principia* uzimali su, s puno razloga, općenitost njezinih zaključaka kao gotovu činjenicu. Niti jedno djelo do tada poznato u povijesti znanosti nije istovremeno dopuštalo tako veliko povećanje područja istraživanja i njegove preciznosti. Za nebeski svod Newton je izveo Keplerove zakone planetarnog kretanja, te također objasnio neke opažene aspekte u kojima se Mjesec nije pridržavao tih zakona. Što se tiče Zemlje, on je izveo rezultate nekih nepovezanih opažanja njihala, plime i oseke. Uz pomoć dodatnih, ali ad hoc pretpostavki, on je također bio u stanju izvesti Boyleov zakon, kao i jednu važnu formulu za brzinu rasprostiranja zvuka kroz zrak. Uzme li se u obzir stanje znanosti u to vrijeme, uspjeh tih demonstracija iznimno je dojmljiv. Međutim, pod pretpostavkom općenitosti Newtonovih zakona, broj primjena nije bio velik, a Newton nije razvio gotovo niti jedan drugi. Štoviše, u usporedbi s onim što svaki student fizike može postići s istim tim zakonima, nekoliko Newtonovih primjena nije bilo čak niti precizno razvijeno. Konačno, *Principia* je bila zamišljena tako da se primjenjuje prvenstveno na probleme nebeske mehanike. Kako je prilagoditi za zemaljske primjene, posebno za one ograničavanog kretanja, nikako nije bilo jasno. U svakom slučaju, zemaljski problemi bili su već s velikim uspjehom napadnuti pomoću

jednog sasvim drugačijeg skupa tehničkih postupaka koje su prvotno bili razvili Galileo i Huygens, a proširili ih tijekom osamnaestog stoljeća braća Bernoulli, d'Alembert i mnogi drugi. Za njihovu tehniku i onu iz *Principia* moglo se, po svoj prilici, pokazati da su posebni slučajevi jedne općenitije formulacije, ali neko vrijeme nitko nije zapravo znao kako to postići.⁹

Usredotočimo na trenutak pažnju na problem preciznosti. Empirijski smo aspekt već ilustrirali. Nužna je bila posebna oprema - kao što je Cavendishov uređaj, Atwoodov stroj ili usavršeni teleskop - kako bi se došlo do posebnih podataka koje su zahtijevale konkretne primjene Newtonove paradigme. *Slične poteškoće u postizanju suglasnosti postojale su i na teorijskoj strani. Prilikom primjene svojih zakona na njihala, Newton je, na primjer, bio primoran tretirati uteg na pomičnom dijelu njihala kao materijalnu točku da bi stvorio jedinstvenu definiciju duljine njihala. Većina njegovih teorema - s rijetkim izuzecima nekih koji su bili hipotetičkog i preliminarnog karaktera - isto je tako ignorirala učinak otpora zraka.* Bile su to razumne fizičke aproksimacije. Međutim, kao aproksimacije one su ipak ograničile suglasnost koja se očekivala između Newtonovih predviđanja i stvarnih pokusa. *Istovjetne su se poteškoće još jasnije pokazale u primjeni Newtonove teorije na nebeski svod. Jednostavna, kvantitativna teleskopska motrenja ukazuju na to da se planeti ne pokoravaju sasvim Keplerovim zakonima, a Newtonova teorija pokazuje da to tako i ne treba biti.* Da bi izveo te zakone Newton je bio prisiljen zanemariti svo gravitacijsko privlačenje osim onoga između pojedinih planeta i Sunca. Budući da planeti također privlače jedni druge, mogla se očekivati samo aproksimativna suglasnost između primijenjene teorije i teleskopskih motrenja.¹⁰

Suglasnost koja je postignuta bila je, naravno, više nego zadovoljavajuća za one koji su je postigli. Osim za neke zemaljske probleme,

⁹ C. Truesdell, "A Program toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason", *Archive for History of the Exact Sciences*, I, 1960., str. 3-36 i "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error and Failure in Newton's *Principia*", *Texas Quarterly*, X, 1967., str. 281-297, T. L. Hankins "The Reception of Newton's Second Law of Motion in the Eighteenth Century", *Archives internationales d'histoire des sciences*, XX, 1967., str. 42-65.

¹⁰ Wolf, *op. cit.*, str. 75-81, 96-101; i William Whewell, *History of the Inductive Sciences*, rev. izd., London, 1947., II str. 213-271.

niti jedna druga teorija nije imala niti približno tako dobar učinak. Nitko od onih koji su dovodili u pitanje valjanost Newtonovog djela, nije to činio zbog njegove ograničene suglasnosti s eksperimentom i promatranjem. Ograničenja vezana uz suglasnost ostavila su, međutim, Newtonovim sljedbenicima mnoge privlačne teorijske probleme. Tako su, na primjer, za razmatranje kretanja više od dva tijela koja se istodobno privlače, kao i za istraživanje stabilnosti narušenih putanja, bili nužni teorijski tehnički postupci. *Problemi poput ovih privukli su pažnju mnogih vrhunskih europskih matematičara tijekom osamnaestog i početkom devetnaestog stoljeća. Euler, Lagrange, Laplace i Gauss, svi su oni napisali neka od svojih najbriljantnijih djela u vezi s problemima koji su bili usmjereni na poboljšanje podudaranja između Newtonove paradigme i promatranja nebeskog svoda.* Mnogi od navedenih znanstvenika istodobno su radili na tome da razviju onu matematiku koja je potrebna za primjene koje ni Newton niti njemu suvremena Kontinentalna škola mehanike nisu niti pokušali. Na primjer, proizveli su ogroman opseg literature i neke vrlo moćne matematičke tehničke postupke za hidrodinamiku i za problem treperećih žica. Ovim problemima primjene treba zahvaliti za ono što predstavlja vjerojatno najbriljantniju, i najupotrebljiviju znanstveni rad osamnaestog stoljeća. Drugi primjeri mogu se otkriti ispitivanjem post-paradigmatičkih razdoblja u razvoju termodinamike, valne teorije svjetlosti, elektromagnetske teorije ili bilo koje druge grane znanosti čiji su osnovni zakoni u potpunosti kvantitativni. U znanostima u kojima ima više matematike, veći je dio teorijskog rada ove vrste.

Međutim, nije sav rad te vrste. Čak i u matematičkim znanostima ima teorijskih problema artikulacije paradigme; tijekom razdoblja u kojemu je znanstveni razvoj pretežito kvalitativan, takvi problemi prevladavaju. Neki od tih problema, kako u onim kvantitativnim tako i u onim više kvalitativnim znanostima, usmjereni su jednostavno na razjašnjavanje putem preformulacije. *Principia* se, na primjer, nije uvijek pokazala kao djelo koje je lako primijeniti, djelomično i stoga što je zadržala neke od nezgrapnosti koje se ne mogu izbjeći kod prvog pothvata, a djelomično zato što je tako mnogo znanstvenog značenja bilo samo implicitno u njezinim primjenama. U svakom slučaju, za mnoge zemaljske primjene, jedan očito nevezani skup kontinentalnih

tehničkih procedura izgledao je daleko snažniji. Prema tome, od Eulera i Lagrangea u osamnaestom do Hamiltona, Jacobija i Hertza u devetnaestom stoljeću, mnogi najbriljantniji matematički fizičari neprekidno su pokušavali preformulirati Newtonovu teoriju u jedan ekvivalentan, ali logički i estetski više zadovoljavajući oblik. Oni su, dakle, željeli izložiti eksplicitne i implicitne lekcije koje potječu iz *Principia* u logički koherentnijoj verziji, takvoj koja bi bila u manjoj mjeri dvosmislena u svojim primjenama na novorazrađene probleme mehanike."

Slične preformulacije paradigme događale su se uvijek ponovo u svim znanostima, a većina je dovela do značajnijih promjena određene paradigme nego navedene preformulacije *Principia*. Takve promjene potječu iz empirijskog rada, *ranije opisanog u smislu usmjerenja na artikulaciju paradigme*. Klasifikacija te vrste rada kao empirijskog zapravo je bila proizvoljna. *Više nego bilo koja druga vrsta normalnog znanstvenog rada, problemi artikulacije paradigme istodobno su i teorijski i eksperimentalni*; primjeri koji su ranije navedeni podjednako će dobro poslužiti i ovdje. Prije nego što je mogao konstruirati svoju opremu i mjeriti pomoću nje, Coulomb je morao upotrijebiti električnu teoriju da bi odredio kako bi njegova oprema trebala biti konstruirana. Posljedica njegovih mjerenja bilo je "brušenje" teorije. Ili, recimo, ljudi koji su smislili eksperimente koji će ukazati na razlike između različitih teorija grijanja sabijanjem bili su, općenito uzevši, isti oni ljudi koji su stvorili verzije koje su uspoređivane. Oni su radili i s činjenicama i s teorijom, a njihov je rad proizveo ne samo novu informaciju već i precizniju paradigmu do koje se došlo eliminacijom neodređenosti koje su bile karakteristične za izvorni oblik. U mnogim znanostima takav je najveći dio normalnog rada.

Ova tri razreda problema - određivanje značajne činjenice, usklađivanje činjenica s teorijom i artikulacija teorije - po mom mišljenju iscrpljuju svu literaturu normalne znanosti, bilo teorijsku ili praktičnu. One, naravno, ne iscrpljuju sasvim čitavu literaturu znanosti. Postoje i neobični problemi i možda je upravo njihovo razrješavanje ono što znanstveni pothvat čini tako vrijednim. Međutim, neobične se probleme ne može imati samo zato što ih se želi imati. Oni se pojavljuju samo u posebnim prigodama koje su pripremljene napredovanjem normalnog

¹¹ René Dugas, *Historie de la mécanique*, Neuchatel, 1950., knjige IV-V.

istraživanja. Neizbježno je dakle da ogromna većina problema kojima se bave čak i najbolji znanstvenici obično potpada pod jednu od tri navedene kategorije. Rad u okvirima određene paradigme ne može biti proveden ni na koji drugi način, dok napuštanje paradigme predstavlja prestanak prakticiranja znanosti koju ta paradigma definira. Uskoro ćemo otkriti da se takva napuštanja događaju i da ona čine osi oko kojih se okreću znanstvene revolucije. Međutim, prije nego što počnemo proučavati takve revolucije, nužan je sveobuhvatniji pregled normalno-znanstvenih traganja koja pripremaju taj put.

NORMALNA ZNANOST KAO RJEŠAVANJE ZAGONETKI

Možda najizraženija osobina problema normalnog znanstvenog istraživanja s kojima smo se upravo suočili jest koliko su ti problemi malo usmjereni ka stvaranju velikih novina, konceptualnih ili pojava. Ponekad je, kao što je to slučaj s mjerenjem valne duljine, sve osim najezoteričnijeg detalja tog rezultata unaprijed poznato, a tipičan opseg očekivanja samo je nešto širi. Coulombova mjerenja nisu se možda morala uklapati u zakon obrnutih kvadrata; ljudi koji su radili na grijanju pomoću sabijanja često su bili spremni za bilo koji od nekoliko rezultata. Čak je i u takvim slučajevima područje rezultata koji su anticipirani i tako podložni asimilaciji, uvijek malo u usporedbi s područjem koje mašta može zamisliti. *Onaj projekt čiji ishod ne pada u to uže područje obično je promašaj koji se ne odražava na prirodu, već na znanstvenika.*

U osamnaestom je stoljeću malo pažnje bilo poklanjano eksperimentima koji su mjerili električno privlačenje takvim sredstvima kao što je vaga. Budući da takvi eksperimenti nisu donosili niti dosljedne niti jednostavne rezultate, oni nisu mogli biti iskorišteni za artikulaciju one paradigme iz koje su bili izvedeni. Prema tome, eksperimenti o kojima je riječ ostali su puke činjenice, nepovezane i nepovezive s neprekidnim napredovanjem električnih istraživanja. Samo s pogledom unatrag, koji posjeduje slijedeća paradigma, možemo vidjeti kakve karakteristike električnih pojava oni pokazuju. Coulomb i njegovi suvremenici posjedovali su, naravno, isto tako i ovu kasniju paradigmu ili paradigmu koja je, primijenjena na problem privlačnosti, postavljala ista očekivanja. Zato je Coulomb i bio u stanju izmisliti uređaj koji je dao rezultat kojeg se moglo asimilirati artikulacijom paradigme. Ali, zbog toga rezultat nikoga nije iznenadio, a nekoliko ga je Coulombovih

svremenika predvidjelo. Čak i onaj projekt čiji je cilj artikulacija paradigme nije usmjeren ka neočekivanoj novini.

Međutim, ako cilj normalne znanosti nisu velike bitne novine - ako je neuspjeh u približavanju anticipiranom rezultatu obično neuspjeh znanstvenika - zašto se onda ti problemi uopće uzimaju u obzir? Odgovor na ovo pitanje djelomično već postoji. Rezultati dobiveni tijekom normalnog istraživanja važni su znanstvenicima budući da doprinose opsegu i preciznosti s kojom se određena paradigma može primijeniti. *Taj odgovor, međutim, ne može objasniti onaj entuzijazam i odanost koju znanstvenici iskazuju za probleme normalnog istraživanja. Nitko ne posvećuje godine, recimo, usavršavanju spektrometra ili postizanju poboljšanog rješenja problema treperećih žica samo zbog značaja informacije koja će biti dobivena.* Podaci koji se dobivaju izračunavanjem efemerida ili daljnjim mjerenjima s postojećim instrumentom često su jednako značajni, ali znanstvenici u pravilu te aktivnosti s prezirom otklanjaju zato što se u velikoj mjeri svode na ponavljanje procedura koje su ranije provedene. Ovo odbacivanje predstavlja ključ za objašnjenje općinjenosti problemom normalnog znanstvenog istraživanja, lako je ishod moguće anticipirati, često tako detaljno da ono što ostaje za saznati samo po sebi nije zanimljivo, način na koji će se taj ishod postići ostaje pod sumnjom. *Dovođenje nekog problema normalnog istraživanja do zaključka predstavlja postizanje anticipiranog na nov način i zahtijeva rješavanje svih vrsta složenih instrumentalnih, konceptualnih i matematičkih zagonetki. Čovjek koji u tome uspijeva potvrđuje se kao stručnjak odgonetač, a onaj izazov koji zagonetka u sebi nosi predstavlja važan dio onoga što ga pokreće.*

Termini "zagonetka" i "odgonetač" osvjetljavaju nekoliko tema koje su na prethodnim stranicama postajale sve zastupljenije. Zagonetke su, u svom sasvim standardnom značenju koje je ovdje primijenjeno, ona posebna kategorija problema koja može poslužiti za provjeravanje oštroumnosti ili vještine u postizanju rješenja. Ilustracije koje nalazimo u rječnicima su zagonetke slaganja i križaljke, a mi sada trebamo izdvojiti one karakteristike koje zagonetke dijele s problemima normalne znanosti. Jedna od njih upravo je spomenuta. Kriterij je li neka zagonetka dobra nije unutrašnja zanimljivost ili

važnost ishoda. Naprotiv, doista pritiskajući problemi poput lijeka protiv raka ili nacрта trajnog mira, često uopće nisu zagonetke, uglavnom stoga što ne moraju imati nikakvo rješenje. Zamislite zagonetnu slagalicu ("jigsaw puzzle") čiji se dijelovi nasumce biraju iz dvije različite kutije. Budući da će taj problem najvjerojatnije (a možda i neće) pružiti otpor čak i najdomišljatijima, on ne može poslužiti kao provjera vještine pronalaženja rješenja. U bilo kojem uobičajenom smislu, to uopće nije zagonetka. Iako unutrašnja vrijednost nije kriterij za zagonetku, osigurano postojanje rješenja jest.

Već smo, međutim, vidjeli da jedna od stvari koju znanstvena zajednica stječe zajedno s paradigmom jest kriterij za izbor problema za koje se, dok se paradigma smatra neupitnom, može pretpostaviti da imaju rješenja. U velikoj mjeri su to i jedini problemi koje će zajednica priznati kao znanstvene ili ohrabrivati svoje članove da se upuštaju u njihovo rješavanje. Drugi problemi, uključujući mnoge koji su nekad bili standardni, odbacuju se kao metafizički, kao stvar druge discipline ili, ponekad, kao jednostavno previše problematični da bi imalo smisla trošiti vrijeme na njih. Zbog toga jedna paradigma može čak i izolirati neku zajednicu od onih društveno važnih problema koji se ne mogu reducirati na formu zagonetke zato što ne mogu biti iskazani terminima onih pojmovnih i instrumentalnih alata koje određena paradigma stavlja na raspolaganje. Takvi problemi mogu dovesti do zbunjenosti, što je pouka koju briljantno ilustrira nekoliko aspekata baconijanstva sedamnaestog stoljeća ili neke od suvremenih društvenih znanosti. Jedan od razloga zašto se čini da normalna znanost tako brzo napreduje jest taj što se njezini praktičari usredotočuju na probleme čije bi rješenje mogao spriječiti samo nedostatak vlastite domišljatosti.

Ako su, međutim, problemi normalne znanosti zagonetke u ovome smislu, onda nije potrebno i nadalje se pitati zašto ih znanstvenici napadaju s toliko strasti i privrženosti. Znanost može privući čovjeka iz različitih razloga. Među tim razlozima jest i želja da se bude koristan, uzbuđenje istraživanja novog područja, nada da će se pronaći red i sklonost ka provjeri ustanovljenog znanja. Ti motivi, uz još neke druge, pomažu i u određivanju onih posebnih problema kojima će se taj čovjek kasnije baviti. Štoviše, iako ponekad kao ishod imamo

važnost ishoda. Naprotiv, doista pritiskajući problemi poput lijeka protiv raka ili nacрта trajnog mira, često uopće nisu zagonetke, uglavnom stoga što ne moraju imati nikakvo rješenje. Zamislite zagonetnu slagalicu ("jigsaw puzzle") čiji se dijelovi nasumce biraju iz dvije različite kutije. Budući da će taj problem najvjerojatnije (a možda i neće) pružiti otpor čak i najdomišljatijima, on ne može poslužiti kao provjera vještine pronalazačenja rješenja. U bilo kojem uobičajenom smislu, to uopće nije zagonetka. Iako unutrašnja vrijednost nije kriterij za zagonetku, osigurano postojanje rješenja jest.

Već smo, međutim, vidjeli da jedna od stvari koju znanstvena zajednica stječe zajedno s paradigmom jest kriterij za izbor problema za koje se, dok se paradigma smatra neupitnom, može pretpostaviti da imaju rješenja. U velikoj mjeri su to i jedini problemi koje će zajednica priznati kao znanstvene ili ohrabrivati svoje članove da se upuštaju u njihovo rješavanje. Drugi problemi, uključujući mnoge koji su nekad bili standardni, odbacuju se kao metafizički, kao stvar druge discipline ili, ponekad, kao jednostavno previše problematični da bi imalo smisla trošiti vrijeme na njih. Zbog toga jedna paradigma može čak i izolirati neku zajednicu od onih društveno važnih problema koji se ne mogu reducirati na formu zagonetke zato što ne mogu biti iskazani terminima onih pojmovnih i instrumentalnih alata koje određena paradigma stavlja na raspolaganje. Takvi problemi mogu dovesti do zbunjenosti, što je pouka koju briljantno ilustrira nekoliko aspekata baconijanstva sedamnaestog stoljeća ili neke od suvremenih društvenih znanosti. Jedan od razloga zašto se čini da normalna znanost tako brzo napreduje jest taj što se njezini praktičari usredotočuju na probleme čije bi rješenje mogao spriječiti samo nedostatak vlastite domišljatosti.

Ako su, međutim, problemi normalne znanosti zagonetke u ovome smislu, onda nije potrebno i nadalje se pitati zašto ih znanstvenici napadaju s toliko strasti i privrženosti. Znanost može privući čovjeka iz različitih razloga. Među tim razlozima jest i želja da se bude koristan, uzbuđenje istraživanja novog područja, nada da će se pronaći red i sklonost ka provjeri ustanovljenog znanja. Ti motivi, uz još neke druge, pomažu i u određivanju onih posebnih problema kojima će se taj čovjek kasnije baviti. Štoviše, iako ponekad kao ishod imamo

frustraciju, postoje dobri razlozi zašto bi motivi poput ovih trebali čovjeka prvo privući, a potom voditi dalje.¹ Znanstveni pothvat kao cjelina pokazuje se, s vremena na vrijeme, kao koristan, otkriva nova područja, pokazuje red i provjerava davno prihvaćena uvjerenja. Međutim, pojedinac koji je uključen u rad na nekom problemu normalnog znanstvenog istraživanja gotovo nikad ne čini ništa od navedenoga. Kad je jednom uključen, njegov je motivacija drugačije vrste. Za njega je izazov uvjerenje da će, ukoliko je samo dovoljno vješt, uspjeti riješiti zagonetku koju nitko prije toga nije riješio, ili je nije tako dobro riješio. Mnogi od najvećih znanstvenih umova posvetili su svu svoju stručnu pažnju takvoj vrsti istraživačkih zagonetki. Niti jedno posebno područje specijalizacije u većini slučajeva ne nudi ništa drugo kao perspektivu za rad, stoje činjenica koja ga ne čini ništa manje privlačnim pravim poklonicima.

Okrenimo se sada drugom, težem i više otkrivajućem aspektu paralelizma između zagonetki i problema normalne znanosti. Ako treba klasificirati zagonetku, problem se mora karakterizirati nečim stoje više nego sigurno rješenje. Također, moraju postojati i pravila koja ograničavaju prirodu prihvatljivih rješenja i korake uz pomoć kojih se do njih dolazi. Rješavanje slagalice, na primjer, nije jednostavno "pravljenje slike". Dijete ili suvremeni umjetnik mogli bi to učiniti razbacujući izabrane dijelove kao apstraktne oblike na neku neutralnu podlogu. Slika koja se tako dobije mogla bi biti daleko bolja i sigurno bi bila originalnija od one iz koje je slagalica napravljena. Međutim, takva slika ipak ne bi predstavljala rješenje. Da bi se došlo do rješenja svi dijelovi moraju biti upotrijebljeni, neoslikane strane moraju biti okrenute prema dolje, a sami dijelovi moraju se međusobno uklopiti bez primjene sile sve dok se ne popune sve praznine. To su neka od pravila pomoću kojih se dolazi do rješenja slagalice. Slična ograničenja vezana uz dopustiva rješenja mogu se lako naći i za križaljke, rebuse, šahovske probleme i slično.

Ako možemo prihvatiti znatno širu primjenu termina "pravilo" - onu koja će ponekad biti istovjetna s "uspostavljenim stajalištem" ili

¹ Frustracija izazvana sukobom između uloge pojedinca i sveobuhvatnog obrasca znanstvenog razvoja može, međutim, povremeno biti i vrlo ozbiljna. O tome vidi u Lawrence S. Kubie: "Some Unsolved Problems of the Scientific Career", *American Scientist*, XL1, 1953., str. 596-613 i XLII, 1954., str. 104-112.

"unaprijed stvorenim zaključkom" - tada problemi koji su pristupačni u okvirima postojeće istraživačke tradicije pokazuju nešto što je vrlo slično ovom skupu karakteristika zagonetke. Čovjek koji izrađuje uređaj koji će određivati optičke valne duljine ne smije biti zadovoljan dijelom opreme koji posebnim spektralnim linijama jednostavno pripisuje posebne brojeve. On nije samo onaj koji istražuje ili mjeri. Naprotiv, on mora pokazati - analizirajući svoj uređaj u okvirima uspostavljenog opsega optičke teorije - da su brojevi koje njegov instrument proizvodi ono što u teoriju ulazi kao valne duljine. Ako neka zaostala neodređenost u toj teoriji ili neki neanalizirani sastavni dio njegovog uređaja ne dozvoljavaju upotpunjavanje tog dokaza, njegovi kolege mogu jednostavno zaključiti da on uopće ništa nije mjerio. Na primjer, krajnje točke rasipanja elektrona, koje su kasnije ustanovljene kao proizvođači valne duljine elektrona, nisu imale nikakva vidljivog značaja kad su prvi put opažene i zabilježene. Prije nego što su postale mjera bilo čega, morale su biti povezane s teorijom koja je predviđala valovito ponašanje tvari u kretanju. Čak i nakon što je ukazano na tu vezu, uređaj je morao biti tako prilagođen da bi eksperimentalni rezultati mogli biti jasno povezani s teorijom.² Sve dok ti uvjeti nisu bili ispunjeni, niti jedan problem nije bio riješen.

Slične vrste ograničenja vrijede i za dozvoljena rješenja teorijskih problema. Oni znanstvenici koji su tijekom osamnaestog stoljeća pokušali iz Newtonovih zakona kretanja i gravitacije dosljedno izvesti promatrano kretanje Mjeseca, nisu u tome uspjeli. Posljedica toga bio je prijedlog nekih od njih da se zakon obrnutih kvadrata zamijeni zakonom koji na malim udaljenostima ima otklon od prvog zakona. Učiniti to, značilo bi međutim promijeniti paradigmu, definirati novu zagonetku, a ne riješiti staru. U ovom slučaju znanstvenici su sačuvali ta pravila sve dok jedan od njih 1750. godine nije otkrio kako ih se može uspješno primijeniti.³ Samo promjena pravila igre mogla je pružiti alternativu tom rješenju.

Proučavanje tradicija normalne znanosti otkriva mnoga dodatna pravila, a ta pravila pružaju dosta informacija o onim obvezujućim

² Za kratak pregled evolucije ovih eksperimenata vidi stranicu 4 u C. J. Davissonovom predavanju na *Zespriz Nobel en 1937.*, Stockholm, 1938.

³ W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, rev. izd., London, 1847., II str. 101-105, 220-222.

načelima koja znanstvenici izvode iz svojih paradigmi. Koje su to glavne kategorije u koje ova pravila spadaju?⁴ Kao primjer za najočitiju i vjerojatno u najvećoj mjeri obvezujuću kategoriju mogu poslužiti one vrste uopćavanja koje smo upravo naveli. Radi se o eksplicitnim iskazima znanstvenog zakona i o iskazima o znanstvenim pojmovima i teorijama. Sve dok se poštuju, takvi iskazi pomažu da se postave zagonetke i da se ograniče prihvatljiva rješenja. Newtonovi zakoni, na primjer, obavljali su te funkcije tijekom osamnaestog i devetnaestog stoljeća. Sve dok su to činili, količina materije bila je fundamentalna ontološka kategorija za fizičare, a sile koje djeluju među djelićima materije bile su prevladavajuća tema istraživanja.⁵ U kemiji su zakoni utvrđenih i određenih omjera imali dugo vremena sasvim sličnu snagu - sređivanje problema atomskih težina, ograničavanje prihvatljivih rezultata kemijskih analiza i obavješavanje kemičara o tome što su to atomi i molekule, spojevi i mješavine.⁶ Maxwelllove jednadžbe i zakoni statističke termodinamike imaju danas isti utjecaj i ulogu.

Ovakva pravila, međutim, nisu niti jedina niti najzanimljivija vrsta koju otkriva proučavanje. Na nižoj ili konkretnijoj razini nego što su zakoni i teorije postoji, recimo, mnoštvo vezivanja za preferirane tipove instrumentacije i načine na koje prihvaćeni instrumenti mogu legitimno biti primijenjeni. Promjene stajališta u odnosu na ulogu vatre u kemijskim analizama igrale su vitalnu ulogu u razvoju kemije u sedamnaestom stoljeću.⁷ Helmholtz je u 19. stoljeću naišao na jak otpor fiziologa prema shvaćanju da fizičko eksperimentiranje može rasvijetliti njihovo područje.⁸ Neobična povijest kemijske kromatografije u ovom stoljeću ponovo ukazuje na trajnost instrumentalnih vezivanja koja, u istoj mjeri kao zakoni i teorija, pružaju znanstvenicima pravila

⁴ Ovo pitanje dugujem W. P. Hagstromu, čiji se rad u sociologiji znanosti ponekad preklapa s mojim.

⁵ Za ove aspekte newtonijanstva vidi u 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., pogl. VII, posebno str. 255-257, 275-277.

⁶ Ovaj je primjer opširno prodiskutiran pri kraju poglavlja X.

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

⁸ Leo Königsberger, *Hermann von Helmholtz*, prev. Francis A. Welby, Oxford, 1906., str. 65-66.

igre.⁹ Kada budemo analizirali otkriće radioaktivnog zračenja, otkrit ćemo razloge za vezivanja ove vrste.

Osobine znanosti koje su manje lokalne i privremene, ali ne i nepromjenjive, jesu vezivanja na višoj razini, kvazimetafizička vezivanja koja povijesna proučavanja redovito prikazuju. Tako na primjer, negdje poslije 1630. godine, a posebno poslije pojave Descartesovih izvanredno utjecajnih znanstvenih spisa, velika većina fizičara pretpostavljala je da je svemir sastavljen od mikroskopskih čestica i da se sve prirodne pojave mogu objasniti u terminima oblika čestica, njihove veličine, kretanja i uzajamnog djelovanja. Ta serija vezivanja pokazala je kako metafizičke, tako i metodološke prirode. Kao metafizička, ona je kazivala znanstvenicima koje vrste entiteta svemir sadrži, a koje ne: postojala je samo oblikovana materija u kretanju. Kao metodološka, ona im je kazivala kako konačni zakoni i osnovna objašnjenja trebaju izgledati: zakoni moraju specificirati korpuskularno kretanje i uzajamno djelovanje, a objašnjenje mora svaku prirodnu pojavu svesti na akciju čestica koja se odvija po ovim zakonima. Što je još važnije, koncepcija svemira koji se sastoji od čestica govorila je znanstvenicima što bi trebali biti mnogi od njihovih istraživačkih problema. Fizičar koji bi - poput Boylea - prihvatio novu filozofiju, poklanjao je posebnu pažnju onim reakcijama koje su se mogle promatrati kao transmutacije. Jasnije nego druge promjene, one su prikazivale proces preuređivanja čestica koji mora biti u temeljima svake kemijske promjene.¹⁰ Slični efekti korpuskularizma mogu se primijetiti u proučavanju mehanike, optike i topline.

Konačno, na još višoj razini postoji još jedan sklop vezivanja, bez kojih nitko ne može biti znanstvenik. Znanstvenik, recimo, mora htjeti razumjeti svijet i povećati preciznost i opseg znanja pomoću kojeg je taj svijet uređen. To vezivanje pak sa svoje strane mora voditi znanstvenika ka pažljivom proučavanju, vlastitom ili preko kolega, nekog aspekta prirode do najsitnijih detalja. A ukoliko takvo proučavanje

⁹ James E. Meinhard, "Chromatography: A Perspective", *Science*, CX, 1949., str. 387-392.

¹⁰ Za korpuskularizam općenito vidi u Marie Boas "The Establishment of the Mechanical Philosophy", *Osiris*, X, 1952., str. 412-541. Za efekte korpuskularizma na Boyleovu kemiju vidi T. S. Kuhn, "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century", *Isis*, XLIII, 1952., str. 12-36.

pokaže praznine očitog nereda, tada znanstvenik biva izazvan u nova usavršavanja svoje promatračke tehnike ili bolju artikulaciju svojih teorija. Bez sumnje, ima još pravila sličnih ovima, pravila koja su vrijedila za znanstvenike svih razdoblja.

Postojanje ove jake mreže vezivanja - pojmovnih, teorijskih, instrumentalnih i metodoloških - glavni je izvor one metafore koja povezuje normalnu znanost s rješavanjem zagonetki. Budući da ta mreža daje pravila koja praktičaru jedne zrele specijalnosti govore o tome kako izgleda ne samo svijet već i njegova znanost, on se s povjerenjem može usredotočiti na ezoterične probleme koje definiraju ova pravila i postojeće znanje. Ono što ga tada osobno izaziva jest kako riješiti preostalu zagonetku. U ovom i u drugim aspektima, rasprava zagonetki i pravila unosi svjetlo u prirodu normalne znanstvene prakse. Međutim, to svjetlo može i značajno zavesti. Iako očito postoje pravila kojih se pridržavaju svi praktičari neke znanstvene specijalnosti u nekom određenom vremenu, ta pravila sama po sebi ne moraju specificirati sve ono što je zajedničko za praksu tih specijalista. Normalna je znanost visoko određena aktivnost, iako ne mora biti u cijelosti određena pravilima. To je razlog što sam na početku ovoga ogleada kao izvor koherentnosti za tradicije normalnog znanstvenog istraživanja uveo zajedničke paradigme, a ne zajednička pravila, pretpostavki i točaka gledanja. Po mom mišljenju, pravila se izvode iz paradigmi, ali paradigme mogu voditi istraživanje i kad nema pravila.

PRIORITET PARADIGMI

Da bismo otkrili vezu između pravila, paradigmi i normalne znanosti, razmotrimo prvo kako povjesničar izdvaja one posebne točke vezivanja koje sam upravo opisao kao prihvaćena pravila. Temeljito povijesno istraživanje neke određene specijalnosti u nekom određenom vremenu iznosi na vidjelo skup kvazi-standardnih ilustracija (koje se ponavljaju) različitih teorija u njihovim pojmovnim, promatračkim i instrumentalnim primjenama. To su paradigme zajednice koje se otkrivaju u udžbenicima, predavanjima i laboratorijskim vježbama. Proučavajući ih i služeći se njima u praksi, članovi odgovarajuće zajednice uče svoj zanat. Povjesničar će, naravno, otkriti uz to i poluzamračeno područje koje zauzimaju dostignuća čiji je status još pod sumnjom, iako će jezgra riješenih problema i tehnika obično biti jasna. Usprkos povremenim neodređenostima, paradigme jedne zrele znanstvene zajednice mogu se relativno lako odrediti.

Određivanje zajedničkih paradigmi, međutim, ne znači određivanje zajedničkih pravila. Za to je potreban drugi korak, koji je drugačije vrste. Kada poduzima taj korak, povjesničar mora usporediti paradigme jedne određene zajednice međusobno, a i s njezinim suvremenim istraživačkim izvještajima. Dok to čini, njegov je cilj otkriti koje su eksplicitne ili implicitne izdvojive elemente članovi te zajednice apstrahirali iz svojih općenitijih paradigmi i razvili kao pravila u svom istraživanju. Svatko tko je pokušao opisati ili analizirati evoluciju neke posebne znanstvene tradicije nužno je tragao za prihvaćenim principima i pravilima ove vrste. Sasvim sigurno - a to pokazuje i prethodno poglavlje - u tome je morao barem djelomično uspjeti. Ali, ako je njegovo iskustvo bilo poput mog, shvatio je da je traganje za pravilima teže i u manjoj mjeri zadovoljavajuće od traganja za paradigrama.

Neka od uopćavanja koja primjenjuje kako bi opisao uvjerenja koja zajednica dijeli, neće predstavljati problem. Druga će, međutim, uključujući neka od onih koja su navedena kao ilustracija, izgledati za nijansu prejaka. Formulirana na taj ili bilo koji drugi način koji on može zamisliti, ta bi uopćavanja gotovo sigurno bila odbačena od nekih članova skupine koju proučava. Međutim, trebamo li koherentnost istraživačke tradicije razumjeti kroz pravila, nužna je neka specifikacija zajedničkog temelja u odgovarajućem području. Zbog toga traganje za sklopom pravila koje može ustanoviti određenu tradiciju normalnog istraživanja postaje izvorom trajne i duboke frustracije.

Uviđanje te frustracije, međutim, omogućuje dijagnosticiranje njenog izvora. Znanstvenici se mogu složiti da su Newton, Lavoisier, Maxwell ili Einstein uobličili očito trajno rješenje za zajednu skupinu važnih problema, a da se ipak ne slože - iako ponekad toga nisu niti svjesni - oko posebnih apstraktnih karakteristika koje ta rješenja čine trajnima. Prema tome, mogu se složiti u svojoj identifikaciji neke paradigme, a da se ne slože ili čak niti ne pokušaju doći do njene potpune interpretacije ili racionalizacije. Nepostojanje standardne interpretacije ili svođenja na pravila neće spriječiti da paradigma vodi istraživanje. Normalna znanost može biti djelomično određena izravnim ispitivanjem paradigmi, procesom koji je često potpomognut, ali ne zavisi o formulaciji pravila i pretpostavki. Postojanje paradigme zapravo ne mora podrazumijevati postojanje bilo kakovog potpunog sklopa pravila.¹

Prvi efekt ovih izjava nužno je stvaranje problema. U situaciji kad ne postoji nadležni sklop pravila, što ograničava znanstvenika na neku određenu normalno-znanstvenu tradiciju? Što može značiti fraza "izravno ispitivanje paradigmi"? Djelomične odgovore na ovakva pitanja razvio je Ludwig Wittgenstein, premda u vrlo različitom kontekstu. Budući da je taj kontekst istodobno i elementarniji i poznatiji, bit će nam od pomoći ako prvo razmotrimo njegov oblik rasprave. Što je to što nužno moramo znati, pitao se Wittgenstein, kako bismo

¹ Michael Polanyi briljantno je razvio jednu vrlo sličnu temu, tvrdeći da veliki dio uspjeha znanstvenika zavisi od "prešutnog znanja", to jest znanja koje je stečeno kroz praksu i koje se ne može eksplicitno artikulirati. Vidi njegovu knjigu *Personal Knowledge*, Chicago, 1958., posebno poglavlja V i VI.

termine poput "stolica", "list" ili "igra" primijenili nedvosmisleno i ne izazivajući pritom neslaganje?²

Pitanje je vrlo staro i na njega se uglavnom odgovaralo tvrdnjom da moramo znati, svjesno ili intuitivno, što stolica, list ili igra jesu. To znači da moramo shvatiti neki skup atributa koji je zajednički za sve igre i samo za igre. Wittgenstein je, međutim, zaključio da takav nekakav skup karakteristika onda i nije nužan, kad postoje zadani načini na koje upotrebljavamo jezik, kao i vrsta svijeta na koji ga primijenjujemo. Iako nam rasprava o *nekim* atributima koji su zajednički jednom određenom *broju* igara, ili stolica, ili listova često pomaže da naučimo kako upotrebljavati određeni termin, ne postoji skup karakteristika koji je istodobno primjenjiv na sve članove neke klase i samo na njih. Naprotiv, suočeni s do tada neopaženom aktivnošću, primijenjujemo termin "igra" budući da ono što vidimo posjeduje blisku "obiteljsku sličnost" s jednim brojem aktivnosti koje smo prije toga naučili nazivati tim imenom. Ukratko, za Wittgensteina igre, stolovi i listovi predstavljaju prirodne obitelji od kojih se svaka sastoji od mreže preklapajućih i međusobno isprepletenih sličnosti. Postojanje takve mreže dovoljno objašnjava naš uspjeh u identifikaciji odgovarajućeg predmeta ili aktivnosti. Samo ako su se obitelji preklapale i postepeno se stapale - dakle, samo onda ako nije bilo *prirodnih* obitelji - naš uspjeh u identifikaciji i imenovanju pružio je dokaze za skup zajedničkih karakteristika koje odgovaraju svakom imenu razreda koje upotrijebimo.

Nešto slično sigurno bi moglo vrijediti i za različite istraživačke probleme i tehnike koje se javljaju unutar neke tradicije normalne znanosti. Ono što im je zajedničko nije da zadovoljavaju neki eksplicitan, ili u potpunosti podložan otkrivanju, sklop pravila i pretpostavki koji daje tradiciji karakter i vlast nad znanstvenim duhom. Umjesto toga, oni mogu biti vezani sličnošću ili modeliranjem s jednim ili drugim dijelom znanstvenog korpusa, za koji određena zajednica već priznaje da spada među njena dostignuća. Znanstvenici rade na temelju modela stečenog tijekom školovanja i kasnije izloženosti literaturi, često

² Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, prev. G. E. M. Anscombe, New York, 1953., str. 31-36. Wittgenstein, međutim, ne kazuje gotovo ništa o onoj vrsti svijeta koji je nužan da podrži onu proceduru imenovanja o kojoj govori. Prema tome, dio poante koji slijedi ne može biti pripisan njemu.

ne znajući sasvim, ili nemajući potrebe da znaju koje su karakteristike ovim modelima dale status paradigmi znanstvene zajednice. Budući da tako čine, nije im potreban nikakav potpuni skup pravila. Koherentnost koju pokazuje ona istraživačka tradicija unutar koje ti modeli funkcioniraju ne mora podrazumijevati postojanje sklopa pravila i pretpostavki koje bi se daljnjim povijesnim ili filozofskim istraživanjem mogle otkriti. Činjenica da znanstvenici obično ne pitaju ili ne raspravljaju o tome što neki poseban problem ili rješenje čini legitimnim navodi nas na pretpostavku da oni, barem intuitivno, znaju odgovor. Ali, moguće je da to samo ukazuje na to da se niti pitanje niti odgovor ne smatraju relevantnima za njihovo istraživanje. Paradigme mogu prethoditi, biti u većoj mjeri obvezujuće i potpunije od bilo kakvog sklopa pravila istraživanja kojeg se iz tih paradigmi nedvosmisleno može apstrahirati.

Ovo je pitanje dosad bilo isključivo teorijsko: *moguće je* da paradigme odrede normalnu znanost bez intervencije pravila koja se dadu otkriti. Dopustite da sada pokušam povećati stupanj jasnoće i aktualnosti ukazivanjem na neke od razloga za vjerovanje da paradigme doista funkcioniraju na ovaj način. Prvi, koji je do sada prilično iscrpno razmotren, jest ozbiljna poteškoća u otkrivanju pravila koja su činila temelje pojedinih normalno-znanstvenih tradicija. Ta je poteškoća gotovo jednaka onoj s kojom se susreće filozof kada pokušava reći što je zajedničko za sve igre. Drugi razlog, kojemu je prvi zapravo samo prirodna posljedica, nalazi se u prirodi znanstvenog školovanja. Do sada bi već trebalo biti jasno da znanstvenici nikada ne uče pojmove, zakone i teorije apstraktno i same po sebi. Umjesto toga, ova se intelektualna oruđa od početka susreću u jednom povijesno i pedagoški prethodećem jedinstvu koje ih izlaže zajedno s primjenama i kroz njih.

Nova se teorija objavljuje uvijek zajedno s primjenama u nekom konkretnom području prirodnih pojava; bez njih, ona ne bi mogla biti čak niti kandidat za prihvaćanje. Nakon što je prihvaćena, iste ili druge primjene prate tu teoriju u udžbenicima iz kojih će budući praktičari učiti svoj zanat. Te primjene nisu tamo kao ukras ili dokumentacija. Naprotiv, proces učenja jedne teorije zavisi od proučavanja primjena, uključujući praktično rješavanje problema pomoću papira i

olovke i pomoću instrumenata u laboratoriju. Ukoliko, recimo, student newtonovske dinamike ikada otkrije značenje termina kao što su "sila", "masa", "prostor" i "vrijeme", on to čini manje na temelju nepotpunih, iako ponekad korisnih definicija u svom udžbeniku, a Više promatranjem i sudjelovanjem u primjeni tih pojmova pri rješavanju problema.

Taj proces učenja u izravnom doticaju, ili akcijom, nastavlja se kroz proces profesionalnog sazrijevanja. Kako student napreduje od svojih bruočkih predavanja do doktorske disertacije, problemi s kojima se suočava postaju sve složeniji i sve manje slični onima koje je ranije susretao. Ali, njihovo je oblikovanje i dalje u bliskoj vezi s prethodnim dostignućima, kao što su i problemi kojima se normalno bavi tijekom svoje nezavisne znanstvene karijere koja slijedi. Netko bi mogao pretpostaviti da je znanstvenik negdje tijekom tog puta intuitivno za sebe apstrahirao pravila te igre, ali malo je razloga da se u to vjeruje. Iako mnogi znanstvenici lako i dobro govore o određenim individualnim hipotezama koje su ugrađene u temelje konkretnog dijela znanstvenog istraživanja, oni su jedva nešto malo bolji od laika ako treba navesti karakteristike utvrđenih osnova njihova područja, te legitimnih problema i metoda tog područja. Ukoliko uopće poznaju takve apstrakcije, oni to pokazuju uglavnom kroz svoju sposobnost uspješnog istraživanja. Ta sposobnost, međutim, može se razumjeti bez pozivanja na hipotetička pravila igre.

Ove posljedice znanstvene naobrazbe imaju obrat koji predstavlja treći razlog za pretpostavku da paradigme usmjeravaju istraživanje kako izravnim oblikovanjem, tako i kroz apstraktna pravila. Normalna znanost može napredovati bez pravila samo toliko dugo koliko znanstvena zajednica bez pogovora prihvaća ona posebna problemska rješenja koja su već postignuta. Pravila bi zato trebala postati važna, a karakteristična nebriga za njih trebala bi nestati svaki put kad se osjeti da su paradigme ili modeli nesigurni. Štoviše, upravo je to ono što se zaista i događa. Posebne značajke preparadigmatičkog razdoblja jesu česte i duboke rasprave o legitimnim metodama, problemima i standardima rješenja, iako one više služe za definiranje škola, nego za postizanje suglasja. Već smo spomenuli nekoliko takvih rasprava o optici i elektricitetu, a one su odigrale još značajniju ulogu u razvoju

kemije u sedamnaestom stoljeću i geologije u ranom devetnaestom stoljeću.³ Štoviše, pojavom paradigme takve rasprave ne nestaju jednom zauvijek. Iako gotovo nepostojeće u razdobljima normalne znanosti, redovito se ponovo pojavljuju neposredno prije i tijekom znanstvenih revolucija, odnosno u onim razdobljima kad su paradigme prvo napadane, a potom postaju predmetom promjene. Prijelaz s newtonovske na kvantnu mehaniku izazvao je mnoge rasprave, kako o prirodi, tako i o standardima fizike, od kojih mnoge još uvijek traju.⁴ Ljudi koji pamte slične rasprave izazvane Maxwellovom elektromagnetskom teorijom i statističkom mehanikom, još su i danas živi.⁵ Još ranije, prihvaćanje Galileove i Newtonove mehanike dovelo je do posebno poznatih rasprava sa sljedbenicima Aristotela, Descartesa i Leibniza o standardima koji su u znanosti legitimni.⁶ Kad se znanstvenici ne slažu oko tog jesu li temeljni problemi njihovog područja riješeni ili ne, potraga za pravilima dobiva ulogu kakvu inače nema. Međutim, sve dok su paradigme sigurne, one funkcioniraju bez rasprave o racionalizaciji ili uopće bez pokušaja racionalizacije.

Ovo poglavlje možemo zaključiti četvrtim razlogom za priznavanje prioriteta paradigama nad zajedničkim pravilima i pretpostavkama. Uvod u ovaj ogleđ navodi na zaključke da revolucije mogu biti male

³ Za kemiju vidi u H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle*, Paris, 1923., str. 24-27, 146-149; Marie Boas *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry*, Cambridge 1958., poglavlje II. Za geologiju vidi Walter F. Cannon, "The Uniformitarian-Catastrophist Debate", *Isis*, LI, 1960., str. 38-55; te C. C. Gillispie, *Genesis and Geology*, Cambridge, Mass., 1951., poglavlja IV-V.

⁴ Za kontroverze oko kvantne mehanike vidi Jean Ullmo, *La crise de la physique quantique*, Paris, 1950., poglavlje II.

⁵ Za statističku mehaniku vidi Rene Dugas, *La théorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes*, Neuchatel, 1959., str. 158-184, 206-219. Za način na koji je percipiran Maxwellov rad, vidi Max Planck: "Maxwell's Influence in Germany", *M James Clerk Maxwell: A Commemoration Volume, 1831-1931*, Cambridge, 1931., str. 45-65, posebno i str. 58-63; te Silvanus P. Thompson, *The Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*, London, 1910., II, str. 1021-1027.

⁶ Za uzorak bitke s aristotelovcima vidi A. Koyré: "A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton", *Transactions of the American Philosophical Society*, XLV, 1955., str. 329-395. Za rasprave s kartezijancima i leibnitzovcima vidi Pierre Brunet, *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1931.; te A. Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe*, Baltimore, 1957., poglavlje XI.

i velike, da neke revolucije utječu samo na članove neke stručne sub-specijalnosti i da za takve skupine čak i otkriće neke nove i neočekivane pojave može biti revolucionarno. U slijedećem poglavlju pozabavit ću se izabranim revolucijama te vrste, a to je još daleko od objašnjenja kako one mogu postojati. Ako je normalna znanost tako kruta i ako su znanstvene zajednice tako blisko povezane kao što se podrazumijevalo u prethodnoj raspravi, kako onda promjena paradigme ikada može utjecati samo na neku malu pod-skupinu? Ono što je do sada rečeno, možda je izgledalo kao da podrazumijeva daje normalna znanost jedinstven, monolitan i sjedinjen pothvat koji mora stajati ili padati s bilo kojom svojom paradigmom, kao i sa svima zajedno. Ali, znanost je očito rijetko kada ili nikada nije takva. Promatramo li sva područja zajedno, ona se često čini nekakvom labavom strukturom s malo koherentnosti između svojih različitih dijelova. Ništa što je do sada rečeno, ne bi trebalo biti u nesuglasju s tim uobičajenim načinom promatranja stvari. Naprotiv, zamjenjivanje paradigmi pravilima trebalo bi potaknuti lakše razumijevanje raznovrsnosti znanstvenih područja i specijalnosti. Eksplicitna pravila, kada postoje, obično su zajednička vrlo širokoj skupini znanstvenika, a u slučaju paradigme to ne mora biti tako. Praktičari sasvim odvojenih područja, kao što su, na primjer, astronomija i taksonomička botanika, stječu naobrazbu izlaganjem potpuno različitih dostignuća opisanih u vrlo različitim knjigama. Čak i oni koji, budući da se nalaze u istim ili blisko povezanim područjima i da počinju proučavati mnoge iste knjige i dostignuća, mogu tijekom svoje stručne specijalizacije prihvatiti prilično raznolike paradigme.

Uzmimo, kao jedan takav primjer, prilično veliku i raznovrsnu zajednicu kakvu čine svi znanstvenici koji se bave fizikom. Svi članovi te skupine danas uče, recimo, zakone kvantne mehanike i većina - u nekom trenutku svoje istraživačke ili predavačke aktivnosti - upotrebljava te zakone. Međutim, svi ne uče iste primjene ovih zakona, te tako nisu svi na isti način pod utjecajem promjena u kvantno-mehaničkoj praksi. Na putu ka stručnoj specijalizaciji mali broj znanstvenika koji se bave fizikom susreće samo osnovne principe kvantne mehanike. Jedni detaljno proučavaju paradigmatičke primjene ovih principa na kemiju, drugi na fiziku čvrstih tijela i tako dalje. Što kvantna mehanika znači za svakoga od njih, zavisi o tome kakve je kolegije prošao, koje je knjige pročitao i kakve je časopise izučavao. To znači da promjena

koja se odražava samo na ovoj ili onoj od paradigmatičkih primjena kvantne mehanike može biti revolucionarna samo za članove neke posebne stručne pod-specijalnosti, bez obzira na to što će promjena kvantno-mehaničkih zakona biti revolucionarna za sve ove skupine. Za ostatak struke i za one koji se bave drugim prirodnim znanostima, ta promjena uopće ne mora biti revolucionarna. Ukratko, iako je kvantna mehanika (ili newtonovska dinamika ili elektromagnetska teorija) paradigma za mnoge znanstvene skupine, ona nije ista paradigma za sve njih. Prema tome, ona je u stanju istodobno odrediti nekoliko tradicija normalne znanosti koje se preklapaju, iako nisu jednakog opsega. Revolucija koja se dogodi unutarjedne od tih tradicija neće se nužno proširiti i na druge.

Kratka ilustracija efekta specijalizacije može dodatno osnažiti cijelu ovu seriju teza. Istraživač koji se nadao da će saznati nešto o tome što znanstvenici misle o atomskoj teoriji, upitao je uglednog fizičara i uglednog kemičara je li atom helija molekula ili ne. Obojica su odgovorila bez oklijevanja, ali njihovi odgovori nisu bili jednaki. Za kemičara, atom helija bio je molekula zbog toga što se tako ponašao uzme li se u obzir kinetička teorija plinova. Za fizičara, s druge strane, atom helija nije bio molekula, zbog toga što nije pokazivao molekularni spektar.⁷ Obojica su, pretpostavljamo, govorila o istoj čestici, ali su je promatrali kroz vlastitu istraživačku edukaciju i praksu. Njihovo iskustvo u rješavanju problema govorilo im je što bi molekula morala biti. Bez sumnje, njihova su iskustva imala mnogo toga zajedničkog, ali im u ovom slučaju nisu govorila isto. U nastavku ćemo otkriti kako paradigmatičke razlike poput ove mogu biti važne.

⁷ Riječ je o istraživaču Jamesu K. Senioru, kojemu dugujem usmeni izvještaj. Neka srodna pitanja razmatrana su u njegovu članku "The Vernacular of the Laboratory", *Philosophy of Science*, XXV, 1958., str. 163-168.

NEPRAVILNOSTI I POJAVA ZNANSTVENIH OTKRIĆA

Normalna znanost, aktivnost rješavanja zagonetki koju smo istraživali, visoko je kumulativni pothvat, vrlo uspješan u postizanju svog cilja - stalnog širenja opsega i preciznosti znanja. U svim ovim aspektima ona se s velikom preciznošću uklapa u najuobičajeniju predodžbu o znanstvenom radu. Međutim, jedan standardni proizvod znanstvenog pothvata nedostaje. Normalna znanost ne teži nikakvim činjeničnim ili teorijskim novitetima, niti do njih dolazi kad je uspješna. Nove i neočekivane pojave, međutim, uvijek se iznova otkrivaju u znanstvenim istraživanjima, a znanstvenici stalno smišljaju nove teorije. Povijest čak upućuje na to da je znanstveni pothvat razvio jedinstvenu moćnu tehniku za stvaranje iznenađenja ove vrste. Želimo li ovu osobinu znanosti uskladiti sa svim onim što je dosad rečeno, tada istraživanje u okviru jedne paradigme mora biti posebno djelotvoran način za poticanje promjene paradigme. To je ono što fundamentalne novosti čine u činjenicama i u teoriji. Stvoreni nehotice, igrom koja je igrana unutar jednog sklopa pravila, njihovo usvajanje zahtijeva razradu drugog sklopa pravila. A kada te novosti postanu dijelom znanosti, pothvat, barem kad je riječ o onim specijalistima na čijem se posebnom području te novosti nalaze, nikad više nije sasvim isti.

Sada se moramo zapitati kako do ove vrste promjena dolazi, uzimajući u obzir prvo otkrića, ili činjenične novitete, a potom izume, ili teorijske novitete. Ovo razlikovanje između otkrića i izuma, odnosno između činjenice i teorije, odmah će se, međutim, pokazati kao umjetno. Upravo će ta artificijelnost biti važan ključ za nekoliko temeljnih teza u ovom ogledu. Ispitivanjem nekoliko izabranih otkrića u nastavku ovog poglavlja ubrzo ćemo ustanoviti da oni ne predstavljaju izolirane

dogadaje nego epizode koje imaju svoje određeno trajanje, sa strukturom koja se u pravilu ponavlja. Otkriće počinje s pitanjem o nepravilnosti, odnosno s uviđanjem daje priroda u nekakvom otklonu od onih očekivanja koja postavlja paradigma koja vlada normalnom znanošću. Ono se zatim produljuje s manje ili više širokim istraživanjem područja nepravilnosti, a završava tek onda kad se zadana paradigmatička teorija prilagodi tako da ono što je smatrano nepravilnošću postane ono što se očekuje. Usvajanje nove vrste činjenica zahtijeva više nego dodatno prilagođavanje teorije, a dok se to prilagođavanje ne obavi - dok znanstvenik ne nauči vidjeti prirodu na drugačiji način - nova činjenica uopće nije sasvim znanstvena činjenica.

Da bismo vidjeli kako su u znanstvenom otkriću blisko isprepleteni činjenični i teorijski novitet, ispitajmo jedan posebno poznat primjer, otkriće kisika. Postoje barem tri različita čovjeka koji polažu legitimno pravo na to otkriće, a nekolicina drugih kemičara moralaje - u ranim sedamdesetim godinama osamnaestog stoljeća - u svojim laboratorijskim posudama imati obogaćeni zrak, a da toga nisu bili svjesni.¹ Napredak normalne znanosti, u ovom slučaju pneumatičke kemije, temeljito je pripremio put ka prodoru u novo. Prvi od onih koji polažu pravo na pronalazak relativnog čistog uzorka tog plina bio je švedski ljekarnik C. W. Scheele. Njegov bismo rad mogli i zanemariti, budući da nije bio objavljen sve dok otkriće kisika nije bilo već nekoliko puta drugdje oglašeno, tako da nije imao nikakvog utjecaja na onaj povijesni obrazac koji nas ovdje najviše zanima.² Slijedeći u vremenskom redoslijedu koji je polagao pravo na to otkriće bio je britanski znanstvenik i duhovnik Joseph Priestley, koji je skupljao plin koji se oslobađao zagrijavanjem crvenog živinog oksida. To je bio dio duljeg normalnog istraživanja različitih "vrsta zraka", koje je ispuštao veliki broj čvrstih tvari. Tako proizvedeni plin on je 1774. godine identificirao kao dušični

¹ Za danas već klasičnu raspravu o otkriću kisika vidi u A. N. Meldrum, *The Eighteenth-Century Revolution in Science - the First Phase*, Calcutta, 1930., poglavlje V. Jedan nezaobilazni noviji prikaz, koji sadrži i pregled kontroverze o prioritetu, jest Maurice Daumas, *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Paris, 1955., poglavlja II-III. Za potpuniji pregled i životopis vidi također T. S. Kuhn, "The Historical Structure of Scientific Discovery", *Science*, CXXXVI, 1. srpnja 1962., str. 760-764.

² Vidi ipak u Uno Bocklund "A Lost Letter from Scheele to Lavoisier", *Lychnos*, 1957-58., str. 39-62, za drugačiju procjenu Scheeleove uloge.

oksid, a 1775., nakon daljnjih provjera, kao obični zrak s manjom količinom flogistona od uobičajene. Treći koji je polagao pravo, Lavoisier, započeo je svoj rad koji ga je doveo do kisika poslije Priestleyevih eksperimenata iz 1774., a moguće i na temelju neke Priestleyeve sugestije. Početkom 1775., Lavoisier je izvijestio da plin koji se dobiva grijanjem crvenog živinog oksida predstavlja "sam zrak u cijelosti bez promjene (osim što)... izlazi čišći i lakši za udisanje."³ Do 1777., vjerojatno uz pomoć još jedne Priestleyeve sugestije, Lavoisier je došao do zaključka da taj plin predstavlja posebnu vrstu, jedan od dva temeljna sastojka atmosfere, a taj zaključak Priestley nikada nije mogao prihvatiti.

Ovaj obrazac otkrića pokreće pitanje koje se može postaviti o svakoj novoj pojavi koja je ikada ušla u svijet znanstvenika. Je li to bio Priestley ili Lavoisier, ako je bio jedan od njih, tko je prvi otkrio kisik? U svakom slučaju, kada je kisik otkriven? U ovom drugom obliku, pitanje se može postaviti i onda kada postoji samo jedan pretendent. Odgovoru smislu odluke o prioritetu i datumu uopće nas ne zanima. Međutim, nastojanje da se dođe do nekog odgovora osvjetlit će prirodu otkrića, budući da nema onakvog odgovora kakav smo tražili. Otkriće nije ona vrsta procesa o kojemu je prikladno postaviti ovakvo pitanje. Činjenica da se to pitanje postavljalo - prioritet za kisik je od 1780. u više navrata osporavan - pokazatelj je nečeg pogrešno postavljenog u predodžbi o znanosti koja otkriću pripisuje tako fundamentalnu ulogu. Pogledajmo još jednom naš primjer. Priestleyevo polaganje prava na otkriće kisika zasnovano je na njegovom prioritetu u izdvajanju plina za koji se kasnije ispostavilo da predstavlja posebnu vrstu. Ali, Priestleyev uzorak nije bio čist, pa ako držanje nepročišćenog kisika u ruci znači njegovo otkriće, to su onda učinili svi oni koji su ikad atmosferski zrak stavili u bocu. Osim toga, ako je Priestley pronalazač, kada je to otkriće učinjeno? Godine 1774. on je mislio daje dobio dušični oksid, vrstu koju je već poznao; 1775. na taj je plin gledao kao na deflogistirani zrak, što još uvijek nije kisik, a za flogističke kemičare čak niti neka neočekivana vrsta

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., str. 23. Ova vrlo korisna knjižica sadrži pretiske mnogih značajnih dokumenata.

plina. Lavoisierovo polaganje prava možda je jače, ali donosi iste probleme. Ako odbijemo vijenac dati Priestleyu, ne možemo ga predati Lavoisieru za rad iz 1775. koji ga je doveo do identificiranja ovog plina kao "samog zraka u cijelosti". Morali bismo pričekati rad iz 1776. i 1777., koji je naveo Lavoisiera ne samo da uvidi da plin postoji, već i što taj plin jest. Međutim, čak i ova nagrada može se dovesti u pitanje, budući da je Lavoisier od 1777. godine pa sve do kraja svog života ustrajavao na tome da je kisik atomsko "načelo kiselosti" i da se plin kisik stvara samo onda kada se to "načelo" sjedinjuje s kalorikom, nositeljem topline.⁴ Hoćemo li onda reći da 1777. godine kisik još nije bio otkriven? Neki mogu biti skloni da tako učine. Ali, kemija nije odbacila načelo kiselosti sve do poslije 1810., a kalorik je opstao sve do šezdesetih godina devetnaestog stoljeća. Kisik je postao standardna kemijska tvar prije bilo kojeg od ovih datuma.

Jasno je da nam su za analiziranje takvih događaja kao što je otkriće kisika nužni novi rječnik i novi pojmovi. Iako bez sumnje točna, rečenica "kisik je bio otkriven" vodi u pogrešnom smjeru, navodeći na pomisao da otkriće nečega predstavlja jedinstveni i jednostavni akt koji se može podvesti pod naš uobičajeni (ali isto tako upitni) način viđenja. To je razlog zašto mi tako spremno pretpostavljamo da bi otkrivanje, kao i viđenje ili dodir, trebalo biti takovo da se može nedvosmisleno pripisati nekom pojedincu i nekom trenutku u vremenu. Međutim, ovo drugo pripisivanje nikad nije moguće, a često niti ono prvo. Zanimajući Scheelea, mirno možemo reći da kisik nije bio otkriven prije 1774., a vjerojatno bismo mogli reći i da je otkriven oko 1777., ili neposredno poslije toga. Ali unutar tih i drugih njima sličnih granica, bilo kakav pokušaj utvrđivanja datuma otkrića nužno mora biti proizvoljan, budući da je otkriće nove vrste pojave nužno složen događaj, koji uključuje uviđanje *da nešto jest* i *što* to jest. Obratite pažnju na to, da kada bi na primjer kisik za nas bio deflogistirani zrak, mi bismo bez ustručavanja tvrdili da ga je otkrio Priestley, iako još uvijek ne bismo točno znali kada. Ali ako su promatranje i konceptualizacija, činjenica i njezino uklapanje u teoriju, nerazdvojno povezani u otkriću, ondaje otkriće proces i mora zahtijevati određeno

⁴ H. Metzger, *La philosophie de la matière chez Lavoisier*, Paris, 1935.; te Daumas, *op. cit.* poglavlje VII.

vrijeme. Samo kad bi sve relevantne pojmovne kategorije bile unaprijed pripremljene (a u tom slučaju ta pojava ne bi bila nove vrste) moglo bi se otkrivanje *da* i otkrivanje *što* desiti bez napora, zajedno i u trenutku.

Zamislimo sada da otkriće uključuje jedan prošireni, iako ne nužno i dugačak, proces konceptualističke asimilacije. Možemo li isto tako reći da taj proces uključuje i promjenu paradigme? Na to pitanje se zasad ne može dati nikakav općeniti odgovor, ali u ovom slučaju odgovor mora biti "da". Ono što je Lavoisier najavio u svojim člancima od 1777. i kasnije, nije bilo u toj mjeri otkriće kisika, koliko teorija sagorijevanja kisika. Taj teorija bila ključna za tako golemu preformulaciju kemije, da su je obično nazivali kemijskom revolucijom. Zaista, da otkriće kisika nije bilo sastavnim dijelom nastajanja jedne nove paradigme za kemiju, pitanje prioriteta od kojeg smo krenuli nikad ne bi izgledalo tako važno. U ovom, kao i u drugim slučajevima, vrijednost koja se pridaje nekoj novoj pojavi, pa prema tome i onome tko je tu pojavu otkrio, mijenja se usporedo s našom procjenom mjere u kojoj je određena pojava narušila očekivanja koja potječu iz paradigme. Primijetite, međutim, budući da će to biti važno kasnije, da otkriće kisika samo po sebi nije bilo uzrokom promjene u kemijskoj teoriji. Mnogo ranije nego što je odigrao bilo kakvu ulogu u otkrivanju novog plina, Lavoisier je bio uvjeren da nešto nije u redu s flogistonskom teorijom, te da tijela koja gore apsorbiraju neki dio atmosfere. To je on pribilježio i zapečaćenu bilješku deponirao kod tajnika Francuske akademije.⁵ Ono što je rad na kisiku učinio bilo je pružanje dosta dodatne forme i strukture Lavoisierovim ranijim slutnjama da nešto nije u redu. Rad mu je ukazao na nešto što je već bio spreman otkriti - prirodu one tvari koju sagorijevanje uklanja iz atmosfere. Ta rana svijest o poteškoćama mora daj je bila značajan dio onoga što je osposobilo Lavoisiera da u eksperimentima kao što su Priestleyevi vidi plin koji ni sam Priestley u njemu nije mogao vidjeti. Vrijedi i obrnuto: činjenica daje krupna izmjena paradigme bila potrebna da bi se vidjelo ono što je Lavoisier vidio, mora daj je bila glavni razlog

⁵ Najautoritativniji opis porijekla Lavoisierovog nezadovoljstva vidi u Henry Guerlac, *Lavoisier - The Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*, Ithaca, N.Y., 1961.

zbog kojeg Priestley do kraja svog dugog života nije bio u stanju vidjeti to.

Dva druga i znatno kraća primjera osnažit će mnogo od onoga što je sada rečeno, a istodobno će nas odvesti od razjašnjavanja prirode otkrića ka razumijevanju onih okolnosti pod kojima ta otkrića u znanosti nastaju. U naporu da se prikažu glavni načini nastajanja otkrića, ovi su primjeri izabrani tako da budu međusobno različiti, a i da se razlikuju od otkrića kisika. Prvi primjer, roentgenske zrake, klasičan su obrazac slučajnog otkrića, vrste otkrića koja se događa češće nego što bi nam različni standardi znanstvenog izvještavanja dopuštali da lako uvidimo. Priča počinje onoga dana kadje fizičar Roentgen prekinuo svoje normalno istraživanje katodnih zraka zbog toga što je primijetio da zaslon od barijevog platinocijanida na određenoj udaljenosti od njegovog zaštićenog uređaja isijava dokje proces pražnjenja u tijeku. Daljnja istraživanja, za koja je trebalo sedam napornih tjedana tijekom kojihje Roentgen rijetko izlazio iz laboratorija, ukazivala su na to da uzročnik isijavanja dolazi u u ravnim crtama iz katodne cijevi, da radijacija baca sjenu, daje se ne može skrenuti uz pomoć magneta i mnogo toga drugog. Prije nego što je objavio svoje otkriće Roentgen je sam sebe uvjerio da efekt ne zavisi o katodnim zrakama, već o nekom agensu koji ima bar neke sličnosti sa svjetlošću.⁶

Čak i ovako kratak pregled otkriva uočljive sličnosti s otkrićem kisika: prije nego stoje eksperimentirao s crvenim živinim oksidom Lavoisier je provodio eksperimente koji nisu doveli do onih rezultata koji su bili očekivani u okviru flogistonske paradigme; Roentgenovo otkriće počeloje uviđanjem da njegov zaklon isijava onda kada ne bi trebao. U oba slučaja percepcija nepravilnosti - to jest pojave za koju istraživača njegova paradigma nije bila pripremila - odigralo je bitnu ulogu u pripremanju puta za opažanje noviteta. Ali, ponovo u oba slučaja, opažanje da nešto nije u redu biloje samo uvod u otkriće. Ni kisik ni roentgenske zrake nisu nastali bez daljnjeg procesa eksperimentiranja i asimiliranja. U kojem trenutku Roentgenovih istraživanja, na primjer, možemo reći da su roentgenske zrake doista bile otkrivene? U svakom slučaju ne u prvom trenutku kadaje opaženo

⁶ L. W. Taylor, *Physiscs, the Pioneer Science*, Boston, 1941., str. 790-794; i T. W. Chalmers, *Historic Researches*, London, 1949., str. 218-219.

s samo isijavanje zaslona. Još je najmanje jedan istraživač vidio taj **sja**, ali - na svoju kasniju žalost - nije ništa otkrio.⁷ Također, gotovo **je** jednako jasno da se trenutak otkrića ne može pomaknuti do jedne . točke tijekom posljednjeg tjedna istraživanja, kad je Roentgen ispitivao svojstva nove radijacije koju je **već** otkrio. Možemo samo reći da su roentgenske zrake nastale u Wuerzburgu između 8. studenog i 28. prosinca 1895. godine.

U trećem području, međutim, postojanje značajnih usporednica između otkrića kisika i roentgenskih zraka, znatno je manje očito. Za razliku od otkrića kisika, nikakav očiti preokret u znanstvenoj teoriji nije za sobom povlačio otkrivanje roentgenskih zraka, bar ne tijekom cijelog kasnijeg desetljeća. U kojem se onda smislu može reći daje asimilacija tog otkrića nužno vodila promjeni paradigme? Razlog za poricanje takve promjene vrlo je jak. Paradigme kojima su se rukovodili Roentgen i njegovi suvremenici nedvojbeno nisu mogle biti upotrijebljene za predviđanje roentgenskih zraka. (Maxwellova elektromagnetska teorija nije još bila široko prihvaćena, a partikularna teorija katodnih zraka bila je samo jedna od nekoliko tekućih spekulacija). Ali, te paradigme, isto tako, nisu ni zabranjivale, bar ne u nekom očitom smislu, postojanje roentgenskih zraka, kao što je teorija flogistona zabranjivala Lavoisierovu interpretaciju Priestleyevog plina. Naprotiv, prihvaćena znanstvena teorija i praksa u 1895. godini dopuštale su određeni broj oblika radijacije - vidljive, infracrvene i ultraljubičaste. Zbog čega roentgenske zrake nisu mogle biti prihvaćene kao još jedan oblik više neke dobro poznate klase prirodnih pojava? Zbog čega oni, recimo, nisu bili prihvaćeni na isti način kao i otkriće jednog dodatnog kemijskog elementa. U Roentgenovo vrijeme još se tragalo i još su se pronalazili novi elementi za popunjavanje praznih mjesta u periodičkoj tablici elemenata. Traganje za njima bio je standardan projekt normalne znanosti, a uspjeh u tome samo prigoda za čestitke, ali ne i za iznenađenje.

Roentgenske zrake su, međutim, dočekane ne samo s iznenađenjem, već i sa zgranutošću. Lord Kelvin ih je u prvi tren proglasio razrađenom

⁷ E. T. Whittaker: *A History of Theories of Aether and Electricity*, 1, 2. izdanje, London, 1951., str 358, br. 1. Sir George Thomson me je obavijestio o drugom "bliskom" promašaju. Obrativši pažnju na neobjašnjivo zamagljene fotografske ploče, Sir William Crookes bio je također na tragu tog otkrića.

prijevarom.⁸ Iako nisu mogli sumnjati u dokaze, drugi su bili vidljivo preneraženi. Premda roentgenske zrake nisu bile zabranjene unutar ustanovljene teorije, oni su duboko zadirali u strogo kanalizirana očekivanja. Ta su očekivanja, po mom mišljenju, bila implicitna u zamisli i u interpretaciji ustanovljenih laboratorijskih procedura. Do devedesetih godina devetnaestog stoljeća oprema za katodno zračenje bilaje široko primijenjivana u brojnim laboratorijima u Europi. Ako je Roentgenov uređaj proizveo roentgenske zrake, onda je ijedan broj drugih eksperimentatora morao već neko vrijeme i ne znajući proizvoditi te zrake. Možda su te zrake, koje bi lako mogle imati i druge nepoznate izvore, bile uključene u pojave koje su se ranije objašnjavale bez pozivanja na njih. U najmanju ruku nekoliko vrsta odavno poznatih uređaja moralo je od tada biti zaštićeno olovom. Prethodno završeni rad na normalnim projektima morao se nakon toga obavljati ponovo, zato što su raniji znanstvenici propustili uvidjeti i kontrolirati jednu relevantnu varijablu. Roentgenske su zrake u svakom slučaju otvorile jedno novo područje i tako doprinijele onome što predstavlja potencijalno polje normalne znanosti. Međutim, one su isto tako, što je još važnije, unijele promjene u područja koja su već postojala. U tom procesu oni su paradigmatičkim tipovima instrumentacije osporili pravo na taj naslov.

Ukratko, svjesno ili ne, odluka da se neki poseban dio aparata upotrijebi i to na određeni način, nosi u sebi pretpostavku da će nastati samo određene vrste okolnosti. Očekivanja mogu biti instrumentalna i teorijska i ona su u znanstvenom razvoju igrala odlučujuću ulogu. Jedno takvo očekivanje, na primjer, jest dio priče o zakašnjoj otkriću kisika. Primjenjujući standardnu provjeru za "kakvoću zraka", Priestley i Lavoisier miješali su dva dijela svog plina s jednim dijelom dušičnog oksida, pomiješali s vodom i mjerili količinu preostalog plinovitog ostatka. Prethodno iskustvo iz kojeg se razvila ova standardna procedura uvjeralo ih je da će kod atmosferskog zraka biti jedan dio ostatka, dok će za svaki drugi plin taj ostatak biti veći. Kod eksperimenta s kisikom obojica su našla ostatak približno jednake veličine, pa su u skladu s tim identificirali plin. Tek znatno kasnije - a djelomično i sasvim

⁸ Silvanus P. Thompson, *The Life of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs*, London, 1910., II.

slučajno - Priestley je napustio standardnu proceduru i pokušao dušični oksid miješati sa svojim plinom u drugim omjerima. Tada je pronašao da sa učeterostručenom količinom dušičnog oksida nije bilo gotovo nikakvog ostatka. Njegovo vezivanje za originalnu proceduru provjeravanja - proceduru koja je bila potvrđena znatnim prethodnim iskustvom - predstavljalo je istodobno vezivanje za nepostojanje plinova koji se mogu ponašati onako kako se ponaša kisik.⁹

Ilustracije ove vrste mogu se umnožavati, na primjer, pozivanjem na zakašnjelu identifikaciju cijepanja urana. Jedan od razloga što se ta nuklearna reakcija pokazala naročito teškom za prepoznavanje bio je taj što su ljudi koji su znali što da očekuju pri bombardiranju urana izabrali kemijske provjere usmjerene uglavnom na elemente iz gornjeg dijela periodičke tablice.¹⁰ Bismo li trebali iz učestalosti s kojom se ova instrumentalna vezivanja pokazuju kao zavodeća na pogrešan put zaključiti da bi znanost trebala odbaciti standardne provjere i standardne instrumente? To bi dovelo do nezamislive metode istraživanja. Paradigmatičke procedure i primjene su znanosti isto toliko neophodne koliko i paradigmatički zakoni i teorije i imaju jednake posljedice. Oni neizbježno ograničavaju ono pojavno polje koje je, u bilo koje određeno vrijeme, dostupno znanstvenom istraživanju. Uviđajući sve to možemo istodobno sagledati bitan smisao u kojem takvo otkriće kao što je otkriće roentgenskih zraka promjenu

⁹ Conant, *op. cit.*, str. 18-20.

¹⁰ K.K. Darrow "Nuclear Fission", *Bell System Technical Journal*, XIX, 1940., str. 267-289. Jedan od dva glavna proizvoda cijepanja, kripton, izgleda da nije bio identificiran kemijskim sredstvima sve dok ta reakcija nije dobro shvaćena. Drugi proizvod, barij, gotovo je bio kemijski identificiran u kasnoj fazi istraživanja, jer je, zapravo, taj element morao biti dodan radioaktivnoj otopini da bi se nataložio onaj teški element za kojim su tragali nuklearni kemičari. Neuspjeh u izdvajanju dodanog barija iz radioaktivnog proizvoda na kraju je odveo - nakon što je ta reakcija skoro pet godina bila u više navrata istraživana - do slijedećeg izvještaja: "Kao kemičari trebali bismo - rukovođeni ovim istraživanjem - izmijeniti imena u prethodnoj (reakcijskoj) shemi, pa tako pisati Ba, La, Ce, umjesto Ra, Ac, Th. Ali, kao "nuklearni kemičari" koji su u bliskoj vezi s fizikom, ne možemo dovesti sebe do ovog skoka koji bi proturječio svom prethodnom iskustvu nuklearne fizike. Moguće je da niz čudnih slučajnosti učini naše rezultate varljivima". (Otto Hahn i Fritz Strassman, "Ueber den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle", *Die Naturwissenschaften*", XXVII, 1939., str. 15).

paradigme čini neizbježnom - pa prema tome promjenu kako u procedurama tako i u očekivanjima - za jedan poseban segment znanstvene zajednice. Možemo također uvidjeti kako je otkriće roentgenskih zraka izgledalo kao otvaranje čudesnog novog svijeta za mnoge znanstvenike i tako vrlo efikasno sudjelovalo u krizi koja je vodila ka fizici 20. stoljeća.

Naš posljednji primjer znanstvenog otkrića, primjer Leydenske boce, pripada vrsti koja se može opisati kao izvedena iz teorije. Ovaj termin u prvom trenutku može izgledati paradoksalnim. Dobar dio onoga što je do sada rečeno navodi na zaključak da otkrića koja su unaprijed bila predviđena u teoriji predstavljaju dijelove normalne znanosti i ne dovode ni do kakve *nove vrste* činjenica. Ranije sam, recimo, ukazivao na otkrića novih kemijskih elemenata tijekom druge polovine devetnaestog stoljeća, kao da nastaju na taj način iz normalne znanosti. Ali, nisu sve teorije paradigmatičke. Kako tijekom pre-paradigmatičkih razdoblja, tako i tijekom kriza koje vode u dalekosežne promjene paradigme, znanstvenici obično razvijaju mnoge spekulativne i nerazvijene teorije koje mogu ukazivati na put k otkriću. Često, međutim, to otkriće nije sasvim ono koje je bilo anticipirano od strane spekulativne i probne hipoteze. Samo onda, kada su eksperiment i probna teorija zajedno razvijeni u jednu cjelinu, javlja se otkriće, a teorija postaje paradigma.

Otkriće Leydenske boce ima sve ove osobine, kao i druge koje smo ranije opazili. Kad je započelo, za električna istraživanja nije postojala niti jedna jedina paradigma. Naprotiv, postojala je utakmica između jednog broja teorija koje su sve bile izvedene iz relativno pristupačnih pojava. Nijedna od njih nije uspijevala unijeti neki naročiti red u svu raznovrsnost električnih pojava. Taj neuspjeh predstavlja izvor onih nekoliko nepravilnosti koje su osigurale temelje za otkriće Leydenske boce. Jedna od "električarskih" škola koje su se međusobno natjecale smatrala je da je elektricitet fluid, a ta koncepcija vodila je određeni broj ljudi ka pokušaju da napune bocu tim fluidom držeći jednu vodom napunjenu staklenu epruvetu u svojim rukama i dovodeći tu vodu u dodir s provodnikom koji visi iz aktivnog elektrostatičkog generatora. U trenutku odmicanja boce od uređaja i dodirivanja vode (ili provodnika koji je s njom povezan) slobodnom

rukom, svakije od ovih istraživača iskusio jak udar. Ovi prvi eksperimenti, međutim, nisu donijeli "električarima" Leydensku bocu. Do te seje sprave došlo sporije i opetje nemoguće točno reći kadaje to otkriće završeno. Prvi pokušaji da se nakupi električni fluid uspjevali su samo stoga što su istraživači držali epruvetu u rukama stojeći istodobno na tlu. "Električari" su još morali naučiti da je ta boca zahtijevala vanjsku i unutarnju provodničku oblogu i da se zapravo fluid uopće ne skuplja u toj boci. Negdje tijekom istraživanja koja su im to pokazala i koja su ih upoznala s nekoliko drugih nepravilnih posljedica, pojavila se sprava zvana Leydenska boca. Štoviše, eksperimenti koji su vodili njenom nastajanju i od kojih je mnoge napravio Franklin, ujedno su bili i eksperimenti koji su doveli do toga daje postala nužna drastična revizija fluidne teorije i tako nam donijeli prvu potpunu paradigmu za elektricitet.¹¹

Karakteristike koje su u većoj ili manjoj mjeri zajedničke za sva tri gornja primjera (s obzirom na kontinuum od sasvim neočekivanog do anticipiranog rezultata), karakteristike su svih otkrića iz kojih se javljaju nove pojave. Te karakteristike uključuju: prethodnu svijest o nepravilnosti, postupno i simultano nastajanje kako promatračkog, tako i pojmovnog uviđanja, kao i odgovarajuću promjenu paradigmatičkih kategorija i procedura, što je često popraćeno otporom. Postoje dokazi da su ove iste karakteristike ugrađene u prirodu samog opažajnog procesa. U jednom psihološkom eksperimentu, koji zaslužuje da bude daleko bolje poznat i izvan ove struke, Bruner i Postman tražili su od subjekata eksperimenta da poslije kratkog i kontroliranog pokazivanja identificiraju seriju karata za igru. Većina karata bila je uobičajena, dok su neke bile napravljene nepravilno, npr. crvena šestica pik ili crna četvorka herc. Svaki se eksperimentalni niz sastojao od izlaganja jedne karte jednom subjektu u seriji postupno povećanih ekspozicija. Poslije svake takve ekspozicije subjekt je upitan stoji li vidi, a niz je završavao s dvije uzastopne točne identifikacije.¹²

¹¹ Za različite stupnjeve u razvoju Leydenske boce vidi 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., str. 385-386, 400-406, 432-467, 506-507. Posljednji stupanj opisao je Whittaker, str. 50-52.

¹² J. S. Bruner i Leo Postman "On the Perception of Incongruity: A Paradigm", *Journal of Personality*, XVIII, 1949., str. 206-232.

Čak i pri najkraćim ekspozicijama mnogi su subjekti identificirali većinu karata, a poslije malog povećanja ekspozicija svi su subjekti identificirali sve karte. Za normalne karte te su identifikacije obično bile točne, dok su nepravilne karte gotovo uvijek bile identificirane - bez nekog vidljivog oklijevanja ili zbunjenosti - kao da su normalne. Crna četvorka herc mogla je, recimo, biti identificirana kao četvorka ili pik ili herc. Bez ikakve svijesti o tome da nešto ipak nije kako valja, ona je odmah uklopljena u jednu od pojmovnih kategorija pripremljenih tijekom prethodnog iskustva. Ne želimo reći čak niti da su subjekti vidjeli nešto drugo a ne ono što su identificirali. S daljnjim povećanjem ekspozicije kod nepravilnih karata subjekti su počeli oklijevati i pokazivati svijest o nepravilnosti. Izloženi, recimo, crvenoj šestici pik, neki su rekli: to je šestica pik, ali s njom nešto nije u redu - crna boja ima crveni obrub. Daljnje povećavanje ekspozicije dovelo bi do još većeg oklijevanja i zbunjenosti dok, konačno, i to ponekad sasvim iznenada, većina subjekata ne bi došla do točne identifikacije bez oklijevanja. Štoviše, nakon što bi to učinili s dvije ili tri karte, nije više bilo mnogo poteškoća s drugima. Nekoliko subjekata, međutim, nikako nije bilo u stanju izvršiti potrebno prilagođavanje svojih kategorija. Čak i pri četrdeset puta većoj ekspoziciji od prosječne koja je potrebna za prepoznavanje normalnih karata više od 10% nepravilnih karata nije bilo točno identificirano. Subjekti koji su i tada pravili pogreške, često su pokazivali akutnu nelagodu. Jedan od njih je uzviknuo: "Ne mogu je odrediti, bez obzira koja bila. Tog puta uopće nije niti izgledala kao karta. Ne znam sada koje je boje i je li pik ili herc. Sada više čak nisam siguran niti kako pik izgleda. O Bože!"¹³

Bilo kao metafora ili zato što odražava prirodu duha, ovaj psihološki eksperiment pruža izvanredno jednostavnu i uvjerljivu shemu za proces znanstvenog otkrića. U znanosti, kao i kod eksperimenata s igračim kartama, noviteti se pojavljuju samo uz poteškoće koje se opažaju kao otpor koji počiva na podlozi koju stvara očekivanje. U prvi tren doživljava se samo ono što je anticipirano i uobičajeno čak i u onim okolnostima gdje će kasnije biti primijećena nepravilnost. Bliže upo-

¹³ *Ibid.*, str. 218. Moj kolega Postman kaže mi da je za njega, iako je unaprijed znao sve o tom aparatu i o izlaganju karata, gledanje tih neodgovarajućih karata bilo doista neugodno.

znanje, međutim, kasnije dovodi do svijesti da nešto nije u redu ili povezuje posljedicu s nečim što ranije nije krenulo kako treba. Svijest o nepravilnosti otvara razdoblje u kojem se pojmovne kategorije prilagođavaju sve dok ono što je prvobitno izgledalo nepravilno ne postane anticipirano. U tom trenutku otkriće je završeno. Već sam inzistirao na tome da je ovaj, ili neki vrlo sličan proces uključen u nastajanje svih fundamentalnih znanstvenih noviteta. A sada bih ukazao na to da, ako priznamo taj proces, možemo konačno početi sagledavati zašto bi normalna znanost, traganje koje nije usmjereno ka novitetima i koje ih u početku pokušava potisnuti, ipak trebala biti tako djelotvorna u izazivanju njihovog nastajanja.

Obično se u razvoju bilo koje znanosti za prvu primljenu paradigmu smatra da može sasvim uspješno objasniti većinu promatranja i eksperimenata koji su lako dostupni praktičarima te znanosti. Daljnji razvoj, prema tome, obično traži izgradnju razrađene opreme, razvoj ezoteričkog rječnika i vještina, kao i takvo glačanje pojmova koje postupno smanjuje sličnost tih pojmova s njihovim zdravorazumskim prototipovima. Takva profesionalizacija, s jedne strane, vodi ogromnim ograničenjima znanstvenikove vizije i prilično velikom otporu promjeni paradigme. Znanost postaje sve kruća. S druge pak strane, u okvirima onih područja na koja paradigma usmjerava pažnju određene skupine, normalna znanost vodi k detaljnoj razradi informacije i preciznosti odgovaranja promatračke teorije, što se ne može postići ni na koji drugi način. Štoviše, takva detaljnost i preciznost odgovaranja imaju vrijednost koja nadilazi njihovu ne uvijek osobito visoku unutarnju zanimljivost. Bez posebnog aparata, konstruiranog uglavnom za anticipirane funkcije, ne može se doći do onih rezultata koji nužno vode k novitetu. Čak i onda kada taj aparat postoji, novitet se obično pojavljuje samo za onog čovjeka koji je, znajući *precizno* što treba očekivati, sposoban priznati da je nešto krenulo loše. Nepravilnost se javlja samo u odnosu na pozadinu koju pruža paradigma. Što je ta paradigma preciznija i dalekosežnija, to nam daje osjetljiviji pokazivač nepravilnosti, a time i prigodu za promjenu paradigme. Kod normalnog otkrića, čak i otpor promjeni ima svoju ulogu koja će biti potpunije ispitana u slijedećem poglavlju. Osiguravajući da se određena paradigma ne preda tako lako, otpor garantira da se znanstvenici neće

tako lako zbuniti, te da će određene nepravilnosti koje vode ka promjeni paradigme do srži prožeti postojeće znanje. Sama činjenica da se značajna znanstvena novost tako često pojavljuje iz nekoliko laboratorija pokazuje strogo tradicionalnu prirodu normalne znanosti, ali i cjelovitost s kojom to tradicionalno traganje priprema put za vlastitu promjenu.

KRIZA I NASTAJANJE ZNANSTVENIH TEORIJA

Sva otkrića koja su razmatrana u poglavlju VI uzrokovala su ili doprinosila promjeni paradigme. Povrh toga, one promjene u koje su ova otkrića bila utkana bile su i destruktivne i konstruktivne. Nakon što je otkriće usvojeno, znanstvenici su bili u mogućnosti pružiti objašnjenje za šire područje prirodnih pojava ili neke već poznate pojave objasniti s većom preciznošću. Ali, taj dobitak postignut je samo uz odbacivanje nekih do tada standardnih uvjerenja ili procedura i - istodobno - zamjenjivanjem tih sastavnih dijelova ranije paradigme drugima. Pomaci ove vrste - tvrdim - povezani su sa svim otkrićima koja su postignuta normalnom znanošću, sjedinim izuzetkom onih koja nisu bila iznenađujuća i koja su bila anticipirana u svemu osim u detaljima. Otkrića, međutim, nisu jedini izvori ovih destruktivno-konstruktivnih promjena paradigmi. U ovom poglavlju početak ćemo razmatrati slične, ali obično mnogo veće pomake koji nastaju kao ishod izuma novih teorija.

Budući da smo već dokazali da činjenica i teorija, otkriće i izum, nisu u znanostima kategorički i zauvijek različiti, možemo predvidjeti preklapanje između ovog poglavlja i posljednjeg poglavlja. (Nemoguća sugestija da je Priestley prvi otkrio kisik, a da gaje Lavoisier tada izumio, ima određenu privlačnost. S kisikom smo se već sreli kao s otkrićem, a uskoro ćemo ga ponovo sresti kao izum). Baveći se nastajanjem novih teorija, nužno ćemo proširiti naše razumijevanje otkrića. Međutim, preklapanje ipak ne znači istovjetnost. Vrste otkrića koje su razmatrane u prethodnom poglavlju nisu bile odgovorne - barem ne pojedinačno - za takve pomake paradigme kao što su kopernikanske, newtonovske, kemijske ili einsteinovske revolucije.

One isto tako nisu odgovorne - zbog svoje ekskluzivnije profesionalnosti - za manje promjene paradigmi koje su izazvale valna teorija svjetlosti, dinamička teorija topline ili Maxwellova elektromagnetska teorija. Kako ovakve teorije mogu nastati iz normalne znanosti, aktivnosti koja je još manje usmjerena ka traganju za takvim teorijama, nego što je usmjerena ka otkrićima?

Ako svijest o nepravilnosti igra ulogu u nastajanju novih vrsta pojava, nikoga ne bi trebalo iznenaditi da jedna slična, ali puno dublja svijest, predstavlja preduvjet za sve prihvatljive promjene teorije. U ovome je povijest, mislim, sasvim nedvosmislena. Prije Kopernikove objave, stanje ptolomejske astronomije bilo je skandalozno.¹

Galileovi doprinosi proučavanju kretanja bili su u bliskoj zavisnosti o teškoćama koje su sholastički kritičari otkrili u Aristotelovoj teoriji.² Newtonova teorija svjetlosti i boje vuče porijeklo iz otkrića da niti jedna od postojećih pre-paradigmatičkih teorija nije u stanju objasniti duljinu spektra, a valna teorija koja je zamijenila Newtonovu, bila je najavljena usred rastuće brige oko nepravilnosti kadaje riječ o odnosu efekata difrakcije i polarizacije u Newtonovoj teoriji.³ Termodinamika je rođena u sudaru dviju postojećih fizičkih teorija devetnaestog stoljeća, a kvantna mehanika iz čitavog skupa različitih poteškoća koje su okruživale zračenje crnog tijela, specifičnu toplinu i fotoelektrički efekt.⁴ Štoviše, u svim ovim slučajevima, s izuzetkom Newtonovog, svijest o nepravilnosti trajala je tako dugo i prodrla tako duboko daje područja koja su se našla pod njezinim utjecajem opravdano bilo nazvati

¹ A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500-1800*, London, 1954., str. 16.

² Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, Wis., 1959., dio II-III. Koyré izlaže određeni broj srednjovjekovnih elemenata u Galilejevom mišljenju u svom djelu *Etudes Galiléennes*, Paris, 1939., posebno vol. I.

³ Za Newtona vidi T. S. Kuhn "Newton's Optical Papers" u *Isaac Newton's Papers and Letters in Natural Philosophy*, ur. I. B. Cohen, Cambridge, Mass., 1958., str. 27-45. Za uvod u valnu teoriju vidi E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I, drugo izdanje, London 1951., str. 94-109; te W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, rev. izd., London, 1847., II, str. 396-466.

⁴ Za termodinamiku vidi Silvanus P. Thompson *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*, London, 1910., I, str. 266-281. Za kvantnu teoriju vidi Fritz Reiche, *The Quantum Theory*, prev. H. S. Hatfield i H. L. Brose, London, 1922., poglavlja I-II.

područjima koja su u stanju rastuće krize. S obzirom na to da zahtijeva uništavanje paradigme velikih razmjera, kao i krupne pomake u problemima i tehnikama normalne znanosti, nastajanju novih teorija, općenito uzevši, prethodi razdoblje otvorene stručne nesigurnosti. Kako se može i očekivati, ta nesigurnost stvara se zbog toga što zagonetke normalne znanosti nikako ne nalaze odgovarajuća rješenja. Nedostatnost postojećih pravila uvod je u traganje za novim.

Pogledajmo prvo jedan posebno dobro poznati slučaj promjene paradigme - nastajanje kopernikanske astronomije. Kad je njezin prethodnik, ptolomejski sustav, prvi put razvijen tijekom posljednja dva stoljeća prije nove ere i prva dva stoljeća nove ere, bio je zavidljivo uspješan u predviđanju mijenjanja položaja zvijezda i planeta. Nijedan se drugi antički sustav nije bio pokazao tako dobrim; za zvijezde se ptolomejska astronomija i danas široko koristi kao inženjerska aproksimacija; za planete su Ptolomejeva predviđanja bila jednako tako dobra kao Kopernikova. Ali, kad govorimo o znanstvenoj teoriji, biti zavidljivo uspješan nikad ne znači biti sasvim uspješan. Kako u smislu planetarnih položaja tako i u smislu preciznosti ravnodnevnica, predviđanja učinjena ptolomejevim sustavom nisu nikad bila sasvim usklađena s najboljim promatranjima koja su bila na raspolaganju. Daljnje smanjivanje tih malih raskoraka činilo je veliki broj temeljnih problema normalnog astronomskog istraživanja za mnoge Ptolomejeve sljedbenike, kao što je sličan pokušaj da se povezu nebeska promatranja i newtonovska teorija predstavljao normalne istraživačke probleme za Newtonove sljedbenike osamnaestog stoljeća. Astronomi su neko vrijeme imali sve razloge za pretpostavku da će ti pokušaji biti isto toliko uspješni kao i oni koji su vodili k Ptolomejevom sustavu. Suočeni s konkretnim odstupanjem, astronomi su ga uvijek uspijevali eliminirati, čineći neko posebno prilagođavanje ptolomejevom sustavu spojenih krugova. Međutim, kako je vrijeme odmicalo, netko koga zanima čisti rezultat normalnog istraživačkog napora velikog broja astronoma, mogao je primijetiti da se složenost astronomije povećava daleko brže nego njezina točnost i da postoji tendencija da se odstupanje ispravljeno najednom mjestu pojavi na drugom.⁵

⁵ J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2. izdanje, New York, 1953., poglavlja XI-XII.

Budući daje astronomska tradicija bila u više navrata prekidana izvana i budući da je - u nedostatku tiskane riječi - komunikacija između astronoma bila ograničena, ove su teškoće sporo prepoznavane. Ali, svijest o tome ipak se pojavila. U trinaestom je stoljeću tako Alfonso X mogao izjaviti da bi Bog - da se pri stvaranju svemira posavjetovao s njim - bio dobio dobar savjet. U šesnaestom je stoljeću Kopernikov suradnik Domenico da Novara smatrao da tako nezgrapno i netočan sustav kakav je postao ptolomejski, ni u kojem slučaju ne može govoriti istinu o prirodi. A sam Kopernik pisao je u predgovoru svojoj knjizi *De Revolutionibus* da je astronomska tradicija koju je naslijedio na kraju stvorila pravo čudovište. Već u ranom šesnaestom stoljeću sve veći broj najboljih europskih astronoma uviđao je da astronomska paradigma podbacuje u primjeni na vlastite tradicionalne probleme. Taj je uvid bio preduvjet za Kopernikovo odbacivanje ptolomejske i traganje za novom paradigmom. Njegov glasoviti predgovor još nam uvijek pruža primjer klasičnog opisa kriznog stanja.⁶

Slom normalne tehničke aktivnosti rješavanja zagonetke nije, naravno, jedini sastojak astronomske krize s kojom se suočio Kopernik. Opsežnije razmatranje uzelo bi u obzir također pritisak društva za reformu kalendara, pritisak koji je zagonetku precesije unaprijed učinio posebno aktualnom. Osim toga, potpuniji prikaz razmatrao bi srednjovjekovnu kritiku Aristotela, nastanak renesansnog neoplatonizma, kao i neke druge značajne povijesne elemente. Ali, tehnički slom ostao bi i nadalje bit krize. U zreloj znanosti - a astronomija je to postala u antičko doba - vanjski faktori poput već spomenutih od najvećeg su značaja prigodom određivanja vremena kada je do sloma došlo, lakoće prepoznavanja sloma, kao i područja u kojem se prvi put dogodio (budući da mu se poklanja posebna pažnja). Iako izvanredno važna, pitanja te vrste nadilaze granice ovoga ogleđa.

Ako je sve ovo jasno u slučaju kopernikanske revolucije, okrenimo se drugom, u priličnoj mjeri drugačijem primjeru, krizi koja je prethodila nastajanju Lavoisierove kisikove teorije sagorijevanja. U sedamdesetim godinama osamnaestog stoljeća mnogi su se faktori isprepleli i prouzrokovali krizu u kemiji, a povjesničari se ne slažu u potpunosti niti

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

oko njihove prirode, niti oko njihove relativne važnosti. Ali, dva su faktora općenito prihvaćena kao faktori od prvorazrednog značaja: nastanak pneumatske kemije, kao i pitanje težinskih odnosa. Povijest prvog faktora počinje u sedamnaestom stoljeću s razvojem zračne pumpe i širenjem njene primjene u kemijskom eksperimentiranju. Tijekom slijedećeg stoljeća, primjenjujući tu pumpu i određeni broj drugih pneumatskih uređaja, kemičari su sve više uviđali da zrak mora daje aktivan sastojak u kemijskim reakcijama. Međutim, osim nekoliko izuzetaka - tako neodređenih da ih možda uopće ne bi trebalo ubrojiti u izuzetke - kemičari su nastavili vjerovati daje zrak jedina vrsta plina. Do 1756. godine, kada je Joseph Black pokazao da se vezani zrak (CO_2) može jasno razlikovati od normalnog zraka, smatralo se da se ta dva uzorka zraka razlikuju samo po stupnju svoje nečistoće.⁷

Poslije Blackova rada, istraživanje plinova napredovalo je velikom brzinom, posebno u rukama Cavendisha, Priestleya i Scheelea, koji su svi zajedno razvili određeni broj novih tehnika koje su omogućavale razlikovanje jednog plina od drugog. Svi oni, od Blacka do Scheelea, vjerovali su u teoriju flogistona i često su se na nju pozivali u planiranju i interpretaciji eksperimenata. Scheele je zapravo prvi proizveo kisik razrađenim nizom eksperimenata zamišljenih da deflogistiraju toplinu. Međutim, rezultat njihovih pokusa bili su različiti uzorci plinova i njihovih osobina koje su bile do te mjere razrađene da se flogistonska teorija pokazivala sve nesposobnijom da drži korak s laboratorijskim iskustvom. Iako niti jedan od kemičara nije sugerirao da bi tu teoriju trebalo zamijeniti, nisu bili u stanju dosljednije primjenjivati. Do onog vremena kad je Lavoisier započeo sa svojim pokusima sa zrakom u ranim sedamdesetim godinama osamnaestog stoljeća, bilo je gotovo isto onoliko verzija teorije flogistona koliko i pneumatskih kemičara.⁸ Takva proliferacija verzija neke teorije vrlo je uobičajen simptom krize. U svom predgovoru Kopernik se također žalio na to.

⁷ J.R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 2. izdanje, London, 1951., str. 48-51, 73-85, 90-120.

⁸ Iako se bave nešto kasnijim razdobljem, dosta relevantnog materijala razasuto je u J. R. Partington i Douglas McKie's "Historical Studies on the Phlogiston Theory", *Annals of Science*, II, 1937., str. 361-404; III, 1938., str. 1-58, 337-371; i IV, 1939., str. 337-371.

Sve veća neodređenost i sve manja korisnost teorije flogistona nisu, međutim, za pneumatsku kemiju bili jedini izvor krize s kojom se suočio Lavoisier. On je isto tako bio vrlo zainteresiran da objasni dobitak na težini koji doživljava većina tijela pri sagorijevanju ili žarenju, a to je također problem s duljom pretpoviješću. Barem nekoliko islamskih kemičara znalo je da neki metali dobivaju na težini kada ih se izlaže vatri. U sedamnaestom stoljeću nekolicina istraživača zaključila je iz ove iste činjenice da užareni metal uzima neki sastojak iz atmosfere. Ali, u sedamnaestom je stoljeću taj zaključak većini kemičara izgledao nepotrebnim. Ako kemijske reakcije mogu promijeniti zapreminu, boju i kakvoću sastojaka, zašto ne bi promijenile i težinu? Težina nije uvijek smatrana mjerilom količine tvari. Osim toga, dobivanje na težini pri žarenju ostalo je izdvojenom pojavom. Većina prirodnih tijela (npr. drvo) žarenjem gubi na težini, kao što je kasnije flogistonska teorija govorila da i treba biti.

Tijekom osamnaestog stoljeća, međutim, ove prvotno prikladne reakcije na problem dobivanja na težini bilo je sve teže održati. Djelomično stoga **što je** vaga sve više upotrebljavana kao standardno sredstvo u kemiji, a djelomično zato **što je** razvoj pneumatske kemije učinio mogućim i poželjnim zadržati plinovite proizvode nastale u reakcijama, kemičari su otkrili sve više slučajeva u kojima je dobivanje na težini pratilo žarenje. Istodobno, postupno prihvaćanje Newtonove teorije gravitacije navelo je kemičare da inzistiraju na tome da dobitak na težini mora značiti i dobitak u količini tvari. Takvi zaključci nisu doveli do odbacivanja teorije flogistona, budući da se tu teoriju moglo prilagoditi na mnogo načina. Možda je flogiston imao negativnu težinu ili su možda čestice vatre ili nečeg drugog ušle u užareno tijelo kada gaje flogiston napustio. Osim ovih, bilo je i drugih objašnjenja. No, ako problem dobivanja na težini nije vodio odbacivanju, on je vodio sve većem broju specijalnih studija u kojima je taj problem dobio velike razmjere. Jedna od njih "O flogistonu kao tvari s težinom, analiziranom u terminima promjena težine koje izaziva u tijelima s kojima se sjedinjuje", u Francuskoj akademiji pročitana je početkom 1772. godine, godine koja je završila Lavoisierovim upućivanjem glasovite zapečaćene bilješke tajniku Akademije. Prije nego što je ta bilješka napisana, jedan problem koji je već više godina bio na rubu

svijesti ovog kemičara postao je značajna neriješena zagonetka.⁹ Mnogo različitih verzija teorije flogistona bilo je razrađeno da bi se ta zagonetka riješila. Kao i problemi pneumatičke kemije, ovi problemi dobivanja na težini učinili su objašnjenje teorije flogistona sve zamršenijim. Iako joj se još uvijek vjerovalo i oslanjalo na nju kao na radno sredstvo, paradigma kemije osamnaestog stoljeća postupno je gubila svoj jedinstveni status. Istraživanje koje je bilo vođeno tom paradigmom sve je više nalikovalo na ono koje je obavljano u vrijeme kad su vladale škole koje su se međusobno natjecale u preparadigmatičkom razdoblju, a to je još jedan od tipičnih efekata krize.

Razmotrimo sada, kao treći i konačni primjer, krizu u fizici krajem devetnaestog stoljeća koja je pripremila put za pojavu teorije relativnosti. Jedan od korijena te krize može se slijediti sve do kasnog sedamnaestog stoljeća, kad je određen broj prirodnih filozofa, u prvom redu Leibniz, kritizirao Newtonovo zadržavanje osuvremenjene verzije klasične koncepcije apsolutnog prostora.¹⁰ Oni su gotovo uspjeli - iako nikad potpuno - dokazati da su apsolutni položaji i apsolutna kretanja bez funkcije u Newtonovom sustavu; uspjeli su ukazati na značajnu estetsku privlačnost koju će kasnije iskazati potpuno nova relativistička koncepcija prostora i kretanja. Ali, njihova je kritika bila isključivo logička. Kao i rani kopernikanci koji su kritizirali Aristotelove dokaze zemaljske stabilnosti, nisu ni sanjali da prelazak na relativistički sustav može imati posljedice koje se mogu promatrati. Ni u jednoj točki nisu svoja stajališta povezivali s bilo kojim problemom koji je nastao primjenom newtonovske teorije na prirodu. Zbog toga su njihova stajališta umrla zajedno s njima tijekom prvih desetljeća osamnaestog stoljeća, da bi ponovo oživjela tek u posljednjim desetljećima devetnaestog stoljeća, kad je vladao sasvim drugačiji odnos prema bavljenju fizikom.

Tehnički problemi s kojima je relativistička filozofija prostora bila prvotno povezana počeli su ulaziti u normalnu znanost s prihvaćanjem valne teorije svjetlosti otprilike poslije 1815. godine, iako do 1890.

⁹ H. Guerlac, *Lavoisier - the Crucial Year*, Ithaca, N.Y., 1961. Cijela ova knjiga dokumentira razvoj i prvo priznavanje krize. Za objašnjenje situacije oko Lavoisiera vidi str. 35.

¹⁰ Max Jammer, *Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics*, Cambridge, Mass., 1954., str. 114-124.

godine nisu izazvali nikakvu krizu. Ako je svjetlost valno kretanje u mehaničkom eteru u kojem vladaju Newtonovi zakoni, onda i nebesko promatranje i zemaljski eksperiment postaju potencijalno sposobni otkriti strujanje kroz eter. Od nebeskih promatranja samo su ona s otklonom obećavala dovoljnu točnost da bi pružila relevantnu informaciju, pa je stoga otkrivanje strujanja u eteru uz pomoć mjerenja otklona postalo priznati problem normalne znanosti. Mnogo je posebne opreme izrađeno da bi se riješio taj problem. Ta oprema međutim nije otkrila nikakvo strujanje koje bi se moglo opaziti, paje zbog toga problem prebačen od eksperimentatora i promatrača ka teoretičarima. Tijekom središnjih desetljeća tog stoljeća Fresnel, Stokes i drugi na brojne su načine artikulirali teorije etera s ciljem objašnjenja neuspjeha da se opazi strujanje. Svaka od ovih artikulacija pretpostavljala je da tijelo koje se kreće povlači za sobom djelić etera i svakako je bila dovoljno uspješna u objašnjavanju negativnih rezultata ne samo nebeskih promatranja već i zemaljskog eksperimentiranja, uključujući glasoviti eksperiment Michelsona i Morleya.¹¹ Sukoba još nije bilo, osim onoga između različitih artikulacija. Budući da nije bilo relevantne eksperimentalne tehnike, taj sukob nikada nije postao akutan.

Situacija se ponovo promijenila tek postupnim prihvaćanjem Maxwellove elektromagnetske teorije tijekom posljednjih desetljeća devetnaestog stoljeća. Sam Maxwell bio je newtonovac koji je vjerovao da svjetlost i elektromagnetizam uopće ne potječu od različitog pomicanja čestica mehaničkog etera. Njegove najranije verzije teorije elektriciteta i magnetizira neposredno su koristile hipotetička svojstva koja je sam pripisao ovom mediju. To je kasnije otpalo iz konačne verzije, ali je Maxwell još uvijek vjerovao da je njegova elektromagnetska teorija spojiva s nekom artikulacijom newtonovskog mehaničkog pristupa.¹² Razvijanje prikladne artikulacije predstavljalo je izazov za njega tako i za njegove sljedbenike. U praksi, međutim, kao što se uvijek iznova ponavljalo u znanstvenom razvoju, pokazalo se da je iznimno teško doći do tražene artikulacije. Isto kao što je Kopernikov

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

¹² R. T. Glazebrook, *James Clerk Maxwell and Modern Physics*, London, 1986., pog. IX. Za Maxwellov konačni pristup vidi njegovu vlastitu knjigu *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3. izdanje, Oxford, 1982., str. 470.

astronomski prijedlog, usprkos optimizmu svog autora, stvorio stanje pojačane krize postojećih teorija kretanja, tako je i Maxwellova teorija, usprkos svom newtonovskom porijeklu, na kraju stvorila krizu one paradigme iz koje je potekla.¹³ Štoviše, mjesto na kojemu je ta kriza postala najakutnijom otvorili su oni problemi koje smo upravo razmatrali, problemi kretanja u odnosu na eter.

Maxwellova rasprava elektromagnetskog ponašanja tijela u kretanju nije se pozivala na povlačenje etera, a pokazalo se da je takvo povlačenje teško uvesti u njegovu teoriju. Stoga su cijele serije ranijih promatranja zamišljenih da bi otkrile pomicanje u eteru, postale manjkave. U godinama nakon 1890. izvedena je dugačka serija pokušaja, eksperimentalnih i teorijskih, s ciljem otkrivanja kretanja u odnosu na eter i ugradnje povlačenja etera u Maxwellovu teoriju. Prvo je bilo potpuno neuspješno, iako su neki analitičari mislili da su njihovi rezultati dvosmisleni. Drugo je dovelo do određenog broja početnih rezultata koji su obećavali, posebno oni Lorentzovi i Fitzgeraldovi, ali su oni isto tako doveli do novih zagonetki i tako konačno rezultirali u takvoj proliferaciji međusobno konkurentskih teorija za koju smo već ustvrdili da prati krizu.¹⁴ U takvim povijesnim okolnostima, godine 1905., nastala je Einsteinova posebna teorija relativnosti.

Ova su tri primjera gotovo posve tipična. U svakom od ovih slučajeva teorija je nastajala samo poslije proglašenog neuspjeha u normalnoj aktivnosti rješavanja problema. Štoviše, takav slom i proliferacija teorija koja je njegov znak, dogodili su se, izuzev Kopernikovog slučaja u kojem su faktori izvan znanosti igrali posebno veliku ulogu, ne više od jednog ili dva desetljeća prije proglašenja nove teorije. Čini se kao da je nova teorija izravan odgovor na krizu. Primijetimo, također, iako to ne mora biti baš sasvim tipično, da su svi problemi zbog kojih je došlo do sloma, bili one vrste koja je već dugo bila priznata. Ranija praksa normalne znanosti pružala je sve razloge da se ti problemi smatraju riješenima ili pred samim rješenjem, što pomaže u objašnjenju zasto je osjećaj neuspjeha, kada se pojavio, mogao biti tako akutan. Neuspjeh s novom vrstom problema često donosi razočaranje, ali nikada iznenađenje. Konačno, ovi primjeri dijele još jednu

¹³ Za ulogu astronomije u razvoju mehanike vidi Kuhn, *op. cit.*, poglavlje VII.

¹⁴ Whittaker, *op. cit.*, I str. 386-410; i II, London, 1953., str. 27-40.

karakteristiku koja može pomoći da uloga krize bude impresivnija: rješenje svakog od njih bilo je barem djelomično anticipirano tijekom razdoblja kada nije bilo krize u određenoj znanosti: u odsutnosti krize te anticipacije bile su ignorirane.

Jedina potpuna anticipacija ujedno je i najglasovitija, a to je Aristarhova anticipacija Kopernika u trećem stoljeću prije nove ere. Često se kaže da je grčka znanost bila manje deduktivna i manje dogmatička, te daje heliocentrična astronomija mogla započeti svoj razvoj osamnaest stoljeća prije nego što se doista dogodilo.¹⁵ Ali, to znači zanemarivanje cijelog povijesnog konteksta. Kada je Aristarhova sugestija objavljena, mnogo razumniji geocentrični sustav nije imao nikakvih potreba za koje bi se moglo zamisliti da bi ih heliocentrični sustav mogao ispuniti. Sav razvoj ptolomejske astronomije, njezine pobjede i porazi, pada u stoljeća nakon Aristarhovog prijedloga. Osim toga, nije bilo nikakvih očitih razloga zbog kojih bi se Aristarha ozbiljno shvatilo. Čak i Kopernikov razrađeniji prijedlog nije bio niti jednostavniji niti točniji od Ptolomejevog sustava. Promatračke provjere koje su bile na raspolaganju, što ćemo vidjeti u nastavku, nisu pružale nikakve temelje za izbor između sustava. Pod takvim okolnostima jedan od faktora koji je odveo astronome Koperniku (a koji ih nije mogao odvesti Aristarhu) bila je ona priznata kriza koja se u prvom redu može smatrati odgovornom za inovaciju. Ptolomejska astronomija nije uspjela riješiti probleme te krize: došlo je vrijeme da se pruži prilika konkurentu. Naša druga dva primjera ne pružaju niti približno tako potpune anticipacije. Ali, jedan od razloga zašto se na teorije izgaranja apsorpcijom iz atmosfere - teorijama koje su u sedamnaestom stoljeću razvili Rey, Hooke i Mayow - nije obraćala dovoljna pažnja bio je sigurno taj što one nisu postigle nikakav doticaj s priznatom spornom točkom u normalno-znanstvenoj praksi.¹⁶ Isto tako, dugo zanemarivanje Newtonovih relativističkih kritičara od strane znanstvenika osamnaestog i devetnaestog stoljeća mora da je velikim dijelom potjecalo iz sličnog propusta u suočavanju.

¹⁵ Za Aristarhovo djelo vidi T. L. Heath, *Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus*, Oxford, 1913, II dio. Za ekstremnu formulaciju tradicionalnog stava o zanemarivanju Aristarhovog dostignuća vidi Arthur Koestler, *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*, London, 1959., str. 50.

¹⁶ Partington, *op. cit.* str. 78-85.

Filozofi znanosti više su puta dokazali da se najedan zadani zbir podataka može uvijek postaviti više od jedne teorijske konstrukcije. Povijest znanosti ukazuje na to da takve zamjene nije čak niti teško smisliti, posebno u ranim razvojnim fazama paradigme. Međutim to smišljanje zamjena upravo je ono što znanstvenici rijetko poduzimaju, osim tijekom pre-paradigmatičkog stupnja razvoja njihove znanosti i u vrlo posebnim prigodama tijekom njezine daljnje evolucije. Sve dok su instrumenti koje nam neka paradigma daje sposobni riješiti probleme koje ta paradigma definira, znanost se kreće najbržim tempom i prodire najdublje samouvjerenom primjenom tih instrumenata. Razlog je jasan. Kako u proizvodnji, tako i u znanosti: mijenjanje instrumenata predstavlja takvu ekstravaganciju, daje valja rezervirati za prigodu u kojoj će biti nužno. Značaj kriza sastoji se u tome što one ukazuju na to daje došlo do prigode za izmjenu instrumenata.

VIII

ODGOVOR NA KRIZU

Pretpostavimo dakle da su krize nužan prethodni uvjet za nastajanje novih teorija, a potom se zapitajmo kako znanstvenici reagiraju na postojanje tih kriza. Dio tog odgovora, jednako očit koliko i važan, može se otkriti ukoliko primijetimo, prije svega, što znanstvenici nikada ne čine kad se suoče s težim i dugotrajnijim nepravilnostima. Iako mogu početi gubiti vjeru, pa i razmatrati alternative, oni se ne odriču one paradigme koja ih je odvela u krizu. Oni, dakle, ne uzimaju nepravilnosti kao suprotne primjere, iako u rječniku filozofa znanosti one upravo to i jesu. Ovo uopćavanje djelomično je jednostavno iskaz povijesne činjenice, koji se zasniva na primjerima poput onih koji su navedeni do sada, a u još će većem opsegu biti navedeni u nastavku. Oni nagovješćuju ono što će naše daljnje ispitivanje odbacivanja paradigme potpunije otkriti: kada je jednom postigla status paradigme, znanstvena se teorija proglašava nevažećom samo onda ako postoji i suparnički kandidat koji će zauzeti njeno mjesto. Nikakav proces koji je dosad otkriven povijesnim proučavanjem znanstvenog razvoja nije niti sličan metodološkom stereotipu opovrgavanja izravnim uspoređivanjem s prirodom. Ova napomena ne znači da znanstvenici ne odbacuju znanstvene teorije ili da iskustvo i eksperiment nisu bitni za onaj proces u kojem oni to čine. Ali, ona znači - a to će biti središnja nit - da se čin prosudbe koji vodi znanstvenike do toga da odbace neku prethodno prihvaćenu teoriju nikad ne zasniva samo na uspoređivanju te teorije sa svijetom. Odluka da se neka paradigma odbaci uvijek je istodobno i odluka da se prihvati druga, a prosuđivanje koje vodi k toj odluci uključuje usporedbu obje paradigme s prirodom, kao i međusobno.

Postoji, osim toga, još jedan razlog za sumnju u to da znanstvenici odbacuju paradigme stoga što se suočavaju s nepravilnostima ili

suprotnim primjerima. Razvijajući taj razlog, moja će rasprava nagovijestiti drugu glavnu tezu ovog ogleđa. Gore navedeni razlozi za sumnju bili su isključivo činjenični; oni su dakle, sami po sebi bili primjeri suprotni vladajućoj epistemološkoj teoriji. Kao takvi, ako je moje dosadašnje gledište točno, oni u najboljem slučaju mogu pomoći u stvaranju krize, ili, točnije, pojačati krizu koja je već u velikoj mjeri prisutna. Sami po sebi oni ne mogu i neće opovrći tu filozofsku teoriju, budući da će njezini zastupnici učiniti isto ono što smo vidjeli da znanstvenici čine kad se suoče s nepravilnošću. Da bi otklonili svaki vidljivi sukob, oni će smisliti brojne artikulacije i *ad hoc* modifikacije svoje teorije. Mnoge relevantne modifikacije i bliža određenja postoje zapravo već u literaturi. Ako, dakle, ovi epistemološki suprotni primjeri trebaju predstavljati nešto više od beznačajne smetnje, bit će to stoga što pomažu da se dopusti nastajanje nove i drugačije analize unutar koje oni više ne predstavljaju izvor neprilika. Štoviše, ako se ovdje može primijeniti tipičan obrazac, kao što ćemo kasnije vidjeti u znanstvenim revolucijama, te nepravilnosti više neće izgledati jednostavno kao činjenice. Iz okvira nove znanstvene teorije one se, umjesto toga, mogu doimati poput tautologija, prikaza situacija za koje se ne može zamisliti da bi mogle biti drugačije.

Često je, na primjer, opaženo da se za one koji se vezuju za Newtonovu teoriju, Newtonov drugi zakon kretanja - iako su bila potrebna stoljeća složenog činjeničnog i teorijskog istraživanja da se to postigne - ponaša vrlo slično čistom logičkom iskazu kojeg nikakva količina promatranja ne može pobiti.¹ U poglavlju X vidjet ćemo da je kemijski zakon utvrđenog omjera, koji je prije Daltona predstavljao povremeni eksperimentalni nalaz vrlo sumnjive općenitosti, poslije Daltonovog djela postao sastavnim dijelom takve definicije kemijskog sastojka koju nikakav eksperimentalni rad sam po sebi nije mogao poremetiti. Nešto vrlo slično tome dogodit će se također i onome uopćavanju po kojem znanstvenici, kad se suoče s nepravilnostima ili suprotnim primjerima ne uspijevaju odbaciti paradigme. Oni to ne mogu učiniti a da istodobno i dalje ostanu znanstvenici.

Iako povijest možda neće zabilježiti njihova imena, bilo je ljudi koji su nedvojbeno bili dovedeni do toga da napuste znanost zato što nisu

¹ Vidi posebno raspravu u N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge, 1958., str. 99-105.

mogli podnijeti krizu. Stvaralački znanstvenici moraju, kao i umjetnici, povremeno biti sposobni živjeti u pomaknutom svijetu - ovu sam nužnost već drugdje opisao kao "esencijalnu napetost", implicitnu znanstvenom istraživanju.² Ali, to odbacivanje znanosti u korist drugog zanimanja po mom je mišljenju jedna vrsta odbacivanja paradigme kojoj mogu voditi sami suprotni primjeri. Jednom kadje pronađena prva paradigma kroz koju ćemo promatrati prirodu, nema više takve stvari kao što je istraživanje u odsutnosti bilo kakve paradigme. Odbacivanje jedne paradigme, a da je istodobno nismo zamijenili drugom, predstavlja odbacivanje same znanosti. Takav čin ne odražava se na znanost, već na čovjeka. Kolege će ga nužno promatrati kao stolara koji okrivljuje svoj alat.

Isti zaključak može se s jednakom efikasnošću i obrnuti: ne postoji tako nešto kao što je istraživanje bez suprotnih primjera. Jer, **što je** to što razlikuje normalnu znanost od znanosti u stanju krize? Sigurno ne to što se prva ne sukobljava ni sa kakvim suprotnim primjerima. Naprotiv, ono što smo ranije zvali zagonetkama koje čine normalnu znanost postoji samo stoga što nikakva paradigma koja pruža temelj za znanstveno istraživanje nikada sasvim ne rješava svoje probleme. Svega njih nekoliko, za koje je izgledalo kao da to čine (na primjer geometrijska optika) nedavno su sasvim prestale stvarati istraživačke probleme i umjesto toga postale instrumenti za inženjerski posao. Osim isključivo instrumentalnih, svaki problem koji normalna znanost vidi kao zagonetku, može se, s drugog motrišta, promatrati kao suprotan primjer, pa tako i kao izvor krize. Kopernik je kao suprotne primjere vidio ono **što je** većina drugih Ptolomejevih sljedbenika vidjela kao zagonetke u susretu između promatranja i teorije. Lavoisier je kao suprotni primjer vidio ono što je Priestley vidio kao uspješno razriješenu zagonetku u artikulaciji teorije flogistona. A Einstein je kao suprotne primjere vidio ono što su Lawrence, Fitzgerald i drugi vidjeli kao zagonetke u artikulaciji Newtonove i Maxwelllove teorije.

² T. S. Kuhn "The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research", u *The Third (1959.) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, ur. Calvin W. Taylor, Salt Lake City, 1959., str. 162-177. Za sličnu pojavu među umjetnicima vidi Frank Barron, "The Psychology of Imagination", *Scientific American*, CXCIX, rujan 1958., str. 151-156, posebno 160.

Štoviše, ni postojanje krize samo po sebi ne pretvara zagonetku u suprotan primjer. Tako oštra linija razgraničenja ne postoji. Umjesto toga, kriza proliferacijom verzija određene paradigme olabavljuje pravila normalnog rješavanja zagonetke na načine koji na kraju dopuštaju da nastane nova paradigma. Postoje, mislim, samo dvije mogućnosti: ili se niti jedna znanstvena teorija nikad ne suočava sa suprotnim primjerima, ili se sve takve teorije svo vrijeme suočavaju s njima.

Kako je ta situacija mogla izgledati drugačije? Takvo pitanje nužno vodi povijesnom i kritičkom razjašnjavanju filozofije, a te su teme ovdje zabranjene. Međutim, možemo primijetiti barem dva razloga zašto je izgledalo kao da znanost pruža tako pogodnu ilustraciju uopćavanja koje tvrdi da su suočavanjem iskaza s činjenicom istina i pogreškajedinstveno i nedvosmisleno određene. Normalna znanost se neprekidno trudi i mora se truditi teoriju i činjenicu dovesti u bližu suglasnost, a ta se aktivnost lako može vidjeti kao provjeravanje ili traganje za potvrđivanjem ili opovrgavanjem. Njezin cilj je, međutim, riješiti zagonetku za čije samo postojanje valjanost paradigme mora biti pretpostavljena. Neuspjeh u postizanju rješenja diskreditira samo znanstvenika, a ne tu teoriju. Više nego u gore navedenom slučaju, ovdje vrijedi izreka "lošje onaj stolar koji okrivljuje svoj alat". Osim toga, način na koji znanstvena pedagogija usložnjava raspravu o nekoj teoriji primjedbama o njenim egzemplarnim primjenama pomogao je da se utvrdi teorija potvrđivanja koja je uglavnom izvedena iz drugih izvora. Kad postoji i najmanji razlog za to, čovjek koji čita neki znanstveni tekst lako može navedene primjere uzeti kao dokaze za tu teoriju, kao razloge zbog kojih joj treba vjerovati. Ali, studenti znanosti prihvaćaju teorije temeljem autoriteta nastavnika i teksta, a ne zbog dokaza. Kakve alternative imaju i koliko su mjerodavni? Primjene koje su navedene u tekstovima ne nalaze se ondje kao dokazi, već zato što njihovo učenje predstavlja dio učenja one paradigme koja se nalazi u temeljima tekuće prakse. Da su primjene navedene kao dokazi, tada bi sam propust tekstova da ukažu na alternativne interpretacije ili da raspravljaju o problemima za koje znanstvenici nisu uspjeli naći paradigmatička rješenja osuđivao njihove autore za krajnju pristranost.

Kako se onda vratiti na početno pitanje reagiraju li znanstvenici na svijest o nepravilnosti u podudarnosti teorije i prirode? Ovo što je

upravo izrečeno ukazuje na to da raskorak neusporedivo veći od onoga do kojeg je došlo u drugim primjenama te teorije ne mora izazvati nikakvo posebno temeljito reagiranje. Neka razilaženja uvijek postoje. Čak i najtvrdoglaviji uvijek na kraju reagiraju na normalnu praksu. Znanstvenici su vrlo često spremni čekati, posebno ako je mnogo drugih problema na raspolaganju u drugim dijelovima određenog područja. Već smo primijetili, recimo, da je tijekom šezdeset godina poslije prvotnog Newtonovog izračunavanja, predviđeno kretanje one točke Mjesečeve putanje koja je najbliža Zemlji bilo i nadalje samo pola od onog opaženog. Dok su najbolji europski matematički fizičari bezuspješno hrali s tim dobro poznatim razilaženjem, povremeno su se mogli čuti prijedlozi za modifikaciju Newtonog zakona obrnutih kvadrata. Ali, nitko te prijedloge nije uzimao vrlo ozbiljno i u praksi se ovo strpljenje s glavnom nepravilnošću pokazalo opravdanim. Clairaut je 1750. godine uspio pokazati da jedino matematika primjene nije bila u redu i da newtonovska teorija može ostati kakvajest.³ Čak i u slučaju kad nikakva obična pogreška ne izgleda sasvim mogućom (možda zato što je matematika koja je upotrebljena jednostavnija, poznatija i negdje već uspješno primijenjena), uporna i priznata nepravilnost ne izaziva uvijek krizu. Nitko nije ozbiljno doveo u pitanje newtonovsku teoriju zbog već dugo priznatih razilaženja između predviđanja izvedenih iz te teorije i brzine zvuka, te kretanja Merkura. Prvo razilaženje bilo je definitivno i sasvim neočekivano razriješeno eksperimentima s toplinom koji su učinjeni sa sasvim drugom svrhom; drugo je nestalo s općom teorijom relativnosti, poslije jedne krize u čijem stvaranju ono nije imalo nikakva udjela.⁴ Očito je da niti jedno nije izgledalo dovoljno fundamentalno da bi izazvalo neugodnost koja prati krizu. Ta razilaženja mogu se shvatiti i kao suprotni primjeri, pa biti ostavljeni na stranu za kasniji rad.

Iz toga proizlazi da ako jedna nepravilnost treba izazvati krizu, ona u pravilu mora biti više od obične nepravilnosti. U suglasju

³ W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, rev. izd., London 1847., II, str. 220-221.

⁴ Za brzinu zvuka vidi T. S. Kuhn "The Calorie Theory of Adiabatic Compression", *isis*, XLIV, 1958., str. 136-137. Za stoljetno pomicanje Merkurovog perihela vidi E. T. Whittaker, *"A History of the Theories of Aether and Electricity"*, II, London, 1953., str. 151, 179.

paradigme s prirodom uvijek ponegdje postoje poteškoće; većina tih poteškoća otkloni se prije ili kasnije, često procesima koji se nisu mogli predvidjeti. Znanstvenik koji se zaustavlja da bi ispitao svaku nepravilnost koju primijeti rijetko će uspjeti obaviti rad koji bi mogao biti značajan. Zbog toga se moramo upitati što je to što jednu nepravilnost čini takvom da izgleda vrijednom više pažljivog ispitivanja s više strana, a to je pitanje na koje vjerojatno nema sasvim uopćenog odgovora. Slučajevi koje smo već ispitali karakteristični su, ali teško bi se moglo reći da su preskriptivni. Nepravilnost će ponekad jasno dovesti u pitanje eksplicitna i fundamentalna uopćavanja paradigme, kao što je to učinio problem povlačenja etera za one koji su prihvatili Maxwellovu teoriju. Ili, kao u kopernikanskoj revoluciji, nepravilnost bez očitog fundamentalnog značenja može izazvati krizu ukoliko su primjene koje ona onemogućuje od posebne praktične važnosti, u ovom slučaju izrada kalendara i astrologija. Ili, kao u kemiji osamnaestog stoljeća, razvoj normalne znanosti može neku nepravilnost, koja je prethodno bila samo neprilika, pretvoriti u izvor krize: problem težinskih odnosa imao je sasvim drugačiji status poslije evolucije pneumatsko-kemijskih tehnika. Svakako ima još i drugih okolnosti koje neku nepravilnost mogu učiniti posebno akutnom, a obično se radi o nekoliko takvih okolnosti. Već smo primijetili, na primjer, daje jedan od izvora krize s kojom se Kopernik suočio bila duljina vremena tijekom kojeg su se astronomi bezuspješno hvalili s reduciranjem zaostalih neusklađenosti u Ptolomejevom sustavu.

Kad iz i ovih i drugih njima sličnih razloga neka nepravilnost počne izgledati kao nešto veće od samo još jedne zagonetke normalne znanosti, započeće prijelaz ka krizi i neuobičajenoj znanosti. Struka počinje tu nepravilnost općenito priznavati kao takvu u sve većoj mjeri. Najpoznatiji ljudi iz određenog područja posvećuju joj sve više pažnje. Ukoliko nastavlja pružati otpor, što obično nije slučaj, mnogi mogu doći do stajališta daje njezino rješavanje glavni predmet njihove discipline. Za njih to područje više neće izgledati sasvim isto kao što je izgledalo ranije. Drugačiji izgled djelomice će potjecati jednostavno iz novog ustanovljavanja točke od posebnog interesa za pažljivo znanstveno ispitivanje. Još je važniji izvor promjene raznolika priroda brojnih djelomičnih rješenja koja je pažnja usmjerena na taj problem

stavila na raspolaganje. Prvi napadi na taj uporni problem blisko su slijedili pravila paradigme. Međutim, s nastavljanjem otpora, sve više napada uključivalo je neku malu, ili ne tako malu, artikulaciju paradigme, od kojih niti dvije nisu bile međusobno slične, svaka je bila djelomice uspješna, ali nitijedna toliko uspješna da bije skupina prihvatila kao paradigmu. Ovom proliferacijom divergentnih artikulacija (sve češće i češće njih će se opisivati kao *ad hoc* prilagođavanja), pravila normalne znanosti postaju sve zamagljenija. Iako paradigma još uvijek postoji, malo je praktičara koji se slažu u tome što ona jest. Čak se i ranija standardna rješenja riješenih problema dovode u pitanje.

Kadje ova situacija akutna, znanstvenici koji su uključeni ponekad je prepoznaju. Kopernik se žalio da su astronomi u njegovo vrijeme bili tako "nedosljedni u ovim (astronomskim) istraživanjima... da čak nisu mogli objasniti, ili pridržavati se konstantne duljine sezone godine". "S njima je tako", nastavlja Kopernik, "kao da umjetnik skupi ruke, noge, glavu i druge dijelove tijela za svoje slike od raznih modela, svaki dio za sebe izvanredno nacrtan, ali nepovezan za ijedno pojedinačno tijelo, pa kako ti dijelovi nikako ne odgovaraju jedan drugome, rezultat bi prije bilo neko čudovište, a ne čovjek."⁵ Einstein, koji je suvremenom uporabom bio ograničen na manje ukrašen izričaj, napisao je samo: "Bilo je to kao da se tlo izmaklo ispod nogu, bez čvrste osnove koja bi se igdje mogla vidjeti, na kojoj bi se moglo graditi."⁶ A Wolfgang Pauli, u mjesecima prije nego što je Heisenbergov članak o mehanici matrica pokazao put ka novoj kvantnoj teoriji, pisao je prijatelju: "U ovom trenutku fizika je ponovo u strašnoj zbrci. U svakom slučaju, za mene je to previše složeno i volio bih da sam postao filmski komičar ili nešto slično, a da za fiziku nikad nisam ni čuo." Ovo priznanje posebno je impresivno usporedimo li ga s Paulijevim riječima manje od pet mjeseci kasnije: "Heisenbergova vrsta mehanike ponovo mi je u život unijela nadu i radost. Ona sigurno ne donosi rješenje zagonetke, ali vjerujem daje sada moguće opet krenuti naprijed."⁷

⁵ NavedenouT. S.Kuhn, *The Copernican Revolution*, Cambridge,Mass., 1957.,str. 138.

⁶ Albert Einstein, "Autobiographical Note", u *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ur. P. A. Schilpp, Evanston, Ill., 1949., str. 45.

⁷ Ralph Kronig "The Turning Point", u *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, ur. M. Fierz i V. F. Weisskopf, New

Tako eksplicitna uviđanja sloma iznimno su rijetka, ali posljedice krize ne ovise u potpunosti o svjesnom uviđanju ili priznavanju te krize. Što možemo reći o tome kakve su posljedice? Izgleda da su samo dvije posljedice od sveopćeg značaja. Sve krize počinju zamagljivanjem paradigme i posljedičnim labavljenjem pravila za normalno istraživanje. U tom smislu istraživanje tijekom krize uvelike nalikuje na istraživanje tijekom pre-paradigmatičkog razdoblja, osim što je kod prvog mjesto razlikovanja manje i jasnije je definirano. Osim toga, sve krize završavaju na jedan od tri načina. Ponekad se normalna znanost na kraju pokaže sposobnom da obradi onaj problem koji izaziva krizu usprkos očajavanju onih koji su ga vidjeli kao kraj postojeće paradigme. U drugim prigodama određeni se problem opire čak i vidljivo radikalnim novim pristupima. Znanstvenici tada mogu zaključiti da pri takovom stanju u njihovom području neće doći ni do kakvog rješenja. Problem se registrira i ostavlja na stranu za neku buduću generaciju s razvijenijim instrumentima. Ili, konačno, slučaj koji će nas ovdje najviše zanimati, kriza može završiti nastajanjem novoga kandidata za paradigmu, a potom slijedi borba za njegovo prihvaćanje. Ovaj posljednji način okončanja krize bit će detaljno razmotren u kasnijim poglavljima, ali da bismo upotpunili ove primjedbe o evoluciji i anatomiji stanja krize, moramo anticipirati nešto od onoga što će ondje biti rečeno.

Prijelaz s paradigme u krizi na novu, iz koje može nastati nova tradicija normalne znanosti, daleko je od kumulativnog procesa, postignutog artikulacijom ili proširivanjem stare paradigme. Prije bi se moglo reći da se radi o rekonstrukciji tog područja temeljem novih osnovnih stavova, rekonstrukciji koja mijenja neka od najelementarnijih teorijski uopćavanja iz tog područja, kao i mnoge od njezinih paradigmatičkih metoda i primjena. Tijekom prijelaznog razdoblja postojat će veliko, iako nikada potpuno, preklapanje između onih problema koji se mogu riješiti pomoću stare i onih koji se mogu riješiti pomoću nove paradigme. Ali, postojat će odlučujuća razlika u načinima rješenja. Kad je prijelaz završen, struka će promijeniti svoje gledanje na to područje, njegove metode i ciljeve. Povjesničar koji

York, 1960., str. 22,25-26. Veći dio ovoga članka opisuje krizu u kvantnoj mehanici neposredno prije 1925. godine.

dobro opaža, ispitujući klasičan slučaj znanstvene preorijentacije promjenom paradigme, nedavno gaje opisao kao "prihvaćanje drugog kraja štapa", kao proces koji uključuje "baratanje s istim svežnjem činjenica kao i ranije, s tim što ih jedne prema drugima stavljamo u novi sustav odnosa, dajući im drugačiji okvir".⁸ Drugi koji su opazili ovaj aspekt znanstvenog napretka naglašavali su njegovu sličnost s promjenom vizuelnog gestalta: tragovi na papiru, koji su prvi put viđeni kao ptica, sada se vide kao antilopa ili obrnuto.⁹ Ova paralela može zavesti. Znanstvenici ne vide nešto *kao* nešto drugo; oni to jednostavno tako vide. Već smo ispitali neke od problema koji su nastali na taj način što je rečeno da je Priestley vidio kisik kao deflogistirani zrak. Osim toga, znanstvenik ne zadržava slobodu subjekta gestalt eksperimenta za vraćanje natrag i naprijed između načina viđenja. Ipak, promjena gestalta, posebno stoga što nam je danas tako bliska, koristan je elementarni prototip za ono što se događa prigodom potpune promjene paradigme.

Prethodna anticipacija može nam pomoći da uvidimo da kriza predstavlja odgovarajući uvod u nastajanje novih teorija, posebno stoga što smo već ispitali umanjenu verziju istog procesa prigodom razmatranja nastajanja otkrića. Upravo stoga što nastajanje neke nove teorije prekida sjednom tradicijom znanstvene prakse i uvodi novu koja se provodi prema različitim pravilima i unutar različitog univerzuma mišljenja, vjerojatno će do toga doći samo onda kad se osjeti da je prva tradicija jako zastranila. Ova primjedba, međutim, nije ništa više od uvoda u istraživanja stanja krize, a pitanja kojima vodi zahtijevaju, na žalost, više kompetenciju psihologa, nego povjesničara. Kako izgleda neuobičajeno istraživanje? Kako nepravilnost postaje zakonita? Kako znanstvenici postupaju kad su svjesni samo toga da je nešto bitno loše krenulo na razini za koju ih njihova naobrazba nije osposobila da se njome bave? Ova pitanja zahtijevaju daleko više istraživanja, od kojih sva ne moraju biti povijesna. Ono što slijedi, nužno će biti više probne naravi i manje potpuno od onog što je prethodilo.

⁸ Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300-1800*, London, 1949., str. 1-7.

⁹ Hanson, *op. cit.*, poglavlje I.

Često se nova paradigma pojavljuje, bar u zametku, prije nego što je kriza uzela maha ili bila eksplicitno priznata. Lavoisierovo djelo može poslužiti kao primjer za to. Njegova zapečaćena bilješka deponirana je u Francuskoj akademiji manje od godinu dana poslije prvog temeljnijeg proučavanja odnosa težina u teoriji flogistona, a prije nego što su Priestleyevi objavljeni radovi otkrili pun opseg krize u pneumatskoj kemiji. Također, prvi prikazi valne teorije svjetlosti Thomasa Younga pojavili su se na vrlo ranom stupnju razvoja krize u optici, stupnju koji bi bio gotovo neprimjetan da nije - bez Youngovog sudjelovanja - tijekom jednog desetljeća nakon što je Young prvi put pisao o tome, prerastao u razmjere međunarodnog znanstvenog skandala. U takvim slučajevima može se reći samo to da su mali slom paradigme i prva zamagljivanja njenih pravila za normalnu znanost bili dovoljni da kod nekog izazovu nov način gledanja na određeno područje. Ono što se zbivalo između prvog znaka poteškoće i priznavanja neke dostupne zamjene mora da je velikim dijelom bilo nesvjesno.

U drugim slučajevima, međutim, - kao što su Kopernikov, Einsteinov ili suvremene nuklearne teorije - između prve svijesti o slomu i nastajanja nove paradigme prošlo je dosta vremena. Kada se to dogodi, povjesničar može uhvatiti barem neke naznake o tome kako izgleda neuobičajena znanost. Suočen s općepriznatom fundamentalnom nepravilnošću u teoriji, znanstvenik će često usmjeriti svoj prvi napor ka preciznijem izoliranju i davanju strukture toj nepravilnosti. Iako je sada svjestan da pravila normalne znanosti ne mogu biti sasvim točna, on će inzistirati na njima čvršće nego ikada, da bi na području poteškoće vidio gdje i u kojoj mjeri ta pravila mogu obavijati svoju funkciju. On će, istodobno, tragati za načinima da taj slom uveliča, da ga učini očitijim, a možda i sugestivnijim nego što je bio kada se pokazao u eksperimentima za čiji se ishod mislilo da je unaprijed poznat. U ovom posljednjem naporu, više nego i u jednom drugom dijelu post-paradigmatičkog razvoja znanosti, on će biti gotovo sasvim sličan znanstveniku kako ga najčešće zamišljamo. On će, prije svega, često izgledati kao čovjek koji nasumce traga, obavljajući eksperimente samo da bi vidio što će se dogoditi, očekujući efekt čiju narav nije sposoban posve odgonetnuti. Istodobno, kako se niti jedan eksperiment ne može zamisliti

bez neke vrste teorije, znanstvenik koji se nalazi u krizi neprekidno će pokušavati stvoriti spekulativne teorije koje, ako su uspješne, mogu pokazati put novoj paradigmi, a ukoliko su neuspješne, mogu se relativno lako napustiti.

Keplerov opis vlastite dugotrajne borbe s kretanjem Marsa, kao i Priestleyevo opisivanje kako je reagirao na proliferaciju novih plinova, klasični su primjeri nasumične vrste istraživanja do kojeg je došlo temeljem svijesti o nepravilnosti.¹⁰

Ali, možda najbolje ilustracije potječu iz suvremenog istraživanja na području teorije polja i fundamentalnih čestica. U odsutnosti krize koja je učinila nužnim utvrđivanje u kojoj se mjeri pravila normalne znanosti mogu rastegnuti, bi li ogroman napor kojije bio potreban da se otkrije neutrin izgledao opravdanim? Ili, da pravila nisu očito doživjela slom najednoj neotkrivenoj točki, bi li radikalna hipoteza o ne-konzervaciji parnosti bila sugerirana ili provjeravana? Kao i dosta drugih istraživanja u fizici tijekom posljednjeg desetljeća, ovi su eksperimenti djelomično bili pokušaji da se lokalizira i definira izvor jednogjoš uvijek difuznog sklopa nepravilnosti.

Ovu vrstu neuobičajenog istraživanja često, iako ne uvijek, prati još jedna. Mislim da su se znanstvenici, posebno u razdobljima prepoznate i priznate krize, okretali filozofskoj analizi kao sredstvu za razrješavanje zagonetki onog područja kojim se bave. Općenito uzevši, znanstvenicima nikad nije bilo potrebno niti su željeli biti filozofi. Zapravo, normalna znanost obično drži kreativnu filozofiju na određenoj udaljenosti, vjerojatno s dobrim razlogom. U onoj mjeri u kojoj se normalni istraživački rad može odvijati uz uporabu paradigme kao modela, pravila i pretpostavke se ne moraju činiti eksplicitnima. U poglavlju V primijetili smo da potpuni sklop pravila za kojima traga filozofska analiza ne mora čak niti postojati. Ali, to ne znači da traganje za pretpostavkama (čak i za onim nepostojećima) ne može biti efikasan način za slabljenje moći koju neka tradicija ima nad duhom i da se sugerira osnova za novu. Nije nimalo slučajno da su pojavi

¹⁰ Za prikaz Keplerovog rada o Marsu vidi J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, drugo izdanje, New York, 1953., str. 380-393. Povremene netočnosti nisu spriječile Dryera da nam u svom pregledu na raspolaganje pruži materijal koji nam je ovdje potreban. Za Priestleya vidi njegovo vlastito djelo, posebno *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, London, 1774-75.

newtonovske fizike u sedamnaestom stoljeću, kao i teorije relativnosti i kvantne mehanike u dvadesetom stoljeću trebale prethoditi i pratiti ih fundamentalne filozofske analize njima suvremene istraživačke tradicije.¹¹ Isto tako nije slučajno daje u oba ova razdoblja takozvani misaoni eksperiment trebao igrati tako kritičnu ulogu u napredovanju istraživanja. Kako sam drugdje pokazao, analitičko misaono eksperimentiranje, kojeg ima tako mnogo u Galileovim, Einsteinovim, Bohrovim i drugim spisima, savršeno je smišljeno da staru paradigmu izloži postojećem znanju na načine koji će izolirati korijen krize s takvom jasnoćom koja se ne može postići u laboratoriju.¹²

S pojedinačnom ili zajedničkom primjenom ovih neuobičajenih procedura može se dogoditi ijedna druga stvar. Usredotočivanjem znanstvene pažnje na usko područje poteškoća i pripremanjem znanstvenog duha na to da eksperimentalne nepravilnosti prizna onim što one jesu, kriza često dovodi do proliferacije novih otkrića. Već smo primijetili kako svijest o krizi razlikuje Lavoisierov rad na kisiku od Priestleyevog; kisik nije bio jedini novi plin koji su kemičari svjesni nepravilnosti uspjeli otkriti u Priestleyevom djelu. Ili, još jedan primjer; nova optička otkrića brzo su se skupila upravo uoči i tijekom nastajanja valne teorije svjetlosti. Neka od njih, kao što je polarizacija refleksijom, bila su rezultat onih slučajnosti koje usredotočeni rad na jednom području poteškoća čini vjerojatnim. (Malus, koji je došao do tog otkrića, bio je upravo započeo rad na nagradnom ogledu Akademije o dvostrukom prelamanju, temi za koju se općenito znalo da se nalazi u nezadovoljavajućem stanju.) Druga optička otkrića, kao što je svjetla točka u središtu sjene koju daje okrugla ploča, predstavljala su predviđanja iz nove hipoteze, ona predviđanja čiji je uspjeh pomogao da se hipoteza pretvori u paradigmu za budući rad. A treća otkrića, poput boje ogrebotina i debelih metalnih ploča, predstavljala su efekte koji su ranije često bili vidani i ponekad opaženi, ali koji su, kao i Priestleyev kisik, bili asimilirani u dobro poznate efekte na načine

¹¹ Za filozofski kontrapunkt koji je pratio mehaniku sedamnaestog stoljeća vidi Rene Dugas *La mécanique au XVII siècle*, Neuchatel, 1954., posebno poglavlje XI. Za sličnu epizodu u devetnaestom stoljeću vidi raniju knjigu istog autora *Histoire de la mécanique*, Neuchatel, 1950., str. 419-443.

¹² T. S. Kuhn, "A Function for Thought Experiments" u *Melanges Alexandre Koyrè*, ur. R. Taton i I. B. Cohen, Paris, 1963.

koji su onemogućavali da se vidi što zapravo jesu.¹³ Na sličan se način mogu opisati višestruka otkrića koja su od oko 1895. Godine neprekidno pratila nastajanje kvantne mehanike.

Neuobičajeno istraživanje mora da imajoši i drugih manifestacija i efekata, ali u ovom području tek smo započeli s otkrivanjem onih pitanja koja treba postaviti. Možda ipak, u ovome trenutku, nije ni potrebno više pitanja. Prethodne primjedbe trebale bi biti dovoljne da pokažu kako kriza istodobno labavi stereotipe i donosi one postupno uvećavajuće podatke nužne za fundamentalnu promjenu paradigme. Ponekadje oblik nove paradigme nagoviješten u onoj strukturi koju je neuobičajeno istraživanje dalo određenoj nepravilnosti. Einsteinje pisao daje, prije nego što je došao do bilo kakve zamjene za klasičnu mehaniku, uvidio uzajamni odnos između poznatih nepravilnosti radijacije crnog tijela, fotoelektričnog efekta i specifičnih toplina.¹⁴ Češće, međutim, takva se struktura svjesno ne vidi unaprijed. Umjesto toga nova paradigma ili dovoljan nagovještaj koji će dozvoliti kasniju artikulaciju nastaje odjednom, ponekad usred noći, u duhu čovjeka duboko utonulog u krizu. Kakva je priroda tog posljednjeg stupnja - kako pojedinac smišlja (ili utvrđuje daje smislio) nov način unošenja reda u sve podatke koji su sada prikupljeni - mora ovdje, a možda i zauvijek, ostati nedokučivo. Primijetimo o tome ovdje samo jednu stvar. Ljudi koji postižu to fundamentalno otkriće nove paradigme, gotovo su uvijek ili vrlo mladi ili novi u onom području čiju su paradigmu promijenili.¹⁵ Možda ovo mišljenje nije bilo nužno eksplicirati, budući da su to očito oni ljudi za koje je - jer su prethodnom praksom slabo vezani za

¹³ Za nova optička otkrića općenito, vidi V. Ronchi, *Historie de la lumière*, Paris, 1956., pog. VII. Za ranije objašnjenje jednog od ovih efekata vidi J. Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, London, 1772., str. 498-520.

¹⁴ Einstein, *loc.cit.*

¹⁵ Ovo uopćavanje o ulozi mladosti u fundamentalnom znanstvenom istraživanju toliko je uobičajeno da je postalo *clique*. Štoviše, pogled na gotovo svaki popis fundamentalnih doprinosa znanstvenoj teoriji pruža dojmrljivu potvrdu. Pa ipak, tome je uopćavanju više nego potrebno sustavno istraživanje. Harvey C. Lehman (*Age and Achievement*, Princeton, 1953.) pruža mnogo korisnih podataka; njegove studije međutim ne pokušavaju izdvojiti priloge koji uključuju fundamentalnu promjenu pojmova. Te studije također ne istražuju one posebne okolnosti, ako postoje, koje mogu pratiti relativno kasnu produktivnost u znanostima.

tradicionalna pravila normalne znanosti - posebno vjerojatno da će vidjeti da ta pravila više ne definiraju igru koja se može igrati i da će zamisliti drugi skup pravila koji ih može zamijeniti.

Ishod, prijelaz na novu paradigmu, jest znanstvena revolucija, predmet za koji smo se najzad pripremili da mu izravno pristupimo. Prije toga primijetite, međutim, posljednji i očito nedokučiv aspekt u kojem je materijal iz posljednja tri poglavlja pripremio taj put. Do poglavlja VI, u kojem je prvi put uveden pojam nepravilnosti, termini "revolucija" i "neuobičajena znanost", mogli su izgledati ekvivalentnima. Što je još važnije, možda je izgledalo da niti jedan od tih termina ne znači nešto više od "nenormalne znanosti", cirkularnog pojma koji bi zasmetao barem nekoliko čitatelja. U praksi, on ne bi morao smetati. Uskoro ćemo otkriti da je slična cirkularnost karakteristična za znanstvene teorije. Ugodno ili ne, međutim, ta cirkularnost nije više neodređena. Ovo poglavlje u ogledu, kao i dva prethodna, izveli su brojne kriterije sloma u normalnoj znanstvenoj aktivnosti, kriterije koji uopće ne zavise o tome hoće li slom biti popraćen revolucijom. Suočeni s nepravilnošću ili krizom, znanstvenici zauzimaju drugačije stavove prema postojećim paradigmama, a u skladu s tim mijenja se i priroda njihovog istraživanja. Proliferacija artikulacija koje se međusobno natječu, spremnost da se pokuša bilo što, izražavanje otvorenog nezadovoljstva, vraćanje filozofiji i raspravi oko fundamentalnih stvari, sve su to simptomi prijelaza od normalnog ka neuobičajenom istraživanju. Pojam normalne znanosti zavisi više o njihovom postojanju nego o postojanju revolucija.

IX

PRIRODA I NUŽNOST ZNANSTVENIH REVOLUCIJA

Ove nam napomene konačno dopuštaju da razmotrimo probleme zbog kojih je ovaj ogled i dobio svoj naslov. Što su znanstvene revolucije i kakvaje njihova uloga u znanstvenom razvoju? Veliki dio odgovora na ova pitanja anticipiranje u ranijim poglavljima. Prethodna rasprava posebno je ukazala na to da znanstvene revolucije ovdje smatramo nekumulativnim razvojnim epizodama u kojima je starija paradigma potpuno ili djelomično zamijenjena novom koja je nespojiva sa starom. O tome se još dosta toga može reći, a važan dio toga može se uvesti ako postavimo jedno daljnje pitanje. Zašto bi promjenu paradigme trebalo zvati revolucijom? Imajući u vidu ogromne i bitne razlike između političkog i znanstvenog razvoja, kakav paralelizam može opravdati metaforu koja nalazi revolucije u jednom i u drugom?

Jedan od aspekata ovog paralelizma već bi morao biti očit. Političke revolucije najavljuje rastući osjećaj, često ograničen na jedan segment političke zajednice, da su postojeće institucije prestale na odgovarajući način reagirati na one probleme koje postavlja okolina, koju su same te institucije stvorile. Na vrlo sličan način znanstvene revolucije najavljuje rastući osjećaj, opet često ograničen na usku podskupinu određene znanstvene zajednice, da je postojeća paradigma prestala funkcionirati na odgovarajući način u ispitivanju nekog aspekta prirode prema kojem je sama ta paradigma ranije pokazala put. Osjećaj lošeg funkcioniranja koji može voditi u krizu predstavlja kako u političkom tako i u znanstvenom razvoju preduvjet revolucije. Štoviše, iako to sigurno predstavlja rastezanje metafore, ovaj paralelizam ne vrijedi samo za velike promjene paradigme, kao što su one koje se pripisuju Koperniku i Lavoisieru, već isto tako za one koje su

daleko manje vezane za prihvaćanje neke nove vrste pojave, kao što je kisik ili radioaktivne zrake. Znanstvene revolucije, kao što smo primijetili na kraju poglavlja V, nužno moraju izgledati revolucionarnima samo onima čije su paradigme tim revolucijama pogođene. Onima izvana one mogu, poput Balkanskih revolucija početkom dvadesetog stoljeća, izgledati kao normalni dijelovi razvojnog procesa. Astronomi, na primjer, mogu prihvatiti roentgenske zrake kao običan dodatak znanju, budući da njihove paradigme nisu pogođene postojanjem novog zračenja. Ali, za takve ljude kao što su Kelvin, Crookes i Roentgen, čije se istraživanje odnosilo na teoriju zračenja ili na katodne zračee cijevi, pojava roentgenskih zraka nužno je kršila jednu paradigmu, a stvarala drugu. To je razlog što su ove zrake mogle biti otkrivene samo na način da se prvo normalnim istraživanjem utvrdilo da nešto nije u redu.

Genetički aspekt naše usporedbe između političkog i znanstvenog razvoja ne bi trebao i nadalje biti pod sumnjom. Usporedba, međutim, ima drugi, mnogo dublji aspekt, na kojemu počiva značaj onog prvog. Cilj političkih revolucija jest da izmijene političke institucije na načine koje same te institucije ne dopuštaju. Njihov uspjeh, dakle, nužno povlači za sobom djelomično napuštanje jednog sklopa institucija u korist drugog, s tim što u prijelaznom razdoblju društvom u potpunosti ne vladaju nikakve institucije. Prvotno je sama kriza ono što slabi ulogu političkih institucija, kao što smo već vidjeli da slabi ulogu paradigmi. Pojedinci u sve većem broju postaju sve udaljeniji od političkog života i ponašaju se u njemu sve čudnije. A onda, kako se kriza produbljuje, mnogi se od tih pojedinaca vezuju uz neki konkretan prijedlog za rekonstrukciju društva u novim institucijskim okvirima. U tom trenutku društvo je podijeljeno na suparničke tabore ili stranke, od kojih jedna pokušava obraniti staru institucionalnu konstelaciju, dok druge teže da uspostave neku novu. A kad se jednom ta polarizacija dogodila, *politički utjecaj ne uspijeva*. Budući da se razilaze oko institucionalne matrice unutar koje treba postići i procijeniti političku promjenu, te ne priznaju nikakav iznad-institucionalni okvir za prosuđivanje revolucionarne razlike, sudionici revolucionarnog sukoba moraju najzad pribjeći posebnim tehnikama uvjeravanja masa, uključujući često i silu. Iako su revolucije imale vitalnu ulogu u razvoju

političkih institucija, ta uloga ovisi o tome što su one dijelom izvan-politički ili izvan-institucijski događaji.

Preostali dio ovog oglada ima za cilj pokazati da povijesno proučavanje promjene paradigme otkriva vrlo slične karakteristike u evoluciji znanosti. Poput izbora između suparničkih političkih institucija, izbor između rivalskih paradigmi pokazuje se kao izbor između nespojivih načina života u nekoj zajednici. Budući da ima takav karakter, taj izbor nije i ne može biti određen samo onim postupcima procjenjivanja koji su karakteristični za normalnu znanost, budući da se one dijelom zasnivaju na posebnoj paradigmi, a taje paradigma sporna. Kad se paradigme umiješaju - a to je neizbježno - u raspravu oko izbora paradigme, njihova je uloga nužno cirkularna. Svaka skupina upotrebljava svoju paradigmu da bi tu istu paradigmu branila.

Cirkularnost do koje dolazi ne čini, naravno, argumente pogrešnima ili čak uzaludnima. Čovjek koji polazi od neke paradigme kada iznosi argumente u njenu obranu može, usprkos svemu, pružiti jasnu predodžbu o tome kakva bi znanstvena praksa bila za one koji prihvate novo gledanje na prirodu. Ta predodžba može biti iznimno uvjerljiva, a često i obvezujuće uvjerljiva. Bez obzira na moć koju ima, status cirkularnog argumenta svodi se isključivo na uvjeravanje. On ne može biti logički ili probabilistički učinjen obvezujućim za one koji odbijaju stupiti u taj krug. Polazne pretpostavke i vrijednosti koje dvije strane u raspravi oko paradigme dijele nisu dovoljno široke za to. Kao ni u političkim revolucijama, tako niti u izboru paradigme ne postoji standard viši od odobravanja relevantne zajednice. Da bismo otkrili kako se znanstvene revolucije odvijaju, morat ćemo, dakle, ispitati ne samo utjecaj prirode i logike već, isto tako, onih tehnika uvjeravanja koje se primjenjuju unutar posebnih skupina koje čine zajednicu znanstvenika.

Da bismo otkrili zašto ovo pitanje izbora paradigme ne može nikada biti nedvosmisleno riješeno samo putem logike i eksperimenta, ukratko moramo ispitati prirodu onih razlika koje razdvajaju zastupnikejedne tradicionalne paradigme od njihovih revolucionarnih nasljednika. To je ispitivanje uglavnom predmet ovog i slijedećeg poglavlja. Već smo, međutim, primijetili brojne primjere takvih razlika i nitko neće sumnjati da nam povijest može pružiti još mnoge druge. Ono u što će se sumnjati prije nego u njihovo postojanje - i što onda moramo prvo razmotriti -

jest da takovi primjeri donose bitnu informaciju o prirodi znanosti. Uzimajući u obzir daje odbacivanje paradigme predstavljalo povijesnu činjenicu, unosi li ono više svjetlosti od ljudske lakovjernosti i zbu-njenosti? Postoje li unutrašnji razlozi zbog kojih prihvaćanje nove vrste pojave ili nove znanstvene teorije mora zahtijevati odbacivanje starije paradigme?

Prije svega primijetite da, ukoliko takovi razlozi postoje, oni ne potječu iz logičke strukture znanja. U načelu, nova se pojava može pokazati a da se ne odrazi destruktivno na bilo koji dio prethodne znanstvene prakse. Iako bi otkrivanje života na Mjesecu danas bilo porazno za postojeće paradigme (one o Mjesecu govore stvari koje su nespojive s postojanjem života na njemu), otkrivanje života u nekom manje poznatom dijelu galaksije ne bi. Na isti način, nova teorija ne mora doći u sukob s bilo kojom teorijom koja joj je prethodila. Ona se može baviti isključivo pojavama koje prethodno nisu bile poznate, kao što se, recimo, kvantna teorija bavi (u značajnoj mjeri, iako ne isključivo) subatomske pojave koje su prije dvadesetog stoljeća *bile nepoznate*. Ili, nova teorija može jednostavno biti teorija više razine od onih koje su prije toga bile poznate, takva teorija koja skupinu teorija niže razine povezuje u jednu cjelinu, ne mijenjajući bitno niti jednu od njih. Teorija o konzerviranju energije danas je primjer za upravo takve veze između dinamike, kemije, elektriciteta, optike, teorije toplote, itd. Možemo zamisliti još i druge slične odnose između starih i novih teorija. Bilo koji i svaki od njih mogao bi biti prikazan na primjerima dosadašnjeg povijesnog procesa razvoja znanosti. Da su prikazani, znanstveni razvoj bio bi autentično kumulativan. Nove vrste pojava samo bi otkrivale red u jednom aspektu prirode u kojem takav red prije toga nije bio opažen. U evoluciji znanosti novo bi znanje prije zamijenilo neznanje, nego znanje neke druge i nespojive vrste.

Naravno, znanost (ili neki drugi pothvat, možda manje uspješan) mogla se razvijati i na taj sasvim kumulativan način. Mnogi ljudi vjerovali su da se znanost tako i razvijala, a većina - čini se - još pretpostavlja daje kumulativni proces u najmanju ruku onaj ideal koji bi povijesni razvoj razotkrio, samo da nije bio tako često iskrivljen ljudskom idiosinkrazijom. Za takvo uvjerenje postoje važni razlozi. U poglavlju X otkrit ćemo koliko je stajalište o znanosti kao kumulativ-

nom procesu blisko isprepletено s prevladavajućom epistemologijom koja smatra daje znanje konstrukcija koju duh postavlja izravno na sirove čulne podatke. U poglavlju XI ispitat ćemo snažnu podršku koju toj istoj historiografskoj shemi pružaju tehnike uspješne znanstvene pedagogije. Pa ipak, usprkos iznimnoj prihvatljivosti te idealne slike, sve je više razloga da se upitamo može li to uopće biti slika **znanosti**. Poslije pre-paradigmatičkog razdoblja prihvaćanje svih novih teorija i gotovo svih novih vrsta pojava tražilo je zapravo razaranje prethodne paradigme, poslije čega je uslijedio sukob između suparničkih škola znanstvenog mišljenja. Kumulativno stjecanje neanticipiranih novosti gotovo je nepostojeći izuzetak u odnosu na pravilo znanstvenog razvoja. Čovjek koji ozbiljno shvaća povijesnu činjenicu mora posumnjati u to da znanost teži onom idealu koji je sugerirala naša predodžba njezine kumulativnosti. Možda je znanost neka druga vrsta pothvata.

Ako nas, međutim, činjenice koje pružaju otpor mogu odvesti tako daleko, onda ponovni pogled na ono područje koje smo već pokrili može sugerirati daje kumulativno stjecanje noviteta ne samo doista rijetko, već i načelno nevjerojatno. Normalno istraživanje, koje jest kumulativno, duguje svoj uspjeh sposobnosti znanstvenika da u pravilu izabiru probleme koji mogu biti riješeni konceptualnim i instrumentalnim tehnikama koje su bliske već postojećima. (To je razlog što pretjerani interes za korisne probleme, bez obzira na njihovu vezu s postojećim znanjem i tehnikom, lako može biti zaprekom znanstvenom razvoju). Međutim, netko tko nastoji riješiti problem definiran postojećim znanjem, ne gleda samo oko sebe. On zna što želi postići i u skladu s tim on skicira svoje instrumente i upravlja svoje misli. Neanticipirana novost, novo otkriće, može se pojaviti samo u onoj mjeri u kojoj su se njegova predviđanja o prirodi i vlastitim instrumentima pokazala pogrešnima. Važnost otkrića do kojeg se dolazi često će sama biti proporcionalna širini i tvrdoglavosti nepravilnosti koja ga je nagovijestila. Očito, mora postojati sukob između one paradigme koja je nepravilnost iznijela na vidjelo i one koja je tu nepravilnost kasnije iskazala kao zakonotvornu. Primjeri otkrića kroz razaranje paradigme, koje smo ispitati u poglavlju VI, nisu nas suočili s pukom povijesnom slučajnošću. Nema drugog djelotvornog načina na koji se može doći do otkrića.

Isti argument još jasnije vrijedi za pronalaženje teorija. Postoje, u načelu, samo tri vrste pojava o kojima se može razviti nova teorija. Prvu čine pojave koje su već dobro objašnjene postojećim paradigmama i one rijetko kada pružaju motiv ili polaznu točku za izgradnju teorije. Ako to ipak čine, kao što je slučaj s tri znamenite anticipacije o kojima se raspravljalo na kraju VII poglavlja, teorije do kojih se dođe rijetko kada se prihvaćaju, budući da priroda ne pruža nikakav temelj za izbor. Druga vrsta pojava sastoji se od onih čija je priroda naznačena postojećim paradigmama, ali čiji se detalji mogu razumjeti samo kroz daljnju artikulaciju teorije. To su one pojave prema kojima znanstvenici usmjeravaju svoja istraživanja najveći dio vremena, iako to istraživanje za cilj prije ima artikulaciju postojećih paradigmi, nego smišljanje novih. Samo onda kad svi pokušaji artikulacije propadnu, znanstvenici se susreću s trećom vrstom pojava, s priznatim nepravilnostima čija je karakteristika tvrdoglavo odbijanje da budu obuhvaćene postojećim paradigmama. Samo ova vrsta daje povoda nastanku novih teorija. Paradigme pružaju svim pojavama, s izuzetkom nepravilnosti, njihovo teorijama određeno mjesto u znanstvenikovu vidnom polju.

Međutim, ako su nove teorije pozvane da razriješe nepravilnosti u odnosu neke postojeće teorije i prirode, onda uspješna nova teorija negdje mora dopustiti predviđanja koja su različita od izvedenih iz prethodne teorije. Do te razlike ne bi moglo doći da su te dvije teorije bile logički spojive. U procesu asimilacije druga mora istisnuti prvu. Čak i teorija poput one o očuvanju energije, koja danas izgleda kao logička superstruktura koja ima vezu s prirodom samo kroz nezavisno zasnovane teorije, povijesno se nije razvila bez uništavanja paradigme. Naprotiv, onaje nastala iz krize u kojoj je bitan sastojak bila nespojivost između Newtonove dinamike i nekih ne tako davno formuliranih posljedica kalorijske teorije topline. Tek nakon što je kalorijska teorija bila odbačena, očuvanje energije moglo je postati dijelom znanosti.¹ A tek nakon što je neko vrijeme bilo dijelom znanosti, moglo je doći do toga da izgleda kao teorija logički višeg tipa koja nije u sukobu s onim teorijama koje sujoj prethodile. Teško je shvatiti kako bi nove teorije mogle nastati bez ovih rušilačkih

¹ Silvanus P. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*, London, 1910., I, str. 266-281.

promjena u uvjerenjima o prirodi. Iako logička uključivost ostaje dopušteno stajalište o odnosu između teorija koje slijede jedna iza druge, ono je povijesno neprihvatljivo.

Mislim da bi prije stotinjak godina bilo moguće na ovoj točki pustiti na miru pitanje nužnosti revolucija. Danas se to, na žalost, ne može učiniti, budući da se gledašte o ovom predmetu koje je prethodno elaborirano, ne može održati ukoliko se prihvati najrasprostranjenija suvremena interpretacija znanosti i uloge znanstvene teorije. Ta interpretacija, koja je blisko vezana s ranim logičkim pozitivizmom, a nije kategorički odbačena od strane onih koji su došli kasnije, tako bi ograničila domet i značenje jedne prihvaćene teorije, da nikako ne bi mogla doći u sukob s bilo kojom kasnijom teorijom koja predviđa iste prirodne pojave. Najpoznatija i najjača obrana ove ograničene koncepcije znanstvene teorije pojavljuje se u raspravama o odnosu između suvremene Einsteinove dinamike i starijih jednadžbi dinamike koje potječu iz Newtonovog djela *Principia*. S motrišta ovog pogleda te su dvije teorije fundamentalno nespojive u onom smislu koji je ilustriran odnosom kopernikanske i ptolomejske astronomije: Einsteinova teorija može se prihvatiti samo uz uvjet uviđanja da je Newtonova teorija pogrešna. Danas ovo gledašte zastupa manjina.² Moramo stoga ispitati koje mu se zamjerke najčešće upućuju.

Bit tih zamjerki može se obrazložiti na slijedeći način. Relativistička dinamika nije mogla pokazati da je Newtonova dinamika bila pogrešna, budući da većina inženjera tu dinamiku primjenjuje s velikim uspjehom, a mnogi fizičari u izabranim slučajevima također. Štoviše, prikladnost takve primjene starije teorije može se dokazati iz iste one teorije koja je, u drugim primjenama, zamijenila staru teoriju. Einsteinova teorija može se iskoristiti kako bi se pokazalo da će predviđanja iz Newtonovih jednadžbi biti isto toliko dobra kao i naši mjerni instrumenti u svim primjenama koje zadovoljavaju jedan manji broj ograničavajućih uvjeta. Ako Newtonova teorija, na primjer, treba pružiti približno dobro rješenje, relativne brzine tijela koja su uzeta u obzir moraju biti malene u usporedbi s brzinom svjetlosti. Zavisno o ovome kao i o nekoliko drugih uvjeta, izgleda kao da je Newtonovu teoriju moguće izvesti iz Einsteinove, čiji je ona, dakle, poseban slučaj.

² Vidi, npr., napomene P. P. Wienera u *Filozofija znanosti*, XXV, 1958., str. 298.

Ali, nastavlja ova zamjerka, niti jedna teorija nikako ne može doći u sukob s nekim od svojih posebnih slučajeva. Ako se čini da Einsteinova znanost čini Newtonovu dinamiku pogrešnom, to je samo stoga što su neki newtonovci bili tako nepažljivi da ustvrde da je Newtonova teorija donijela sasvim precizne rezultate ili da je bila valjana pri vrlo visokim relativnim brzinama. Budući da nisu mogli imati nikakve dokaze za takve svoje tvrdnje, oni su prigodom njihovog iznošenja iznevjerili standarde znanosti. U onoj mjeri u kojoj je Newtonova teorija ikada bila doista znanstvena teorija, podržana valjanim dokazima, ona to jest i danas. Samo za ekstravagantne tvrdnje u ime te teorije - tvrdnje koje nikada nisu bile zaista znanstvene - Einstein je mogao dokazati da su pogrešne. Očišćena od tih ljudskih ekstravagancija, Newtonova teorija nikad nije bila dovedena niti može biti dovedena u pitanje.

Jedna varijanta ovog argumenta sasvim je dovoljna da bilo koju teoriju koju je ikada primijenila neka značajna skupina kompetentnih znanstvenika učini imunom na napad. U velikoj mjeri kritizirana teorija flogistona, na primjer, unijela je red u veliki broj fizičkih i kemijskih pojava. Ona je objasnila zašto tijela gore - zato što su puna flogistona - i zašto su metali imali tako mnogo više zajedničkih svojstava nego njihove rudače. Ti su metali bili sastavljeni od različitih elementarnih sastojaka zemlje kombiniranih s flogistonom koji je, kao zajednički za sve metale, stvarao zajednička svojstva. Osim toga, teorija flogistona objasnila je određeni broj reakcija u kojima su kiseline bile formirane sagorijevanjem takvih supstanci kao što su ugljik i sumpor. Ona je također objasnila smanjivanje zapremine kada se sagorijevanje odvija u zatvorenom zračnom prostoru - flogiston koji se oslobađa sagorijevanjem "kvari" elastičnost zraka koji ga apsorbira, kao što vatra "kvari" elastičnost čelične opruge.³ Da su to bile jedine pojave koje su teoretičari flogistona prisvajali za svoju teoriju, ta teorija nikad ne bi bila pobijena. Sličan argument bit će dovoljan za bilo koju teoriju koja je ikada bila uspješno primijenjena na bilo kakav krug pojava.

³ James B. Conant, *Overthrow of the Phlogiston Theory*, Cambridge, Mass., 1950., str. 13-16; i J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, drugo izdanje, London, 1951., str. 85-88. Najpotpunije i s puno razumijevanja, pregled dostignuća teorije flogistona daje H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, 1930., dio II.

Ali, da bi se teorije na ovaj način spasile, njihovo područje primjene mora se ograničiti na one pojave i na takvu preciznost promatranja s kojom se postojeći empirijski dokazi već bave.⁴ Krenemo lijoš korak dalje (a taj se korak teško može izbjeći, čim je učinjen onaj prvi), takvo ograničenje zabranjuje znanstveniku da tvrdi da govori "na znanstveni način" o bilo kojoj pojavi koja već nije promatrana. Čak i u svom sadašnjem obliku to ograničenje zabranjuje znanstveniku da se u svom vlastitom istraživanju oslanja na neku teoriju uvijek kada to istraživanje zalazi u neko područje ili zahtijeva neki stupanj preciznosti za koji ranija praksa s tom teorijom ne pruža nikakav presedan. Ove zabrane logički nemaju izuzetka. Ali, rezultat njihovog prihvatanja bio bi kraj onog istraživanja kroz koje se znanost može dalje razvijati.

Ovo je do sada već gotovo tautologija. Bez vezivanja za paradigmu ne može biti nikakve normalne znanosti. Štoviše, to vezivanje mora se proširiti na područja i stupnjeve preciznosti za koje nema potpunog presedana. Ako se ne proširi, određena paradigma ne može postaviti nikakve zagonetke koje već nisu bile riješene. Osim toga, od vezivanja za paradigmu ne zavisi samo normalna znanost. Ako postojeća teorija obvezuje znanstvenika samo u odnosu na postojeće primjene, onda ne može biti nikakvih iznenađenja, nepravilnosti ili kriza. To su, međutim, upravo oni putokazi koji pokazuju put ka neuobičajenoj znanosti. Ako se pozitivistička ograničenja na opseg legitimne primjenjivosti jedne teorije shvate doslovce, onaj mehanizam koji znanstvenoj zajednici ukazuje na to koji problemi mogu voditi ka fundamentalnoj promjeni, mora prestati raditi. A kada se to dogodi, ta će se zajednica nužno vratiti nečemu stoje u velikoj mjeri slično pre-paradigmatičkom stanju, stanju u kojem se svi članovi bave znanošću, ali u kojem njihov brutto proizvod teško daje imalo sličan znanosti. Je li onda uopće čudno to stoje cijena značajnog znanstvenog napretka vezivanje koje u sebi sadrži rizik da bude pogrešno?

Što je još važnije, u pozitivističkom argumentu postoji logička praznina koja mnogo otkriva i koja će nas odmah ponovo uvesti u prirodu revolucionarne promjene. Može li Newtonova dinamika doista biti *izvedena* iz relativističke dinamike? Kako bi izgledalo ono

⁴ Usporedite zaključke do kojih se došlo vrlo različitim analizom koju daje R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation*, Cambridge, 1953., str. 50-87, posebno str. 76.

što je izvedeno? Zamislite jedan skup iskaza E_1, E_2, \dots, E_n , koji svi zajedno čine zakone relativističke teorije. Ti iskazi sadrže promjenjive parametre koji predstavljaju položaj u prostoru, vrijeme, masu u mirovanju, itd. Iz njih se, zajedno s aparatom logike i matematike, može izvesti čitav skup daljnjih iskaza, uključujući neke koji se ne mogu provjeriti promatranjem. Da bi se dokazala adekvatnost Newtonove dinamike kao posebnog slučaja, moramo E-ovima dodati dopunske iskaze, kakav je $(v/c)^2 \ll 1$, koji ograničava područje parametara i varijabli. S ovim proširenim skupom iskaza se potom manipulira kako bi se došlo do novog skupa N_1, N_2, \dots, N_m , kojije po obliku istovjetan s Newtonovim zakonima kretanja, zakonom gravitacije i tako dalje. Newtonova dinamika očito je izvedena iz Einsteinove pod nekim ograničavajućim uvjetima.

Ipak, izvođenje je nezakonito, barem do ove točke. Iako N-ovi predstavljaju poseban slučaj zakona relativističke mehanike, oni nisu Newtonovi zakoni. Ili barem nisu u slučaju kada ti zakoni nisu reinterpretirani na način koji bi bio nemoguć prije Einsteinovog rada. One varijable i parametri koji u Einsteinovim E-ovima predstavljaju položaj u prostoru, vrijeme, masu i tako dalje, javljaju se i u N-ovima, gdje još predstavljaju Einsteinov prostor, vrijeme i masu. Međutim, fizički referenti ovih Einsteinovih pojmova nisu ni u kojem slučaju istovjetni s onim Newtonovim pojmovima koji nose isto ime. (Newtonova masa je nepromjenjiva; Einsteinova se može pretvoriti u energiju. Samo pri niskim relativnim brzinama mogu se obje mjeriti na isti način, pa tada i ne treba smatrati da su iste.) Ukoliko ne promijenimo definicije varijabli u N-ovima, iskazi koje smo izveli nisu Newtonovi. A ako ih promijenimo, za nas bi se teško moglo reći da smo *izveli* Newtonove zakone - u svakom slučaju ne u trenutno opće prihvaćenom smislu riječi "*izvesti*". Naša je rasprava, naravno, objasnila zašto je ikada izgledalo da Newtonovi zakoni funkcioniraju. Tako smo, recimo, opravdali vozača automobila koji se ponaša kao da živi u Newtonovom svemiru. Argument iste vrste upotrijebljen je da se opravda to što se geometrima predaje astronomija, u kojoj je centar svijeta Zemlja. Ali, ova rasprava još nije postigla ono što je namjeravala. To znači da nije pokazala da su Newtonovi zakoni ograničavajući slučaj Einsteinovih. Jer, u kretanju prema granici nisu se

promijenili samo oblici zakona. Istodobno smo morali promijeniti one fundamentalne strukturalne elemente koji čine svemir na koji se oni primijenjuju.

Nužnost promjene značenja već ustanovljenih i uobičajenih pojmova centralna je za revolucionarni utjecaj Einsteinove teorije. Iako suptilnije od promjena s geocentrizma na heliocentrizam, s flogistona na kisik ili s čestica na valove, pojmovna preobrazba do koje je došlo nije ništa manje odlučna u svojoj destruktivnosti u odnosu na prethodno uspostavljenu paradigmu. Čak je možemo početi promatrati kao prototip revolucionarnih preorijentacija u znanostima. Upravo stoga što nije uključivao uvođenje dodatnih objekata ili pojmova, prijelaz s Newtonove na Einsteinovu mehaniku s posebnom jasnoćom ilustrira znanstvenu revoluciju kao pomicanje one pojmovne mreže kroz koju znanstvenici promatraju svijet.

Ove bi primjedbe trebale biti dovoljne da pokažu ono što bi u drugačijoj filozofskoj klimi moglo biti smatrano već provjerenim. U svakom slučaju, većina očitih razlika između odbačene znanstvene teorije i njezinog nasljednika, za znanstvenika doista čini razliku. Iako se neku zastarjelu teoriju može promatrati kao poseban slučaj svog suvremenog nasljednika, u tu svrhu ona mora doživjeti preobrazbu. A ta se preobrazba može dogoditi samo uz prednosti pogleda unatrag, eksplicitnog usmjeravanja od strane novije teorije. Štoviše, ukoliko je ta preobrazba sredstvo koje se legitimno može upotrijebiti u interpretaciji starije teorije, ishod njezine primjene bila bi tako ograničena teorija, koja bi samo mogla ponoviti ono što smo već znali. Zbog svoje ekonomičnosti takva bi preformulacija bila korisna, ali ne bi mogla biti dovoljna za usmjeravanje istraživanja.

Uzmimo zato sada kao sigurno da su razlike između sukcesivnih paradigmi u isto vrijeme i nužne i neuskладive. Možemo li onda eksplicitnije reći koje su to razlike? Najočitija vrsta bila je već u nekoliko navrata ilustrirana. Sukcesivne paradigme govore nam različite stvari o stanovnicima svemira i njihovu ponašanju. One se, dakle, razlikuju oko pitanja kao što su postojanje subatomske čestice, materijalna priroda svjetlosti, te čuvanje topline i energije. To su bitne razlike između sukcesivnih paradigmi i za njih nisu potrebne nikakve dopunske ilustracije. Ali, paradigme se ne razlikuju samo po svojoj biti, budući

da su usmjerene ne samo prema prirodi, već i natrag prema znanosti koja ih je proizvela. One su izvor metoda, područja problema i standarda rješenja koji se prihvaćaju od strane bilo koje zrele znanstvene zajednice u bilo koje određeno vrijeme. Ishod je činjenica da prihvaćanje nove paradigme često nužno za sobom povlači drugačije definiranje neke znanosti. Neki stari problemi mogu biti otposlani u drugu znanost ili proglašeni potpuno "neznanstvenima". Drugi, koji ranije nisu postojali ili su bili trivijalni, možda će s novom paradigmom postati upravo prototipovi značajnog znanstvenog dostignuća. A kako se mijenjaju problemi, tako se često mijenja i standard po kojem se stvarno znanstveno rješenje razlikuje od obične metafizičke spekulacije, igre riječima ili matematičke igre. Normalno-znanstvena tradicija koja nastaje iz neke znanstvene revolucije nije samo nespojiva, već često zapravo neusporediva s onom koja je ranije bila na snazi.

Utjecaj Newtonovog djela na tradiciju normalne znanstvene prakse u sedamnaestom stoljeću pruža dojmljiv primjer suptilnijih efekata pomaka paradigme. Prije nego što se Newton rodio, "nova znanost" tog stoljeća konačno je uspjela odbaciti aristotelovska i skolastička objašnjenja izražena u terminima esencija materijalnih tijela. Tvrdnja da je kamen pao zato što ga je njegova "priroda" povukla prema centru svemira počela je izgledati kao čista tautološka igra riječi, što prije nije bilo tako. Od tog trenutka čitav tijek čulnih pojava, uključujući boju, okus, čak i težinu, trebalo je objasniti terminima veličine, oblika, položaja i kretanja elementarnih čestica osnovne materije. Pripisivanje drugih kvaliteta elementarnim atomima spadalo je u područje mističnog i zato je bilo izvan granica u kojima se kreće znanost. Molière je točno uhvatio novi duh kad se potsmjehivao liječniku koji je djelotvornost opijuma kao uspavljujućeg sredstva objašnjavao pripisujući mu uspavljujuću moć. Tijekom druge polovice sedamnaestog stoljeća mnogi su znanstvenici bili skloni reći daje okrugli oblik čestica opijuma ono što je te čestice osposobilo da umire živce oko kojih se kreću.⁵

Objašnjenja temeljena na mističnim kvalitetama u jednom su ranijem razdoblju bila integralni dio produktivnog znanstvenog rada.

⁵ Za korpuskularizam općenito vidi Marie Boas "The Establishment of the Mechanical Philosophy", *Osiris*, X, 1952., str. 412-541. Za djelovanje oblika čestice na okus vidi *ibid.*, str. 483.

Pa ipak se nova vezanost sedamnaestog stoljeća za mehaničko-korpuskularno objašnjenje pokazala iznimno plodnom za veći broj znanosti, oslobađajući ih problema koji su se opirali opće prihvaćenom rješenju i predlažući druge koji će ih zamijeniti. U dinamici, na primjer, Newtonova tri zakona kretanja u manjoj su mjeri proizvod novih eksperimenata, a više pokušaja da se dobro poznata promatranja reinterpreteriraju pomoću kretanja i interakcija primamo neutralnih čestica. Pogledajmo samojednu konkretnu ilustraciju. Kako neutralne čestice mogu djelovati jedna na drugu samo putem kontakta, mehaničko-korpuskularno gledanje na prirodu usmjerilo je znanstvenu pažnju na sasvim novi predmet istraživanja, na promjenu kretanja čestica do koje dolazi putem sudara. Descartes je najavio problem i predočio ono što je smatrao prvim rješenjem tog problema. Huyghens, Wren i Wallis krenuli su dalje djelomično eksperimentirajući s utezima njihala koji se sudaraju, ali najvećim dijelom primjenjujući prethodno već dobro poznate karakteristike kretanja na taj novi problem. Newton je njihove rezultate ugradio u svoje zakone kretanja. Jednaka "akcija" i "reakcija" trećeg zakona predstavljaju promjene u kvaliteti i kvantiteti kretanja koje doživljavaju dvije strane u sudaru. Ista promjena kretanja dovodi do definicije dinamičke sile koja je implicitna u drugom zakonu. U ovom slučaju, kao i u mnogim drugim tijekom sedamnaestog stoljeća, korpuskularna paradigma stvorila je novi problem, ali i veliki dio njegova rješenja.⁶ Iako je veliki dio Newtonovog rada bio usmjeren na probleme i uključene standarde izvedene iz mehaničko-korpuskularnog pogleda na svijet, ipak je efekt ove paradigme koja je proizašla iz njegova rada predstavljao daljnju i djelomično destruktivnu promjenu u onim problemima i standardima koji su za znanost legitimni. Interpretirana kao imanentno privlačenje između svakog para čestica materije, gravitacija je posjedovala istu onu mističnu kvalitetu kakvu je imala skolastička "tendencija pada". Prema tome, dok su standardi korpuskularnosti ostali na snazi, traganje za mehaničkim objašnjenjem gravitacije predstavljalo je jedan od najizazovnijih problema za one koji su prihvaćali *Principia* kao paradigmu. Sam Newton posvetio mu je mnogo pažnje, a također i mnogi njegovi

⁶ R. Dugas, *La mécanique au XVII^e siècle*, Neuchâtel, 1954., str. 177-185, 284-298, 345-356.

sljedbenici u osamnaestom stoljeću. Jedina očita mogućnost izbora bilo je odbacivanje Newtonove teorije zbog toga što nije uspjela objasniti gravitaciju, pa je i ta alternativa bila široko prihvaćena. Međutim, niti jedno od ovih gledišta nije konačno trijumfiralo. Kako nisu bili u stanju ni baviti se znanošću bez *Principia*, niti učiniti da se taj rad prilagodi korpuskularnim standardima sedamnaestog stoljeća, znanstvenici su postupno prihvatili gledište o stvarnoj imanentnosti gravitacije. Sredinom osamnaestog stoljeća taje interpretacija bila gotovo univerzalno prihvaćena, a ishod je bilo okretanje (koje nije bilo isto što i nazadovanje) ka skolastičkom standardu. Imanentna privlačenja i odbijanja pridružila su se veličini, obliku, položaju i kretanju ka onim primarnim svojstvima materije koja se ne mogu dalje fizički reducirati.⁷

Promjena do koje je došlo u standardima i u području problema fizičke znanosti još je jednom bila značajne prirode. Tako su, na primjer, već četrdesetih godina osamnaestog stoljeća "električari" mogli govoriti o atraktivnoj "vrlini" električnog fluida, a da se pritom ne izlažu onom podsmijehu s kojim je uvijek ranije bio dočekan Molièereov liječnik. Kako su to činili, električne su pojave sve više iskazivale red različit od onoga koji su te iste pojave pokazivale kada su promatrane kao efekti mehaničkog effluvia koji može djelovati samo putem kontakta. Posebno tada kada je postala predmetom proučavanja sama po sebi, pojava koju sada nazivamo punjenjem putem indukcije mogla je biti priznata kao jedan od njezinih efekata. Ranije, kada je uopće bila primijećena, pripisivana je neposrednoj akciji električnih "atmosfera" ili curenjima koja se u bilo kojem električnom laboratoriju ne mogu izbjeći. Novi način gledanja na induktivne efekte predstavljao je, sa svoje strane, ključ za Franklinovu analizu Leydenske boce kao i za nastajanje nove Newtonove paradigme za elektricitet. Dinamika i elektricitet nisu bili jedina znanstvena područja na koja je utjecala legitimizacija traganja za silama koje su urođene materiji. Veliki dio literature osamnaestog stoljeća o kemijskim afinitetima i nizovima zamjene također potječe iz ovog supra-mehaničkog aspekta newtonizma. Kemičari koji su vjerovali u ova diferencijalna privlačenja

⁷ 1. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*, Philadelphia, 1956., poglavlja VI-VII.

između različitih kemijskih vrsta započeli su s dotad nezamislivim elcspersperimentima i traganjima za novim vrstama reakcija. Bez onih podataka i onih kemijskih pojmova koji su se razvili u ovom procesu, kasniji Lavoisierov, a posebno Daltonov rad, bili bi neshvatljivi⁸ Promjene u standardima koji određuju dopustive probleme, pojmove i objašnjenja, mogu preobraziti jednu znanost. U slijedećem poglavlju čak ću sugerirati jedan smisao u kojem te promjene mogu preobraziti svijet.

Drugi primjeri ovih nebitnih razlika između paradigmi koje slijede jedna za drugom mogu se pronaći u povijesti bilo koje znanosti u gotovo svakom razdoblju njezinog razvoja. U ovom trenutku neka nam budu dovoljne samo dvije daleko kraće ilustracije. Jedna od priznatih zadaća kemije, prije kemijske revolucije, bila je objasniti svojstva kemijskih supstanci, kao i one promjene kojima ta svojstva podliježu tijekom kemijskih reakcija. Uz pomoć jednog malog broja elementarnih "principa" -jedan od njih je bio flogiston - kemičarje trebao objasniti zašto su neke supstance kisele, druge metalne, treće zapaljive, i tako dalje. Određeni uspjeh u tom smislu bio je postignut. Već smo primijetili daje flogiston objasnio zašto su metali u tako velikoj mjeri slični jedan drugome, a sličan se argument mogao razviti i za kiseline. Lavoisierova reforma, međutim, konačno je odbacila kemijske "principe" i tako završila time što je kemiju lišila nešto stvarne i dosta potencijalne moći objašnjavanja. Da bi se taj gubitak nadoknadio, bila je nužna promjena u standardima. Tijekom većeg dijela devetnaestog stoljeća neuspjeh u objašnjavanju kvaliteta spojeva nije predstavljao nikakvu optužbu protiv neke kemijske teorije.⁹

Clerk Maxwell dijelio je s drugim predstavnicima valne teorije svjetlosti devetnaestog stoljeća uvjerenje da se valovi svjetlosti moraju prostirati kroz materijalni eter. Uspostavljanje mehaničkog medija na koji bi se ti valovi oslanjali bio je standardni problem za mnoge od njegovih najsposobnijih suvremenika. Njegova vlastita teorija, međutim, dakle elektromagnetska teorija svjetlosti, nije dala opis nikakvog medija na koji se valovi svjetlosti oslanjaju, a uz to je postizanje takvog objašnjenja učinila težim nego što je to ranije izgledalo. Upravo iz tih razloga Maxwellovu su teoriju u prvo vrijeme u velikoj mjeri odba-

⁸ Za elektricitet, vidi *ibid.*, poglavlja VIII-IX. Za kemiju vidi Metzger, *op. cit.*, dio I.

⁹ É. Meyerson, *Identity and Reality*, New York, 1930., poglavlje X.

civali. AH, kao i u slučaju Newtonove teorije, pokazalo se daje bez Maxwellove teorije teško. Kad je postigla status paradigme, stav zajednice prema njoj se promijenio. Tijekom prvih desetljeća dvadesetog stoljeća Maxwellovo ustrajavanje na postojanju mehaničkog etera sveje više izgledalo kao prazna priča, što ono sigurno nije bilo, pa su pokušaji da se stvori takav eterski medij bili odbačeni. Razgovor o električnom "pražnjenju" bez specificiranja što se ispraznilo, znanstvenici više nisu smatrali neznanstvenim. Stoga je opet dobiven novi skup problema i standarda, skup kojije u ovom konkretnom slučaju imao značajne veze s nastajanjem teorije relativnosti.¹⁰

Ovi karakteristični pomaci u shvaćanju legitimnih problema i standarda znanstvene zajednice imali bi manji značaj za glavnu tezu koju zastupam u ovom ogledu kad bi se moglo pretpostaviti da su se oni uvijek kretali od nekog metodološki nižeg ka metodološki višem tipu. U tom bi slučaju njihovi efekti djelovali kumulativno. Nije ni čudo da su neki povjesničari zastupali stajalište da povijest znanosti bilježi neprekidno povećanje zrelosti i dotjeranosti čovjekove koncepcije prirode znanosti." Ipak, braniti gledište o kumulativnom razvoju znanstvenih problema i standarda još je teže nego braniti kumuliranje teorija. Pokušaj objašnjavanja gravitacije, iako uspješno odbačen od većine znanstvenika osamnaestog stoljeća nije bio usmjeren na neki u biti nelegitiman problem; primjedbe upućene na račun imanentnih sila nisu bile niti inherentno neznanstvene niti su bile metafizičke u podrugljivom smislu riječi. Ne postoje nikakvi vanjski standardi koji bi dopustili takvu vrstu prosuđivanja. Ono što se dogodilo nije bilo ni snižavanje ni podizanje standarda, već jednostavno promjena koju je tražilo prihvaćanje nove paradigme. Štoviše, ta je promjena u međuvremenu promijenila smjer, a to bi se moglo i ponovo dogoditi. U dvadesetom stoljeću Einstein je uspio objasniti gravitacijska privlačenja, a to je objašnjenje vratilo znanost skupu kanona i problema koji su, u tom posebnom smislu, više slični onima Newtonovih prethodnika, nego onima njegovih sljedbenika. Ili, razvoj kvantne

¹⁰ E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II, London 1953., str. 28-30.

¹¹ Za briljantan i posve suvremen pokušaj da se znanstveni razvoj smjesti u ovaj Prokrustov krevet, vidi C.C. Gillispie, *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas*, Princeton, 1960.

mehanike preokrenuo je onu metodološku zabranu koja je nastala tijekom kemijske revolucije. Kemičari sada pokušavaju objasniti, i to s velikim uspjehom, boju, agregatno stanje i druge kvalitete onih supstanci koje upotrebljavaju i stvaraju u svojim laboratorijama. Možda je čak sličan preokret u tijeku u elektromagnetskoj teoriji. Prostor u suvremenoj fizici nije onaj intertni i homogeni supstrat koji je upotrebljavan kako u Newtonovoj, tako i u Maxwelllovoj teoriji; neka od njegovih novih svojstava ne razlikuju se od onih koja su nekada bila pripisivana eteru; možda ćemo jednog dana doći do spoznaje o tome **stoje** električno pražnjenje.

Pomakom naglaska sa spoznajnih na normativne funkcije paradigmi, navedeni primjeri uvećavaju naše razumijevanje načina kako paradigme daju oblik znanstvenom životu. Ranije smo uglavnom ispitivali ulogu paradigme kao sredstva za izgradnju znanstvene teorije. U toj ulozi ona funkcionira govoreći znanstveniku o onim entitetima koje priroda sadrži, odnosno ne sadrži, kao i o načinima kako se ti entiteti ponašaju. Te informacije čine mapu čiji se detalji rasvijetljavaju zrelim znanstvenim istraživanjem. Budući daje priroda previše složena i raznovrsna da bi se mogla istraživati putem slučajnosti, mapaje isto toliko bitna za neprekidan razvoj znanosti kao i promatranje i eksperiment. Kroz teorije koje uključuju, paradigme se pokazuju konstitutivnima za istraživačku aktivnost. One su, međutim, konstitutivne za znanost i u drugim pogledima i to je ono na što sada želim ukazati. Naši najnoviji primjeri posebno pokazuju da paradigme znanstvenicima pružaju ne samo mapu već, isto tako, i neke upute koje su bitne za pravljenje mape. Usvajajući neku paradigmu znanstvenik stječe teoriju, metode i standarde u isti mah, i to obično nerazdvojno povezane. Prema tome, kada se paradigme mijenjaju obično imamo i značajne pomake u onim kriterijima koji određuju legitimnost problema i predloženih rješenja.

Ovo nas opažanje vraća na onu točku od koje je ovo poglavlje započelo, zbog toga što nam pruža prvu eksplicitnu naznaku o tome zašto izbor između suparničkih paradigmi, u pravilu, rađa pitanja koja se ne mogu razriješiti kriterijima normalne znanosti. U onoj mjeri (koliko značajnoj toliko i nepotpunoj) u kojoj se dvije znanstvene škole ne slažu oko toga stoje problem, a stoje rješenje, one se neizbježno

neće razumjeti kada raspravljaju o relativnim zaslugama svojih odgovarajućih paradigmi. U onim cirkularnim argumentima do kojih se u pravilu dolazi, za svaku će se paradigmu pokazati da, manje ili više, zadovoljava one kriterije koje sama sebi propisuje, kao i da ne ispunjava nekoliko suparničkih kriterija. Postoje, isto tako, i drugi razlozi za nepotpunost logičkog dodira koji dosljedno karakterizira rasprave oko paradigme. Tako, na primjer, budući da nijedna paradigma nikada ne rješava sve one probleme koje definira, te kako nema dvije paradigme koje bi ostavljale neriješenim iste probleme, rasprave o paradigmi uključuju slijedeće pitanje: koje je probleme važnije riješiti? Kao i na pitanje suparničkih standarda, na ovo pitanje o vrijednostima može se odgovoriti samo pomoću kriterija koji leže sasvim izvan normalne znanosti, a upravo to pribjegavanje vanjskim kriterijima jest ono što rasprave o paradigmi najočitiije čini revolucionarnim. Ali, ovdje je u pitanju čak i nešto osnovnije nego što su standardi i vrijednosti. Do sada sam zastupao stav da su paradigme bitne za znanost. Sada želim izložiti smisao u kojem su one, isto tako, bitne za prirodu.

REVOLUCIJE KAO PROMJENE POIMANJA SVIJETA

Ispitujući podatke dobivene istraživanjem prošlosti s točke gledišta suvremene povijesne znanosti, povjesničar znanosti može biti doveden u iskušenje donošenja zaključka da se u trenutku promjene paradigme mijenja i čitav svijet. Vođeni novom paradigmom znanstvenici usvajaju nove instrumente i istražuju nova mjesta. Što je još važnije, znanstvenici tijekom revolucija vide nove i drugačije stvari i onda kada s uobičajenim instrumentima istražuju mjesta koja su ranije već promatrali. Čini se kao da je stručna zajednica iznenada prebačena na neki drugi planet, na kojem se poznati predmeti vide u nekom drugačijem svjetlu, a pridružuju im se i predmeti koji su do tada bili nepoznati. Naravno, ništa se od toga doista ne dešava: nema zemljopisnog premještanja. Svakodnevna zbivanja izvan laboratorija obično se nastavljaju kao i prije toga. Pa ipak promjene paradigme dovode do toga da znanstvenici svijet svojeg istraživačkog angažmana vide drugačije. U onoj mjeri u kojoj je njihov jedini prilaz tom svijetu kroz to što oni vide i čine, mogli bismo reći da znanstvenici poslije revolucije reagiraju na jedan drugačiji svijet.

Poznate demonstracije prebacivanja u vizuelnom gestaltu pokazuju se vrlo sugestivnima kao elementarni prototipovi za ovakve preobrazbe znanstvenikova svijeta. Ono što su u znanstvenikovu svijetu prije revolucije bile guske, poslije revolucije su zečevi. Čovjek koji je prvo vidio gornji dio kutije izvana, kasnije vidi njezinu unutrašnjost odozdo. Ovakve preobrazbe, iako obično postupne i takve da se gotovo nikad ne mogu okrenuti u suprotnom smjeru, obično prate znanstvenu naobrazbu. Promatrajući šrafiranu mapu, student vidi

linije na papiru, dok čitač karata vidi sliku terena. Promatrajući fotografiju zamagljene komore, student vidi kaotične izlomljene crte, dok fizičar vidi prikaz uobičajenih zbijanja unutar atoma. Tek poslije određenog broja takvih preobražajnih viđenja student postaje pripadnik znanstvenog svijeta, videći ono što vidi znanstvenik i reagirajući poput znanstvenika. Taj svijet u koji student tada ulazi nije, međutim, jednom i zauvijek fiksiran s jedne strane prirodom okoline, a s druge strane samom znanošću. Prije bi se moglo reći daje on zajednički određen okolinom i posebnom normalno-znanstvenom tradicijom koju je student obučan da slijedi. Prema tome, u doba revolucije, kada se normalno-znanstvena tradicija mijenja, znanstvenikovo se opažanje okoline mora preispitati - u nekim poznatim situacijama on mora naučiti vidjeti novi gestalt. Kada je to već postigao, svijet njegovih istraživanja tu i tamo će izgledati neuskladivim s onim u kojem je ranije boravio. To je još jedan razlog što škole koje su vođene različitim paradigmatima uvijek imaju i donekle različite ciljeve.

U svom najčešćem obliku, razumije se, gestalt eksperimenti ilustriraju samo prirodu opažajnih preobražaja. Oni nam ništa ne govore o ulozi paradigmi ili o ranije asimiliranom iskustvu u procesu opažanja. Ali, o tome postoji bogata psihološka literatura od koje dobar dio potječe iz pionirskog rada Hanoverskog instituta. Eksperimentalni subjekt koji stavi specijalne naočale s lećama koje preokreću lik, u prvi mah vidi cijeli svijet okrenut naopako. Njegov opažajni aparat u početku funkcionira onako kako je bio naučen funkcionirati bez ovih naočala, a rezultat je krajnja dezorijentacija i akutna osobna kriza. Međutim, kad je subjekt već počeo učiti kako se snaći u svojem novom svijetu, cijelo njegovo vidno polje se u trenutku preokrene, obično poslije jednog prijelaznog razdoblja tijekom kojeg je viđenje konfuzno. Poslije toga objekti se ponovo vide onakvima kakvi su bili i prije nego što su naočale stavljene. Prilagodba jednog ranije nepravilnog vidnog polja dovela je do reagiranja i do promjene samog tog polja.¹ Doslovce ili metaforički, čovjek koji se

¹ Izvorne eksperimente izveo je George M. Stratton "Vision without Inversion of the Retinal Image", *Psychological Review*, IV, 1987., str. 341-360, 463-481. Suvremeniji prikaz pružio je Harvey A. Carr, *An Introduction to Space Perception*, New York, 1935., str. 18-57.

prilagodio lećama koje preokreću naopako, doživio je revolucionarni preobražaj viđenja.

Subjekti eksperimenta s nepravilnim kartama za igranje, o kojima raspravljamo u poglavlju VI, iskusili su sasvim sličnu preobrazbu. Dok nisu, nakon dulje izloženosti, zaključili da svemir sadrži nepravilne karte, oni su vidjeli samo onaj tip karata za koji ih je pripremljeno ranije iskustvo. Kad im je iskustvo na raspolaganje stavilo potrebne dopunske kategorije, oni su bili sposobni vidjeti sve nepravilne karte pri prvom promatranju koje je bilo dovoljno dugo da dopusti identifikaciju bilo koje vrste. Treći eksperimenti demonstriraju da opažena veličina, boja i tako dalje eksperimentalno izloženih objekata također varira s prethodnom obukom i iskustvom subjekta.² Pregledavanje bogate eksperimentalne literature iz koje su ovi primjeri uzeti, čini da posumnjamo da nešto slično paradigmi predstavlja preduvjet za samo opažanje. Ono što čovjek vidi zavisi o tome što promatra i o tome što gaje njegovo ranije vizuelno-pojmovno iskustvo naučilo da vidi. U odsutnosti takve obuke može postojati samo, kako kaže William James, "cvjetajuća i zujeća zbrka".

Nekoliko ljudi koji se bave poviješću znanosti otkrilo je posljednjih godina da su eksperimenti poput ranije opisanih iznimno sugestivni. N. R. Hanson posebno je primjenjivao demonstracije gestalta za razradu nekih od onih istih posljedica znanstvenog uvjerenja koje i mene ovdje zanimaju.³ Drugi su kolege u više navrata primijetili da bi povijest znanosti imala više smisla i da bi bila koherentnija kad bi se moglo pretpostaviti da su znanstvenici povremeno doživljavali takve pomake opažanja kakvi su gore opisani. Međutim, koliko god psihološki eksperimenti bili sugestivni, oni po samoj prirodi stvari ipak ne mogu biti više od toga. Oni pokazuju karakteristike opažanja koje *moгу* biti centralne za znanstveni razvoj, ali ne pokazuju da pažljivo i kontrolirano promatranje koje provode znanstvenici-istraživači, sadrži bilo koju od ovih karakteristika. Štoviše, sama priroda ovih eksperimenata

² Za primjere vidi Albert H. Hastorf "The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance", *Journal of Psychology*, XXIX, 1950., str. 195-217; i Jerome S. Bruner, Leo Postman i John Rodrigues "Expectations and the Perception of Color", *American Journal of Psychology*, LXIV, 1951., str. 216-227.

³ N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge, 1958., poglavlje I.

onemogućuje svako neposredno demonstriranje ove točke. Ako se povijesnim primjerom treba postići da ovi psihološki eksperimenti izgledaju relevantnima, moramo prvo uočiti one vrste dokaza koje od povijesti možemo, ili ne možemo, očekivati da nam pruži.

Subjekt gestalt demonstracije zna da se njegovo opažanje pomaknulo, jer sam subjekt može postići naizmjenično pomicanje opažanja naprijed i natrag dok u rukama drži istu knjigu ili isti komad papira. Svjestan da se u njegovoj okolini ništa nije promijenilo, on sve više usmjerava svoju pažnju ne na lik (guska ili zec), već na one linije na papiru koje promatra. Na kraju, može čak naučiti gledati te linije tako da ne vidi niti jedan od likova, pa onda može reći (što ranije legitimno nije mogao) da ono što vidi zapravo jesu te linije, ali da ih on vidi naizmjenično *kao* gusku ili *kao* zeca. Na isti način subjekt eksperimenta s nepravilnim kartama zna (ili, točnije, može biti uvjeren) da se njegovo opažanje moralo pomaknuti zato što ga vanjski autoritet, eksperimentator, uvjerava daje on, bez obzira na to što je *vidio*, svo vrijeme *gledao* u crnu peticu herc. U oba ova slučaja, kao i kod svih sličnih psiholoških eksperimenata, djelotvornost demonstriranja zavisi o tome može li se ono analizirati na ovakav način. Ukoliko nije bilo nikakvog vanjskog standarda u odnosu na koji bi se prebacivanje u viđenju moglo demonstrirati, nikakav zaključak o naizmjeničnim opažajnim mogućnostima ne bi mogao biti izveden.

Sa znanstvenim promatranjem, međutim, situacija je točno obrnuta. Znanstvenik nema nikakvo drugo pribježište iznad ili izvan onoga što vidi vlastitim očima i instrumentima. Kad bi postojao neki viši autoritet na koji bi se mogao pozvati da bi eventualno mogao dokazati da mu se viđenje pomaknulo, tada bi sam taj autoritet postao izvorom njegovih podataka, a ponašanje njegovog viđenja postalo bi izvorom problema (kao što je ponašanje eksperimentalnog subjekta za psihologa). Iste vrste problema nastale bi kad bi se znanstvenik mogao prebacivati amo-tamo kao subjekt gestalt-eksperimenta. Ono razdoblje u kojem je svjetlost bila "ponekad val, a ponekad čestica" bilo je razdoblje krize - razdoblje kada nešto nije bilo u redu - i ono je završilo tek kad se počela razvijati valna mehanika i kad se uvidjelo da je svjetlost entitet konzistentan sam u sebi, a različit od valova i čestica. Prema tome, ako u znanostima opažajna prebacivanja prate

promjene paradigme, ne možemo od znanstvenika očekivati da izravno svjedoče o tim promjenama. Promatrajući Mjesec, obraćenik na kopernikanizam ne kaže "do sada sam vidio planet, a sada vidim satelit". Takav način izražavanja podrazumijevao bi smisao u kojem je ptolomejski sustavjednom bio točan. Umjesto toga, obraćenik na novu astronomiju kaže: "Nekada sam smatrao daje Mjesec (ili sam Mjesec vidio kao) planet, ali sam u tome pogriješio". Takva vrsta iskaza redovito se susreće poslije znanstvenih revolucija. Ako ona obično prikriva pomak u znanstvenom viđenju ili neki drugi mentalni preobražaj istog efekta, ne možemo očekivati neposredno svjedočenje o tom pomaku. Prije bismo morali tražiti posredne dokaze ponašanja o tome da znanstvenik s novom paradigmom vidi stvari drugačijima nego što ih je ranije vidio.

Vratimo se podacima i upitajmo se kakve preobrazbe u znanstvenikovu svijetu može otkriti povjesničar koji vjeruje u takve promjene. Sir William Herschelovo otkriće Urana prvi je primjer, a ujedno i najsličniji eksperimentu s nepravilnim kartama. U najmanje sedamnaest različitih prigoda, između 1690. i 1781. godine, određeni je broj astronoma, uključujući nekoliko najuglednijih europskih promatrača neba, opazio zvijezdu u položaju za koji danas pretpostavljamo da gaje morao zauzimati Uran. Jedan od najboljih promatrača u toj skupini vidio je zapravo tu zvijezdu 1769. godine četiri noći uzastopce, ne opažajući kretanje koje bi moglo upućivati na drugačiju identifikaciju. Kada je Herschel, dvanaest godina kasnije, prvi put promatrao isti objekt učinio je to sa znatno poboljšanim teleskopom vlastite proizvodnje. Stoga je bio sposoban opaziti lik u obliku diska koji je u najmanju ruku neuobičajen za zvijezde. Nešto nije bilo kako valja, paje on zato odgodio identifikaciju dok to pažljivije ne ispita. Tim je ispitivanjem otkrio kretanje Urana između zvijezda, te je stoga proglasio da je vidio novi komet! Tek nekoliko mjeseci kasnije, poslije bezuspješnih pokušaja da promatrano kretanje uklopi u putanju kometa, Lexell je sugerirao da se možda radi o putanji planeta.⁴ Kad je ta sugestija prihvaćena, svijet profesionalnog astronoma bio je osiromašen za nekoliko zvijezda i obogaćen za jedan planet. Cijeli skup zvijezda koji je neprekidno bio promatran gotovo čitavo jedno

⁴ Peter Doig, *A Concise History of Astronomy*, London, 1950.; str. 115-116.

stoljeće, od 1781. godine promatranje drugačije budući da se, kao i u slučaju one nepravilne karte za igranje, više nije mogao uklopiti u one opažajne kategorije (zvijezda ili kometa) koje je pružala do tada prevladavajuća paradigma.

Međutim, izgleda da pomak vizije koji je osposobio astronome da vide Uran, planet, nije utjecalo samo na opažanje tog ranije promatranog objekta. Posljedice su bile dalekosežnije. Vjerojatnije, iako su dokazi za to nedovoljno određeni, manja promjena paradigme koju je nametnuo Herschel pomogla da se astronomi poslije 1801. godine pripreme za brzo otkrivanje brojnih manjih planeta ili asteroida. Zbog svojih malih dimenzija oni nisu pokazivali nepravilno uvećavanje koje je Herschela navelo na oprez. Pa ipak su astronomi, koji su bili pripremljeni na pronalaženje novih planeta, uz pomoć standardnih instrumenata tijekom prvih pedeset godina devetnaestog stoljeća uspjeli identificirati dvadeset takvih planeta.⁵ Povijest astronomije pruža i mnoge druge primjere promjena u znanstvenom opažanju do kojih je došlo pod utjecajem paradigme, od kojih su neke bile čak i u manjoj mjeri dvojbene. Može li se, recimo, zamisliti daje to što su zapadni astronomi - tijekom onih pola stoljeća nakon što je Kopernikova nova paradigma bila prvi put predložena - prvi vidjeli promjenu na ranije nepromjenjivom nebu, bila slučajnost? Kinezi, čija kozmološka vjerovanja nisu onemogućavala promjenu promatranja neba, znatno su ranije registrirali pojavu mnogih novih zvijezda. Osim toga, čak i bez pomoći teleskopa, Kinezi su sustavno registrirali pojavu Sunčevih pjega stoljećima prije nego što su ih vidjeli Galileo i njegovi suvremenici.⁶ No, pjege na suncu i jedna nova zvijezda nisu bili jedini primjeri promjene koja se dogodila na nebu zapadne astronomije neposredno poslije Kopernika. Služeći se tradicionalnim instrumentima, od kojih su neki bili toliko jednostavni kao stoje komadić užeta, astronomi s kraja šesnaestog stoljeća u više su navrata otkrili da su kometi lutali po volji kroz prostor kojije prije toga bio rezerviran za nepokretne planete i zvijezde.⁷

⁵ Rudolph Wolf, *Geschichte der Astronomie*, München, 1877., str. 513-515, 683-693. Primijetite posebno kako Wolfov opis otežava objašnjavanje ovih otkrića kao posljedice Bodeovog zakona.

⁶ Joseph Needham, *Science and Civilization in China*, III, Cambridge, 1959., str. 423-429, 434-436

⁷ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Cambridge, Mass., 1957., str. 206-209.

Sama lakoća i brzina s kojom su astronomi, gledajući stare objekte sa starim instrumentima, vidjeli nove stvari, može nas potaći da zaključimo da su astronomi poslije Kopernika živjeli u jednom drugačijem svijetu. Njihovo je istraživanje u svakom slučaju tako reagiralo.

Prethodni primjeri izabrani su iz područja astronomije zbog toga što su izvještaji o promatranjima neba često sastavljeni rječnikom koji čine relativno čisti promatrački termini. Samo u takvim izvještajima možemo se nadati da ćemo naći nešto slično potpunom paralelizmu između opažanja znanstvenika i opažanja eksperimentalnih subjekata našeg psihologa. Ali, ne moramo inzistirati na tako potpunom paralelizmu, a mnogo dobivamo ukoliko malo snizimo naš standard. Ako smo zadovoljni svakodnevnom uporabom glagola "vidjeti", možda ćemo ubrzo uvidjeti da smo se već susreli s mnogim drugim primjerima pomaka u znanstvenom opažanju koji prate promjenu paradigme. Proširena uporaba "opažanja" i "viđenja" zahtijevat će uskoro eksplicitnu obranu, ali dopustite da prvo ilustriram njezinu primjenu u praksi.

Pogledajte ponovo na trenutak ona dva naša ranija primjera iz povijesti elektriciteta. Tijekom sedamnaestog stoljeća, kada je njihovo istraživanje bilo rukovođeno nekom od teorija isparavanja, "električari" su često promatrali ljuske žitnog zrnja kako odskaču ili otpadaju s naelektriziranih tijela koja su ih privukla. Ako ništa drugo, to je ono što su promatrači sedamnaestog stoljeća rekli da su vidjeli, a mi nemamo nikakve značajnije razloge zbog kojih bismo u njihove izvještaje o opažanju sumnjali više nego u svoje vlastite. Postavimo li ga pred isti aparat, suvremeni će promatrač vidjeti elektrostatičko odbijanje (prije nego mehaničko ili gravitacijsko odskakanje), ali povijesno, s jednim opće ignoriranim izuzetkom, elektrostatičko odbijanje kao takvo nije viđeno sve dok Hauksbeejev veliki uređaj nije znatno uvećao njegove efekte. Odbijanje nakon naelektriziranja dodiranjem bilo je, međutim, samo jedan od većeg broja novih efekata odbijanja koje je Hauksbee vidio. Kroz njegova istraživanja, prilično slična gestalt prebacivanju, odbijanje je iznenada postalo fundamentalna manifestacija naelektriziranosti, paje tada trebalo objasniti privlačenje.⁸ Električni

⁸ Duane Roller i Duane H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge*, Cambridge, Mass, 1954., str. 21-29.

fenomeni koji su se mogli vidjeti početkom osamnaestog stoljeća bili su istodobno suptilniji i raznolikiji od onih koje su vidjeli promatrači u sedamnaestom stoljeću. Ili, na primjer, "električar" koji je gledao leydensku bocu nakon što je Franklinova paradigma prihvaćena, vidio je nešto različito od onog što je ranije vidio. Uređaj je postao kondenzator, za što nije bilo potrebno niti staklo, niti oblik boce. Umjesto toga dvije provodne obloge - od kojih jedna nije bila dijelom izvorne sprave - izbile su u prvi plan. Kako postupno svjedoče pisane rasprave i crteži, dvije metalne ploče s ne-provodnikom između, postale su prototip za svoju klasu.⁹ Istodobno, drugi efekti indukcije dobili su nove opise, dok su treći prvi put zabilježeni.

Pomaci ove vrste ne ograničavaju se na astronomiju i elektricitet. Već smo primijetili neke slične preobrazbe viđenja koje možemo naći u povijesti kemije. Rekli smo daje Lavoisier vidio kisik ondje gdje je Priestley vidio deflogistonizirani zrak, a gdje drugi nisu vidjeli uopće ništa. Međutim, učeći vidjeti kisik, Lavoisier je isto tako morao promijeniti svoje gledanje na mnoge druge poznate tvari. On je, recimo, morao vidjeti složenu rudaču ondje gdje su Priestley i njegovi suvremenici vidjeli elementarnu zemlju, a bilo je i drugih promjena. Kao ishod otkrića kisika, Lavoisier je, u najmanju ruku, drugačije vidio prirodu. A u odsutnosti pozivanja na tu hipotetički utvrđenu prirodu koju je "vidio različito", načelo ekonomičnosti natjerat će nas da kažemo da je Lavoisier poslije otkrivanja kisika radio u drugačijem svijetu.

Za nekoliko trenutaka ispitat ću mogućnost izbjegavanja ovako neobičnog načina izražavanja, ali nam je prije toga potreban još jedan primjer njegove uporabe, izveden iz jednog od najpoznatijih dijelova Galileovog rada. Od drevnih antičkih vremena, većina je ljudi vidjela neko teško tijelo koje se njiše naprijed-natrag na užetu ili lancu, dok se na kraju ne zaustavi. Za aristotelovce, koji su vjerovali daje teško tijelo svojom vlastitom prirodom pokrenuto s višeg položaja u stanje prirodnog mirovanja u nižem položaju, tijelo koje se njiše s teškoćom pada na taj niži položaj. Ograničavano lancem, ono je moglo postići mirovanje samo poslije napornog kretanja i prilično vremena. Gledajući na tijelo koje se njiše, Galileo je, s druge strane, vidio u njemu njihalo,

⁹ Vidi raspravu u poglavlju VII, kao i literaturu kojoj će voditi referenca citirana u fusnoti 9.

odnosno tijelo koje je gotovo uspjelo u opetovanju istog kretanja ad infinitum. A kada je već toliko vidio, Galileo je promatrao i druga svojstva njihala i oko njih izgradio mnoge od najznačajnijih i najoriginalnijih dijelova nove dinamike. Iz svojstava njihala, na primjer, Galileo je izveo svoje jedine potpune i zdrave argumente za nezavisnost težine u odnosu na ubrzanje kod slobodnog pada, kao i za odnos između vertikalne visine i konačne brzine kretanja niz nagnute ravnine.¹⁰ Sve ove prirodne pojave on je vidio drugačije nego što su bile viđene prije toga.

Kako je došlo do ove promjene u viđenju? Kroz Galileovu osobnu genijalnost, razumije se. Ali, valja primijetiti da se genijalnost ovdje nije iskazala kroz točnije ili objektivnije promatranje tijela koje se njiše. Aristotelovsko opažanje deskriptivno je jednako onoliko koliko je i točno. Kada je Galileo izvijestio da je za amplitude veće od 90°, razdoblje njihala nezavisno od amplitude, njegovo gledanje na njihalo navelo ga je da vidi daleko više pravilnosti nego što sada možemo otkriti.¹¹ Prije bi se, izgleda, moglo reći da se radilo o genijalnoj primjeni opažajnih mogućnosti koje su otvorene srednjovjekovnom promjenom paradigme. Galileo nije bio u potpunosti obrazovan kao aristotelovac. Naprotiv, bio je obučen da analizira kretanja u terminima teorije pokretača, u skladu s paradigmom kasnog srednjeg vijeka koja je smatrala da produženo kretanje teškog tijela potječe od interne sile koju je u njega ugradio tvorac koji je inicirao njegovo kretanje. Jean Buridan i Nicole Oresme, skolastičari iz četrnaestog stoljeća, koji su teoriju pokretača doveli do njenih najsavršenijih formulacija, prvi su za koje se zna da su u oscilatornim kretanjima vidjeli nešto od onog što je vidio i Galileo. Buridan opisuje kretanje trepereće žice kao kretanje u kojoj je pokretač prvo ugrađen onda kada je žica udarena; pokretač se dalje troši u odmicanju žice od njezinog početnog položaja, nasuprot otporu njezine napetosti i tako dalje u simetričnom procesu koji se može nastaviti u nedogled. Nešto kasnije, u tom istom stoljeću, Oresme je skicirao sličnu analizu kamena koji se njiše, što danas izgleda kao prva rasprava o njihalu.¹²

¹⁰ Galileo Galilei, *Dialogues concerning Two New Sciences*, prev. H. Crew i A. de Salvio, Evanston, Ill., 1946., str. 80-81, 162-166.

¹¹ *Ibid.*, str. 91-94, 244.

¹² M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, Wis., 1959., str. 537-538, 570.

Njegovo gledanje očito je vrlo blisko onome s kojim je Galileo u prvi tren prišao njihalu. U Oresmovom slučaju, a gotovo sigurno i u slučaju Galilea, riječ je o gledanju koje je postalo moguće prijelazom s izvorne artistotelovske na skolastičku pokretačku paradigmu za kretanje. Dok ta skolastička paradigma nije bila pronađena znanstvenici nisu mogli vidjeti nikakva njihala, već samo kamenje koje se njiše. Njihala su uvedena u postojanje pomoću nečega što vrlo slično gestalt-prebacivanju izazvanom paradigmom.

Treba li, međutim, ono što razdvaja Galilea i Aristotela, Lavoisiera i Priestleya, zaista opisati kao preobrazbu viđenja? Jesu li ti ljudi doista *vidjeli* različite stvari kada su *gledali* iste vrste objekata? Postoji li legitimni smisao unutar kojega možemo reći da su oni svoja istraživanja provodili u različitim svjetovima? Ta se pitanja ne mogu više odlagati, budući da očito postoji drugi i daleko uobičajeniji način da se opišu svi oni već skicirani povijesni primjeri. Mnogi čitatelji sigurno bi htjeli zaključiti da ono što se mijenja s paradigmom jest samo znanstvenikova interpretacija promatranja, onih promatranja koja su inače jednom zauvijek utvrđena prirodom okoline i samog opažajnog aparata. Po tom gledištu Priestley i Lavoisier su obojica vidjeli kisik, ali su svoja promatranja različito interpretirali; i Aristotel i Galileo vidjeli su njihalo, ali su se razlikovali u svojim interpretacijama onog što su vidjeli.

Dopustite da odmah kažem da ovo uobičajeno gledište o onom što se događa kada znanstvenici mijenjaju svoje mišljenje o fundamentalnim stvarima ne može biti niti sasvim netočno niti samo jedna pogreška. Prije bi se moglo reći da je u pitanju jedan bitan dio filozofske paradigme koju je inicirao Descartes i koja je, istodobno, bila razvijena kao i Newtonova dinamika. Ta paradigma poslužila je kako znanosti, tako i filozofiji. Njena primjena, kao uostalom i same dinamike, bila je plodna u smislu fundamentalnog razumijevanja koje se možda ne bi moglo postići na neki drugi način. Ali, kao što primjer Newtonove dinamike također pokazuje, čak niti najočitiji uspjeh u prošlosti ne pruža nikakvu garanciju da će se kriza moći beskonačno odgoditi. Današnje istraživanje u pojedinim područjima filozofije, psihologije, lingvistike, pa čak i povijesti umjetnosti, cijelo konvergira ka mogućnosti da je tradicionalna paradigma nekako sumnjiva. To neispunja-

vanje očekivanja postaje također sve očitije kroz povijesno proučavanje znanosti, na što je ovdje nužno usmjeren najveći dio naše pažnje.

Niti jedan od elemenata koji izazivaju krizu još nije proizveo vitalnu alternativu tradicionalnoj epistemološkoj paradigmi, iako počinju upućivati na to kakve će biti neke karakteristike te paradigme. Potpuno sam, na primjer, svjestan poteškoća koje nastaju kažemo li da je - kada su Aristotel i Galileo gledali kamenje koje se njiše - prvi vidio ograničavani pad, a drugi njihalo. Na iste sam poteškoće ukazao, čak u fundamentalnijem obliku, u početnim rečenicama ovog poglavlja: iako se svijet ne mijenja s promjenom paradigme, znanstvenik poslije toga radi u drugačijem svijetu. Uvjeren sam da moramo naučiti naći smisao u izričajima koji su barem slični ovima. Ono što se događa tijekom znanstvene revolucije ne može se u potpunosti svesti na reinterpretaciju pojedinačnih i čvrstih podataka. Ti podaci, u prvom redu, nisu nedvojbeno čvrsti. Njihalo nije kamen koji pada, niti je kisik deflogistonizirani zrak. Prema tome, podaci koje znanstvenici prikupljaju od raznorodnih objekata i sami su, kao što ćemo uskoro vidjeti, različiti. Što je još važnije, proces pomoću kojeg pojedinac ili zajednica prelaze s ograničavanog pada na njihalo ili sa deflogistoniziranog zraka na kisik, nije sličan interpretaciji. Kako bi taj proces i mogao dovesti do takvog prijelaza u nedostatku utvrđenih podataka koje bi znanstvenici interpretirali? Znanstvenik koji je prihvatio novu paradigmu više je sličan čovjeku koji nosi naočale s lećama koje preokreću sliku, nego na interpretatora. Sukobljavajući se s istom konstelacijom objekata kao i ranije, i znajući kako da to čini, on ipak nalazi da su ti objekti u mnogim svojim detaljima temeljito izmijenjeni.

Niti jedna od ovih primjedbi nije usmjerena na to da kaže da znanstvenici u pravilu ne obavljaju karakterističnu interpretaciju promatranja i podataka. Naprotiv, Galileo je interpretirao promatranja koja se odnose na njihalo, Aristotel promatranja koja se tiču kamenja koje pada, Musschenbroek promatranja koja se odnose na bocu napunjenu elektricitetom, a Franklin promatranja koja se tiču kondenzatora. Ali, svaka od ovih interpretacija pretpostavljala je neku paradigmu. Ta su promatranja bila dijelom normalne znanosti, pothvata koji, kao što smo već vidjeli, ima cilj usavršiti, proširiti i artikulirati paradigmu koja već postoji. U poglavlju III predstavljeni su mnogi primjeri u kojima

je interpretacija igrala centralnu ulogu. Ti su primjeri tipični za najveći dio istraživanja. U svakom od njih, samim tim što je prihvatio jednu paradigmu, znanstvenik je znao što je podatak, koji se instrumenti mogu upotrijebiti da se ponovo do njega dođe i koji su pojmovi relevantni za njegovu interpretaciju. Kad paradigma postoji, interpretacija podataka centralna je za pothvat njenog istraživanja.

Ali, pothvat interpretacije - a to je bila glavna misao prethodnog odlomka - može samo artikulirati paradigmu, ali je ne može ispraviti. Paradigme se uopće ne mogu ispravljati pomoću normalne znanosti. Umjesto toga, kao što smo već vidjeli, normalna znanost, na kraju krajeva, vodi jedino uviđanju nepravilnosti i krizi. A oni se ne okončavaju promišljanjem i interpretacijom, već jednim relativno iznenadnim i nestrukturiranim događajem kao što je gestalt-prebacivanje. Znanstvenici tada često govore o "padanju koprene s očiju" ili o "bljesku munje" koji "obasjava" prije toga mračnu zagonetku, omogućujući da se njeni sastavni dijelovi sagledaju na novi način koji prvi put dopušta rješenje zagonetke. U nekim drugim slučajevima relevantno rasvjetljenje dolazi u snu.¹³ Niti jedan uobičajeni smisao termina "interpretacija" ne odgovara ovim bljeskovima intuicije kroz koje se rađa nova paradigma. Iako takve intuicije zavise o iskustvu, stečenom sa starom paradigmom, onim što nije bilo u skladu i onim što jest, one nisu logički, dio po dio, vezane za posebne točke tog iskustva, na način kako bi bila vezana jedna interpretacija. Umjesto toga, one prikupljaju velike dijelove tog iskustva i pretvaraju ih u drugačiji sklop iskustava, koji će zatim, dio po dio, biti povezan s novom a ne sa starom paradigmom.

Da bismo saznali nešto više o tome što ove razlike u iskustvu mogu biti, vratimo se na trenutak Aristotelu, Galileu i njihalu. Kakve je podatke uzajamno djelovanje zajedničke okoline nudilo svakome od njih? Gledajući ograničavani pad, aristotelovac bi mjerio (ili barem raspravljao - oni su rijetko mjerili) težinu kamena, visinu do koje je bio podignut, kao i vrijeme koje mu je potrebno da dođe u stanje mirovanja. Zajedno s otporom okoline, to su bile konceptualne kate-

¹³ (Jacques) Hadamard, *Subscient intuition et logique dans la recherche scientifique (Conférence faite au Palais de la Découverte le 8 Décembre 1945. / Alençon, n.d.)*, str. 7-8. Potpuniji pregled, iako takav koji se oslanja isključivo na matematičke pronalaskе, daje knjiga istoga autora *The Psychology of Invention in the Mathematical Field*, Princeton, 1949.

gorije koje je razvijala aristotelovska znanost kad se bavila tijelom koje pada.¹⁴ Normalno istraživanje koje se rukovalo tim kategorijama nije moglo stvoriti one zakone koje je otkrio Galileo. Ono je jedino moglo - paje to drugim putem i učinilo - voditi ka seriji kriza iz kojih je nastalo i Galileovo gledište o kamenu koji se njiše. Ishod tih kriza, kao i drugih intelektualnih promjena, bilo je Galileovo sasvim drugačije viđenje kamena koji se njiše. Arhimedov rad na tijelima koja plutaju učinio je medij nevažnim. Teorija pokretača iskazala je kretanje kao simetrično i trajno, a neoplatonizam je usmjerio Galileovu pažnju na kružni oblik tog kretanja.¹⁵ On je zato mjerio samo težinu, promjer, kutni pomak i vrijeme jednog njihanja, dakle upravo one podatke interpretacijom kojih se može doći do Galileovih zakona za njihalo. U ovom slučaju, interpretacija se pokazala gotovo nepotrebnom. Ako imamo na raspolaganju Galileove paradigme, pravilnosti koje pokazuje njihalo vrlo su pristupačne sagledavanju. Kako drugačije objasniti Galileovo otkriće daje razdoblje utega potpuno nezavisno od amplitude, otkriće koje je normalna znanost koja je potekla od Galileia morala izbrisati i koje danas uopće nismo u stanju dokumentirati. Pravilnosti koje za jednog aristotelovca nisu mogle postojati (i za koje zapravo priroda nigdje ne pruža primjere), za nekog tko je kamen koji se njiše vidio na isti način kao i Galileo, predstavljale su posljedice neposrednog iskustva.

Možda je u ovom primjeru previše mašte, budući da u aristotelovaca ne nalazimo nikakvih rasprava o kamenju koje se njiše. Po njihovoj paradigmi to je bila iznimno složena pojava. Ali, aristotelovci su raspravljali i ojednostavnijem slučaju, o kamenju koje pada bez neuobičajenih ograničavanja, u kojima se javljaju iste razlike u viđenju. Razmišljajući o kamenu koji pada Aristotel je prije vidio promjenu stanja, nego proces. Relevantne mjere kretanja za njega su, prema tome, bile ukupna prijedena udaljenost, ukupno vrijeme koje je prošlo, parametri koji donose ono što bismo sada trebali zvati ne brzinom, već srednjom brzinom.¹⁶

¹⁴ T. S. Kuhn, "A Function for Thought Experiments" in *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton i I. B. Cohen, Paris, 1963.

¹⁵ A. Koyré, *Études Galiléennes*, Paris, 1939., I, str. 46-51; te "Galileo and Plato", *Journal of the History of Ideas*, IV, 1943., str. 400-428.

¹⁶ Kuhn, "A Function for Thought Experiments", u *Mélanges Alexandre Koyré*, ur. R. Taton i I. B. Cohen, Paris, 1963.

Na sličan način, budući da je kamen svojom prirodom upućen da dosegne svoju krajnju točku mirovanja, Aristotel je relevantni parametar udaljenosti u bilo kojem trenutku tog kretanja, prije vidio kao udaljenost od one krajnje točke prema kojoj se kreće, nego kao udaljenost od polazne točke kretanja.¹⁷ Ovi pojmovni parametri leže u osnovi i daju smisao većini njegovih dobro poznatih "zakona kretanja". Međutim, djelomično kroz paradigmu pokretača, a djelomično kroz doktrinu poznatu kao opseg u kojem se kreću oblici, skolastička je kritika izmijenila ovaj način gledanja na kretanje. Osim toga, Aristotelov pojam brzine bio je od strane skolastičara razdvojen na pojmove koji su uskoro poslije Galilea postali našom srednjom brzinom i trenutnom brzinom. Ali, kada ga sagledavamo kroz tu paradigmu, čiji su i ovi koncepti dio, kamen koji pada, isto kao i njihalo, izložio je skoro kao na dlanu zakone koji njime upravljaju. Galileo nije bio među prvima koji su mislili da kamenje padajednako ubrzanim kretanjem.¹⁸ Štoviše, svoj teorem o ovom predmetu on je razvio, zajedno s mnogim njegovim posljedicama, prije nego što je eksperimentirao s kosom ravninom. Taj teorem predstavljao je još jedan sastavni dio mreže novih pravilnosti pristupačnih geniju u ovome svijetu koji je određen istodobno prirodom kao i onim paradigrama na kojima su Galileo i njegovi suvremenici bili obučavani. Živeći u tom svijetu, Galileo je još uvijek mogao, kad god je htio, objasniti zašto je Aristotel vidio ono što je vidio. Pa ipak, neposredni sadržaj Galileovog iskustva s kamenjem koje pada nije bio istovjetan s Aristotelovim.

Naravno, ni u kom slučaju nije jasno zašto bismo morali voditi toliko računa o "izravnom iskustvu", odnosno o onim opažajnim svojstvima koje jedna paradigma tako osvjetli da ona gotovo na prvi pogled otkrivaju svoje pravilnosti. Ova se svojstva očito moraju mijenjati zajedno sa znanstvenikovim vezivanjima za paradigme, ali su ona daleko od onoga što obično imamo na umu kad govorimo o sirovim podacima ili grubom iskustvu od kojeg se smatra da znanstveno istraživanje polazi. Možda bi neposredno iskustvo trebalo biti ostavljeno po strani kao fluid, a da umjesto toga raspravljamo o onim konkretnim operacijama i mjerenjima koja znanstvenik obavlja u svom laboratoriju.

¹⁷ Koyré, *Etudes...*, II, str. 7-11.

¹⁸ Clagett, *op. cit.*, poglavlja IV, VI i IX.

Ili, možda bi analiza trebala ići dalje od onoga što je neposredno na raspolaganju. Mogla bi, recimo, biti vođena u terminima nekog neutralnog promatračkog jezika, možda takvog koji je zamišljen da se prilagodi onim dojmovima mrežnice koji prenose ono što znanstvenik vidi. Samo na jedan od ovih načina možemo se nadati da ćemo ponovo doći do takvog područja u kojem je iskustvo opet jednom zauvijek stabilno - u kojem njihalo i ograničavani pad nisu različita opažanja, već prije različite interpretacije nedvosmislenih podataka koje nam pruža promatranje kamena koji se njiše.

No, je li čulno iskustvo nepromjenjivo i neutralno? Jesu li teorije jednostavno interpretacije postojećih podataka? Epistemološku gledište koje najčešće leži u osnovi zapadne filozofije već tri stoljeća nameće kao odgovor izravno i nedvosmisleno "da"! U nedostatku neke razvijenije alternative nalazim da nije moguće u potpunosti se odreći tog gledišta. Pa ipak, ono više ne djeluje uspješno, a pokušaji da se učini uspješnim putem uvođenja neutralnog jezika promatranja sada mi se čine nedostižnima.

Operacije i mjerenja koja znanstvenik obavlja u laboratoriju nisu ono što nam je iskustvom "dano", već prije ono što je "s poteškoćama prikupljeno". One nisu ono što znanstvenik vidi - u svakom slučaju ne prije nego što je njegovo istraživanje dobro napredovalo, a njegova pažnja usmjerena. Prije bi se moglo reći da su one konkretni pokazatelji sadržaja elementarnijih opažanja i da su kao takve izabrane za bliže ispitivanje u normalnom istraživanju samo stoga što obećavaju mogućnost za plodnu razradu prihvaćene paradigme. Operacije i mjerenja su daleko jasnije određeni paradigmom nego što je to neposredno iskustvo iz kojeg se oni djelomično izvode. Znanost se ne bavi svim mogućim laboratorijskim manipulacijama. Ona bira one manipulacije koje su relevantne za postavljanje paradigme u odnos prema onom neposrednom iskustvu koje je djelomično tom paradigmom i određeno. Zbog toga se znanstvenici u različitim paradigmatama angažiraju u različitim konkretnim laboratorijskim manipulacijama. Mjerenja koja valja obaviti na njihalu nisu ona koja su relevantna u slučaju ograničenog pada. Također, operacije koje su relevantne za razjašnjavanje svojstava kisika nisu uvijek iste kao one koje su potrebne kod istraživanja karakteristika deflogistoniziranog zraka.

Što se tiče čistog promatračkog jezika, možda će neki takav jezik tek biti izumljen. Međutim, tri stoljeća poslije Descartesa, naše nade za nešto takvo još uvijek zavise isključivo o teoriji opažanja i teoriji duha. A moderno psihološko eksperimentiranje ubrzano proizvodi fenomene s kojima se ta teorija teško može baviti. Slučaj guska-zec pokazuje da dva čovjeka s istim osjetima na mrežnici mogu vidjeti istu stvar. Psihologija pruža i mnogo drugih dokaza u istom smislu, a sumnje koje iz toga proistječu pojačavaju i povijest pokušaja da se uspostavi aktualni jezik promatranja. Niti jedan suvremeni pokušaj da se postigne taj cilj nije se još približio opće primjenjivom jeziku čistih opažaja. Oni pokušaji koji su najbliže tome, dijele osobinu koja snažno potkrepljuje nekoliko glavnih teza ovog ogleada. Oni naime, od početka pretpostavljaju jednu paradigmu, uzetu bilo iz vladajuće znanstvene teorije ili iz nekog odlomka svakodnevnog mišljenja, nastojeći da iz nje eliminiraju sve nelogičke i neopažajne termine. Na nekoliko misaonih područja taj je napor dosta odmakao, i to s iznimnim rezultatima. Ne može se postavljati pitanje je li vrijedno upuštati se u takva nastojanja. Međutim, rezultat je jezik koji - kao i oni koji se upotrebljavaju u znanostima - sadrži u sebi mnogo očekivanja u odnosu na prirodu i gubi svoju funkciju onog trenutka kada ta očekivanja bivaju iznevjerena. Nelson Goodman ukazuje upravo na taj moment kad ovako opisuje ciljeve svoje knjige *Struktura pojavljivanja*: "Srećom, ništa (osim pojava za koje se zna da postoje) nije u pitanju; jer, pojam "mogućih" slučajeva koji ne postoje ali su mogli postojati, daleko je od jasnog pojma."¹⁹ Ovako ograničen na izvještavanje o svijetu koji je unaprijed u potpunosti poznat, niti jedan jezik ne može donijeti samo neutralne i objektivne izvještaje o onome što je dano. Filozofsko istraživanje nije još pružilo

¹⁹ N. Goodman, *The Structure of Appearance*, Cambridge, Mass., 1951., str. 4-5. To poglavlje teksta vrijedi i šire citirati: "Ako svi i samo oni stanovnici Wilmingtona iz 1947. godine koji teže između 87 i 90 kilograma imaju riđu kosu, onda se riđokosi stanovnik Wilmingtona 1947. godine i stanovnik Wilmingtona 1947. godine koji teži između 87 i 90 kg mogu spojiti u jednu konstrukcijsku definiciju... Pitanje o tome bi li "mogao postojati netko" na koga bi se mogao primijeniti jedan, ali ne i drugi od ovih predikata, nema nikakva značaja...kad smo jednom utvrdili da takova osoba ne postoji...sreća je da ništa više nije u pitanju; jer, pojam "mogućih" slučajeva, slučajeva koji ne postoje ali su mogli postojati, daleko je od jasnog.

čak niti nagovještaj o tome kako bi izgledao jezik koji bi bio u stanju to postići.

Pod tim okolnostima mogli bismo barem posumnjati u to da su znanstvenici i načelno i s aspekta prakse u pravu kada kisik i njihala (možda također i atome i elektrone) tretiraju kao fundamentalne sastojke svog neposrednog iskustva. Kao rezultat u paradigmatičnog iskustva određene rase, kulture, i - konačno - struke, svijet znanstvenika postao je nastanjen planetima i njihovim, kondenzatorima i složenim rudačama, te i drugim sličnim tijelima. U usporedbi s ovim objektima opažanja, otčitavanje sa štapa za mjerenje, kao i osjeti na mrežnici, predstavljaju razrađene konstrukcije u koje iskustvo ima neposredan pristup samo onda kada znanstvenik, za posebne svrhe svog istraživanja, uredi da bijedna ili druga to trebale učiniti. Ovo ne upućuje na zaključak da su njihala, na primjer, jedine stvari koje neki znanstvenik može vidjeti kada promatra kamen koji se njiše. (Već smo primijetili da su članovi druge znanstvene zajednice vidjeli ograničavani pad). Ali, ovo treba upućivati na zaključak da onaj znanstvenik koji gleda na kamen koji se njiše ne može imati nikakvo iskustvo koje je u načelu elementarnije od toga da se vidi njihalo. Alternativa nije neko hipotetičko "nepromjenjivo" viđenje, već viđenje kroz drugu paradigmatično, ono viđenje koje od kamena koji se njiše čini nešto drugo.

Sve ovo može izgledati razumnije ako se prisjetimo da ni znanstvenici niti laici ne uče vidjeti svijet u komadima, odnosno dio po dio. Izuzetak je situacija kada su sve konceptualne i manipulativne kategorije unaprijed pripremljene - na primjer za otkrivanje nekog dodatnog transuranskog elementa ili za hvatanje prizora neke nove kuće - i znanstvenik i laik biraju i svrstavaju zajedno čitava područja iz ukupnog tog iskustva. Dijete koje riječ "mama" prenosi sa svih ljudi na sve žene i potom na svoju majku, ne uči samo što znači "mama", ili tko je njegova majka. Ono istodobno uči i neke od razlika između muškog i ženskog roda, te nešto o načinima na koje će se prema njemu ponašati svi osim jedne osobe ženskog spola. Njegova reagiranja, očekivanja i vjerovanja - zapravo veliki dio njegova opazajnog svijeta - mijenjaju se na odgovarajući način. Na isti način kopernikanci, koji su Suncu oduzeli njegovu tradicionalnu titulu

"planet", nisu samo uočili što "planet" znači ili što je to Sunce. Naprotiv, oni su tako mijenjali značenje "planeta" da bi ta riječ mogla praviti korisne razlike u svijetu u kojem su sva nebeska tijela, a ne samo Sunce, viđeni drugačije nego ranije. Isto se može odnositi i na bilo koji od naših ranijih primjera. Vidjeti kisik umjesto deflogistoniziranog zraka, kondenzator umjesto leydenske boce, ili njihalo umjesto ograničenog pada, samo je dio integralnog pomaka u znanstvenikovom viđenju velikog broja povezanih kemijskih, električnih ili dinamičkih pojava. Paradigme određuju velika područja iskustva u isto vrijeme.

Međutim, traganje za nekom operativnom definicijom ili nekim čisto promatračkim jezikom može započeti tek nakon što je iskustvo bilo tako određeno. Onaj znanstvenik ili filozof koji se pita koja mjerenja i koji dojmovi mrežnice čine njihalo onim što ono jest, mora već biti sposoban prepoznati njihalo kada ga vidi. Da je umjesto toga vidio ograničavani pad, on čak ne bi mogao niti postaviti svoje pitanje. A da je vidio njihalo, ili da gaje vidio na isti način kao što je vidio glazbenu vilicu ili oscilirajuću vagu, na njegovo pitanje ne bi bilo odgovora. Na to se pitanje ne bi moglo odgovoriti na isti način, budući da to, u najmanju ruku, ne bi bilo isto pitanje. Prema tome, pitanja o osjetima mrežnice ili o posljedicama posebnih laboratorijskih postupaka, iako su uvijek legitimna i s vremena na vrijeme iznimno plodna, pretpostavljaju jedan svijet koji je već na određen način opažajno i konceptualno podijeljen. Takva pitanja predstavljaju u jednom smislu dijelove normalne znanosti, budući da zavise o postojanju paradigme, a dobivaju različite odgovore već prema promjeni paradigme.

Da bismo završili ovo poglavlje, zanemarimo od sada osjete mrežnice i ponovo ograničimo pažnju na laboratorijske operacije koje znanstvenika snabdijevaju konkretnim, iako fragmentarnim naznakama o onome što je već vidio. Jedan od načina na koji se takove laboratorijske operacije mijenjaju zajedno s paradigama, već je u nekoliko navrata bio promatran. Poslije znanstvene revolucije mnoga stara mjerenja i postupci postaju irelevantni i bivaju zamijenjeni drugima. Na kisik i na deflogistonizirani zrak ne primijenjuju se iste probe. Ali, promjene ove vrste nikad nisu sveobuhvatne. Što god mogao tada vidjeti, znanstvenik poslije revolucije još uvijek gleda

onaj isti svijet. Štoviše, iako ih je možda ranije upotrebljavao drugačije, mnogo od njegovog jezika i najveći dio njegovih laboratorijskih instrumenata isti su kao što su bili ranije. Stoga post-revolucionarna znanost neizbježno uključuje mnoge postupke, obavljene istim instrumentima i opisane istim terminima, koji su jednaki kao i kod njezine pred-revolucionarne prethodnice. Ako su se ovi trajni postupci imalo izmijenili, ta promjena mora da leži u njihovom odnosu prema paradigmi ili u njihovim konkretnim rezultatima. Uvođenjem posljednjeg novog primjera sugeriram da se događaju obje ove vrste pojava. Ispitujući djelo Daltona i njegovih suvremenika otkrit ćemo da ista operacija, kada se pripiše prirodi kroz drugačiju paradigmu, može postati obilježje sasvim drugačijeg aspekta prirodne pravilnosti. Vidjet ćemo, osim toga, da će ponekad stari postupak u svojoj novoj ulozi dovesti do drugačijih konkretnih rezultata.

Tijekom većeg dijela osamnaestog stoljeća i početkom devetnaestog stoljeća gotovo su svi europski kemičari vjerovali da se oni elementarni atomi od kojih se sastoje sve kemijske vrste drže povezani silama uzajamnog privlačenja. Tako se gruda srebra drži povezano zbog sila privlačenja između tjelešaca srebra (dok se poslije Lavoisiera za sama ova tjelešca nije počelo smatrati da su sastavljena od još elementarnijih). Prema istoj teoriji srebro se rastvara u kiselini (ili sol u vodi) zato što su čestice kiseline privukle čestice srebra (ili čestice vode privukle čestice soli) snažnije nego što su se te čestice privlačile između sebe. Ili, bakar se rastopio u rastvoru srebra i nataložio srebro zato što je privlačenje između bakra i kiseline veće nego između kiseline i srebra. Velika količina drugih pojava objašnjava se na isti način. Teorija izbirljivog privlačenja predstavljala je u osamnaestom stoljeću paradigmu dostojnu divljenja, široko i ponekad korisno razvijenu u smišljanju i analizi kemijskog eksperimentiranja.²⁰

Teorija privlačenja, međutim, povukla je onu liniju koja je razdvojila fizičke smjese od kemijskih na način koji je od prihvaćanja Daltonovog djela postao neuobičajen. Kemičari osamnaestog stoljeća priznavali su dvije vrste procesa. Kada je miješanje proizvodilo toplinu, svjetlost, vrenje ili nešto drugo te vrste, vidjelo se da se dogodilo kemijsko

²⁰ H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, 1930., str. 34-68.

sjedinjavanje. Kad su, s druge strane, čestice u spoju mogle biti razlikovane prostim okom ili se mehanički razdvojiti, postojala je samo fizička mješavina. Ali, u vrlo velikom broju prijelaznih slučajeva - sol u vodi, legure, staklo, kisik u atmosferi i tako dalje - ovi grubi kriteriji bili su od male koristi. Rukovođena svojom paradigmom većina je kemičara na čitavo ovo prijelazno područje gledala kao na kemijsko, budući da su procesima iz kojih se ono sastojalo gospodarile sile iste vrste. Sol u vodi ili kisik u dušiku bili su isto toliko primjeri kemijske kombinacije kao i ona kombinacija koja je proizvedena oksidacijom bakra. Argumenti u prilog promatranja otopina kao spojeva bili su vrlo jaki. Sama teorija privlačenja bila je dobro provjerena. Osim toga, formiranje spoja objašnjavalo je primijećenu homogenost otopine. Da su kisik i dušik, na primjer, samo pomiješani a ne i sastavljeni u atmosferi, onda bi se teži plin kisik smjestio na dnu. Dalton, koji je atmosferu smatrao mješavinom, nije nikada na zadovoljavajući način uspio objasniti zašto se s kisikom to nije dogodilo. Asimilacija njegove atomske teorije stvorila je, na kraju krajeva, nepravilnost tamo gdje je ranije nije bilo.²¹

Mogli bismo doći u napast reći da su se oni kemičari koji su na otopine gledali kao na spojeve razlikovali od svojih sljedbenika samo u pitanju definicije. U jednom je smislu moglo biti tako. Ali, taj smisao nije onaj koji definicije čini običnim konvencionalnim pogodnostima. U osamnaestom stoljeću mješavine se nisu u potpunosti razlikovale od spojeva pomoću operacionálnih provjera, a možda nisu ni mogle. Da su kemičari čak i tragali za takvim provjerama, oni bi tražili kriterije koji su otopinu činili spojem. Razlikovanje mješavina-spoj predstavljalo je dio njihove paradigme, dio načina na koji su oni gledali na čitavo svoje polje istraživanja - a kao takvo prethodilo je svakoj posebnoj laboratorijskoj provjeri, iako ne i akumuliranom iskustvu kemije kao cjeline.

Međutim, dok se na kemiju gledalo na ovaj način, kemijske su pojave predstavljale primjere zakona koji su se razlikovali od onih koji su nastali usvajanjem nove Daltonove paradigme. Posebno, dok su otopine ostale spojevi, nikakva količina kemijskog eksperimentiranja

²¹ *Ibid.*, str. 124-129, 139-148. Za Daltona vidi Leonard K. Nash, *The Atomic-Molecular Theory*, "Harvard Case Histories in Experimental Science", Case 4, Cambridge, Mass., 1950., str. 14-21.

sama po sebi nije mogla proizvesti zakon utvrđenih omjera. Na kraju osamnaestog stoljeća bilo je opće poznato da su *neki* spojevi obično sadržavali utvrđene omjere kad je uzeta u obzir težina njihovih sastavnih dijelova. Njemački je kemičar Richter za neke kategorije reakcija opazio daljnje pravilnosti koje danas obuhvaća zakon kemijskih ekvivalenata.²² Ali, niti jedan kemičar nije iskoristio te pravilnosti, osim za recepte, a do kraja stoljeća nitko nije ni pomislio da bi ih mogao uopćiti. Uz postojanje očitih suprotnih primjera, poput stakla ili soli u vodi, nikakvo uopćavanje nije bilo moguće bez odbacivanja teorije privlačenja i konceptualnog preuređivanja granica onog područja koje pripada kemičaru. Ta posljedica postala je eksplicitna na samom kraju stoljeća u glasovitoj raspravi između francuskih kemičara Prousta i Bertholleta. Prvi je tvrdio da se sve kemijske reakcije događaju u utvrđenom omjeru, a drugije to poricao. Svaki od njih je za svoje gledište prikupio impresivne eksperimentalne dokaze. Pa ipak su ova dva čovjeka govorila bez uzajamnog razumijevanja, a njihova je rasprava bila sasvim bez zaključaka. Ondje gdje je Berthollet vidio spoj u kojem omjer može varirati, Proust je vidio samo fizičku mješavinu.²³ Za to pitanje niti eksperiment niti promjena definicijske konvencije ne mogu biti relevantni. Ova su dva čovjeka išla jednako suprotnim ciljevima kao i Galileo i Aristotel.

Stanje je bilo otprilike takvo tijekom onih godina kada je John Dalton poduzeo istraživanja koja su konačno vodila njegovoj glasovitoj kemijskoj atomskoj teoriji. Ali, sve do posljednjih stupnjeva tih istraživanja niti je Dalton bio kemičar, niti se zanimao za kemiju. Umjesto toga, on je bio meteorolog koji je za sebe proučavao fizičke probleme apsorpcije plina u vodu i vode u atmosferu. Dijelom zbog obuke u drugoj specijalnosti, a dijelom zbog svog rada u toj specijalnosti, on je ovom problemu prišao s paradigmom koja se razlikovala od one njemu suvremenih kemičara. Posebno je na mješavinu plinova ili na apsorpciju nekog plina u vodi gledao kao na fizički proces, proces u kojem sile privlačenja ne igraju nikakvu ulogu. Zbog tog je opažena homogenost otopine za njega predstavljala problem, ali takav problem za koji je smatrao da bi ga mogao riješiti kad bi u svojim

²² J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 2. izd. London, 1951., str. 161 -163.

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

eksperimentalnim mješavinama mogao odrediti relativnu veličinu i težinu različitih atomskih čestica. Upravo zbog toga da bi odredio te veličine i težine Dalton se na kraju okrenuo kemiji, pretpostavljajući od početka da se atomi u ograničenom području reakcija za koje je smatrao da su kemijske mogu kombinirati samo 1:1, ili prema nekom drugom jednostavnom omjeru koji se može izraziti cijelim brojem.²⁴ Ta prirodna pretpostavka omogućila mu je da odredi veličine i težine elementarnih čestica, čineći istodobno zakon konstantnog omjera tautologijom. Bilo kakva reakcija u koju sastavni dijelovi ne ulaze prema utvrđenom omjeru za Daltona *ipso facto* nije bila čisto kemijski proces. Jedan zakon koji eksperiment nije mogao uspostaviti prije Daltonovog djela postao je konstitutivno načelo koje, onda kadaje to djelo prihvaćeno, nikakva pojedinačna skupina kemijskih mjerenja nije mogla uzdrmati. Kao rezultat onoga što predstavlja možda naš najpotpuniji primjer znanstvene revolucije isti kemijski postupci pretpostavljaju sasvim drugačiji odnos prema kemijskom uopćavanju od onoga kojeg su imali ranije.

Nije potrebno posebno isticati da su Daltonovi zaključci bili sa svih strana napadnuti kada su prvi put objavljeni. Posebno se Berthollet nikako nije dao uvjeriti. Uzimajući u obzir prirodu stvari, nije niti morao. Ali, za većinu kemičara Daltonova nova paradigma pokazala se uvjerljivom ondje gdje Proustova nije bila, budući daje imala daleko šire i važnije implikacije nego što je novi kriterij za razlikovanje mješavine i spoja. Ako se, na primjer, atomi mogu kemijski kombinirati samo prema jednostavnim omjerima izraženim u cijelim brojevima, onda bi preispitivanje postojećih kemijskih podataka trebalo otkriti primjere kako mnogostrukih, tako i utvrđenih omjera. Kemičari su prestali pisati da dva oksida, recimo ugljikova, sadrže 56 % i 72 % kisika po težini; umjesto toga oni su pisali da bijedna težina ugljika trebala biti kombinirana ili s 1,3 ili 2,6 težina kisika. Kada se rezultati starih postupaka ovako napisu, onda omjer od 2:1 pada u oči. A to se dogodilo u analizi mnogih dobro poznatih reakcija, a uz to i nekih novih. Osim toga, Daltonova paradigma omogućila je prihvaćanje Richterova djela i sagledavanje njegove pune općenitosti. Uz to, ona je sugerirala nove eksperimente, posebno one Gay-Lussacove o kom-

²⁴ L. K. Nash, "The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory", *Isis*. XLVII, 1956., str. 101-116.

biniranju količina, a ovi su, sa svoje strane, donijeli još i druge pravilnosti o kojima kemičari ranije nisu ni sanjali. Ono što su kemičari uzeli od Daltona nisu bili novi eksperimentalni zakoni, već novi način bavljenja kemijom (on sam gaje nazvao "novi sustav kemijske filozofije") koji je tako brzo donio plodove daje samo nekoliko starijih kemičara u Francuskoj i Britaniji bilo sposobno oduprijeti mu se.²⁵ Tako su kemičari počeli živjeti u jednom svijetu u kojemu su se reakcije ponašale na sasvim drugačiji način nego ranije.

Dok se sve to odvijalo, dogodila se jedna tipična i vrlo važna promjena. Na raznim mjestima su se sami brojevi podaci u kemiji počeli pomicati. Kad je Dalton prvi put pregledao kemijsku literaturu u potrazi za podacima kako bi podržao svoju fizičku teoriju, pronašao je izvještaje o reakcijama koji su se slagali, ali je teško mogao izbjeći ili ne pronaći i druge koji se nisu slagali. Proustova mjerenja i dva oksida bakra donijela su, na primjer, takav omjer težina kisika koji je iznosio 1,47:1, a ne 2:1, kako je tražila atomska teorija. A Proust je bio upravo taj od kojega se moglo očekivati postizanje Daltonovskih omjera.²⁶ On je, dakle, bio fini eksperimentator, a njegovo gledište o odnosu između mješavina i spojeva bilo je vrlo blisko Daltonovom. Ali, teško je natjerati prirodu da se uklopi u jednu paradigmu. To je razlog što su zagonetke normalne znanosti tako izazovne i što mjerenja poduzeta bez neke paradigme tako rijetko vode bilo kakvim zaključcima. Prema tome, kemičari nisu mogli jednostavno prihvatiti Daltonovu teoriju temeljem dokaza, budući daje dosta tih dokaza bilo negativno. Umjesto toga, čak i poslije prihvaćanja teorije, oni su morali stjerati prirodu na crtu, a taj je proces u konkretnom slučaju zahtijevao gotovo još jednu generaciju. A kad je bio završen, čak se i kompozicija postotaka dobro poznatih mješavina promijenila. Sami podaci su se promijenili. To je onaj posljednji smisao u kojem možemo reći da znanstvenici poslije revolucije rade u jednom drugačijem svijetu.

²⁵ A. N. Meldrum, "The Development of the Atomic Theory: (6) The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton", *Manchester Memoirs*, LV, 1911., str. 1-10.

²⁶ Za Prousta vidi Meldrum, "Berthollet's Doctrine of Variable Proportions", *Manchester Memoirs*, LIV, 1910., str. 8. Detaljna povijest postupnih promjena u mjerenjima kemijskih spojeva i atomskih težina tek treba biti napisana, ali Partington, *op. cit.*, pruža mnoge korisne uvodne napomene koje vode u tom smjeru.

NEVIDLJIVOST REVOLUCIJA

Ono što se još moramo zapitati jest kako znanstvene revolucije završavaju. Međutim, prije nego što to učinimo, čini se nužnim da učinimo još i posljednji pokušaj učvršćivanja uvjerenja u njihovo postojanje i prirodu. Do sada sam pokušavao izložiti revolucije pomoću ilustracije, a ti primjeri mogu se umnožavati *ad nauseam*. Ali, jasno je daje većina tih primjera koje smo namjerno izabrali zbog toga što su poznati, obično smatrana ne revolucijama već dodacima znanstvenom znanju. Takvo se gledište jednako može zauzeti o bilo kojoj dodatnoj ilustraciji, pa su tada te ilustracije nedjelotvorne. Sugeriram da postoje jako dobri razlozi zašto su se revolucije pokazale gotovo nevidljivima. Znanstvenici i laici dobar dio svoje predodžbe o kreativnoj znanstvenoj aktivnosti dobivaju autoritativnog izvora koji sustavno prikriva - djelomično zbog važnih funkcionalnih razloga - postojanje i značaj znanstvenih revolucija. Tek kada se shvati i analizira priroda tog autoriteta moguće je nadati se da se povijesni primjer može učiniti potpuno učinkovitim. Štoviše, iako se ova točka može potpuno razviti samo u mom zaključnom poglavlju, ona analiza koja je sada nužna početak će ukazivati na jedan od onih aspekata znanstvenog rada po kojem se taj rad najjasnije razlikuje od svakog drugog kreativnog posla, osim možda teologije.

Kao izvor autoriteta uglavnom na umu imam znanstvene udžbenike, zajedno s popularizacijama i filozofskim djelima koja su modelirana na temelju tih udžbenika. Sve ove tri kategorije - do nedavno nikakvi drugi značajni izvori informacija o znanosti nisu bili na raspolaganju, osim same istraživačke prakse - imaju nešto zajedničko. One se obraćaju jednom vrlo artikuliranom sklopu problema, podataka i teorije, najčešće onom posebnom skupu paradigmi na koji se određena znanstvena zajednica poziva u vrijeme kada su ta djela pisana.

Sami udžbenici za cilj imaju prenošenje rječnika i sintakse suvremenog znanstvenog jezika. Popularizacije pokušavaju te iste primjene opisati jezikom koji je bliži jeziku svakodnevnog života. A filozofija znanosti, posebno u svijetu koji govori engleski jezik, analizira logičku strukturu tog istog završenog sklopa znanja. Iako bi se potpunije razmatranje moralo baviti istinskim razlikama između ova tri roda, nas ovdje najviše zanimaju njihove sličnosti. Sva tri bilježe ono što predstavlja stabilan *ishod* ranijih revolucija i tako izlažu osnove suvremene normalno-znanstvene tradicije. Da bi ispunili svoju funkciju oni ne moraju pružiti autentičnu informaciju o načinu na koji su te osnove prvi put sagledane i potom prihvaćene od struke. Barem u slučaju udžbenika postoje dobri razlozi zašto bi oni u ovim stvarima sustavno davali pogrešnu sliku.

U poglavlju II primijetili smo daje čvršće oslanjanje na udžbenike, ili na ono što im je ekvivalentno, bilo neizbježan pratitelj nastajanja prve paradigme najednom području znanosti. U posljednjem poglavlju ovoga ogleđa tvrdit će se da dominiranje takovih tekstova u zrejoj znanosti čini značajnu razliku između njenog razvojnog obrasca i obrasca u drugim područjima. Za trenutak uzmimo kao sigurno da se, u mjeri kojaje neusporediva s drugim područjima, i u laika i u stručnjaka poznavanje znanosti zasniva na udžbenicima i na nešto malo druge literature izvedene iz tih udžbenika. Udžbenike se, međutim, kao pedagoška sredstva za perpetuaciju normalne znanosti, mora u cijelosti ili djelomično ponovo napisati svaki put kad se promijeni jezik, problemska struktura ili standardi normalne znanosti. Ukratko, njih se mora ponovo pisati uvijek poslije svake znanstvene revolucije, a kada ih se jednom ponovo napiše oni neizbježno skrivaju ne samo ulogu, već i samo postojanje onih revolucija koje su ih proizvele. Ukoliko nije osobno iskusio neku revoluciju tijekom vlastitog života, povijesni smisao znanstvenika ili laika čitatelja udžbeničke literature doseže samo do onoga što predstavlja ishod najnovijih revolucija u određenom području.

Udžbenici tako počinju s dokidanjem znanstvenikova smisla za povijest vlastite discipline, a potom nastavljaju pružajući zamjenu za ono što su eliminirali. Karakteristično je da udžbenici znanosti sadrže samo malo povijesti, ili u uvodnom poglavlju, ili, još češće, u razasutim pozivanjima na velike heroje ranijih razdoblja. Temeljem tih pozivanja,

i studenti i stručnjaci počinju se osjećati sudionicima jedne dugotrajne povijesne tradicije. No, ta tradicija koja je izvedena iz udžbenika i u kojoj znanstvenici počinju osjećati svoje sudjelovanje, tradicija je koja zapravo nikad nije niti postojala. Iz razloga koji su istodobno i očiti i visoko funkcionalni, znanstveni udžbenici, kao i najveći dio starijih povijesti znanosti, pozivaju se samo na onaj dio rada ranijih znanstvenika koji se lako može promatrati kao doprinos postavljanju i rješavanju onih paradigmatičkih problema kojima se bavi. Djelomično putem selekcije, a djelomično putem iskrivljavanja, znanstvenici ranijih vremena implicitno su predstavljeni kao da su radili na istom sklopu utvrđenih problema i u skladu s istim sklopom utvrđenih kanona koje je najnovija revolucija u znanstvenoj teoriji i metodi učinila da izgledaju znanstvenima. Nije ni čudo da se udžbenike, kao i onu povijesnu tradiciju koju oni podrazumijevaju, mora poslije svake znanstvene revolucije ponovo pisati. Također nije nikakvo čudo što, jednom kad su ti udžbenici ponovo napisani, znanost ponovo počinje izgledati velikim dijelom kumulativna.

Naravno, znanstvenici nisu jedina skupina koja teži ka tome da prošlost svoje discipline vidi kao linearni razvoj prema sadašnjem visokom položaju. Iskušenje da se povijest piše unatrag sveprisutno je i stalno. Međutim, znanstvenici se nalaze pod jačim utjecajem kušnje da ponovo pišu povijest, djelomično stoga što rezultati znanstvenog istraživanja ne pokazuju nikakvu očitu zavisnost od povijesnog konteksta istraživanja, a djelomično zbog toga što znanstvenikova suvremena pozicija, osim tijekom krize i revolucije, izgleda tako sigurna. Više povijesnih detalja o sadašnjosti ili o prošlosti znanosti, ili više odgovornosti prema iznjetim povijesnim pojedinostima, može samo dati umjetni status ljudskoj idiosinkraziji, pogrešci i zabuni. Zašto davati dostojanstvo onome što su najbolji i najuporniji napori znanosti omogućili da bude odbačeno? Omalovažavanje povijesne činjenice je duboko i vjerojatno funkcionalno ukorijenjeno u ideologiji znanstvene struke, iste one struke koja od svih vrijednosti na najviše mjesto stavlja činjenične detalje druge vrste. Whitehead je uhvatio nepovijesni duh znanstvene zajednice kad je pisao: "Znanost koja oklijeva zaboraviti svoje utemeljitelje, izgubljena je." Ipak, nije bio sasvim u pravu, budući da su znanostima kao i drugim povijesnim pothvatima potrebni heroji

i oni čuvaju njihova imena. Na sreću, umjesto da zaborave ove heroje, znanstvenici su zaboravili njihova djela ili ta djela revidirali.

Posljedica toga je ustrajna sklonost ka tome da se povijest znanosti učini linearnom ili kumulativnom, sklonost koja čak utječe na znanstvenike koji se osvrću na vlastito ranije istraživanje. Na primjer, sva tri nespojiva Daltonova opisa razvoja njegovog kemijskog atomizma daju privid kao da su ga vrlo rano počeli zanimati upravo kemijski problemi kombiniranja omjera, po čijem je rješenju kasnije postao glasovit. Zapravo, izgleda da su se njemu ti problemi javili zajedno s rješenjima, a osim toga to se nije desilo prije nego stoje njegov kreativni rad bio gotovo potpuno završen.¹ Ono što svi Daltonovi opisi izostavljaju jesu revolucionarne posljedice primjene na kemiju sklopa pitanja i pojmova prethodno ograničenih na fiziku i meteorologiju. To je ono što je Dalton učinio, a rezultat je bila preorijentacija prema tom području, preorijentacija koja je kemičare naučila postavljati nova pitanja i izvlačiti nove zaključke iz starih pitanja.

Ili, recimo, Newton je pisao kako je Galileo otkrio da konstantna sila gravitacije proizvodi kretanje koje je proporcionalno kvadratu vremena. U biti, Galileov kinematički teorem preuzima taj oblik kad ga se smjesti u matricu Newtonovih vlastitih dinamičkih pojmova. Ali, Galileo ništa slično nije rekao. Njegova rasprava o tijelima koja padaju, rijetko kad posredno ukazuje na sile, a još manje na jednu uniformnu gravitacijsku silu koja dovodi do toga da tijela padaju.² Time stoje Galileu pripisao zaslugu za taj odgovor na pitanje koje po Galileovim paradigmatama nije niti smjelo biti postavljeno, Newtonov opis prikrivao je efekt jedne male ali revolucionarne preformulacije u pitanjima koje su znanstvenici postavljali o kretanju, kao i o odgovorima za koje su osjećali da ih mogu prihvatiti. Međutim, upravo ova vrsta promjene u formulaciji pitanja i odgovora je ono što u daleko većoj mjeri od novih empirijskih otkrića objašnjava prijelaz s aristo-

¹ L. K. Nash, "The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory", *Isis*, XLVII, 1956., str. 101-116.

² Za Newtonovu primjedbu vidi Florian Cajori (ur.) *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World*, Berkeley, California, 1946., str. 21. Ovaj bi odlomak trebalo usporediti sa Galileovom vlastitom raspravom u njegovu djelu *Dialogues Concerning Two New Sciences*, prev. H. Crew i A. de Salvio, Evanston, III., 1946., str. 154-176.

telovske na Galileovu i s Galileove na Newtonovu dinamiku. Prikrivajući takve promjene, sklonost udžbenika da razvoj znanosti prikaže linearnim skriva proces koji leži u samom srcu najznačajnijih epizoda znanstvenog razvoja.

Prethodni primjeri pokazuju, svaki u kontekstu jedne revolucije, početak rekonstrukcije povijesti koja se, u pravilu, završava postrevolucionarnim znanstvenim tekstovima. Ali, u taj završetak uključeno je mnogo više od množenja onih pogrešnih povijesnih konstrukcija koje su već ilustrirane. Te pogrešne konstrukcije čine revolucije nevidljivima; grupiranje onog još vidljivog materijala u znanstvenim tekstovima povlači za sobom proces koji bi, da je postojao, negirao ulogu revolucija. Budući da im je cilj brzo upoznati studente s onim što suvremena znanstvena zajednica misli da zna, udžbenici tretiraju različite eksperimente, pojmove, zakone i teorije suvremene normalne znanosti toliko izdvojeno i u takvom skoro neprekidnom nizu koliko je to moguće. S pedagoške točke gledišta ova tehnika predstavljanja je besprijeekorna. Međutim, kada se kombinira s onom općom nepovijesnom atmosferom pisanja u znanosti, kao i s povremenim sustavno pogrešnim konstrukcijama o kojima je gore raspravljano, po svojoj će prilici prevladati jak dojam da svoje sadašnje stanje znanost dostigla kroz niz pojedinačnih otkrića i pronalazaka, koji, kad se svi zbroje, konstituiraju suvremeno tijelo tehničkog znanja. U udžbenicima se podrazumijeva da su od početka znanstvenog pothvata znanstvenici težili ka određenim ciljevima koji su utjelovljeni u današnjim paradigmatama. Jedan po jedan, u procesu koji je često uspoređivan s dodavanjem cigli građevini, znanstvenici su dodavali novu činjenicu, pojam, zakon ili teoriju onom skupu informacija koji je predstavljen u tekstovima suvremene znanosti.

Ali, to nije način na koji se znanost razvija. Mnoge zagonetke suvremene normalne znanosti nisu postojale prije najnovije znanstvene revolucije. Rijetko koja bi se mogla pratiti do povijesnog početka one znanosti u kojoj se sada javlja. Ranije generacije bavile su se vlastitim problemima, vlastitim instrumentima i vlastitim kanonima rješenja. Isto tako, nisu se samo problemi promijenili. Prije bi se moglo reći da se pomaknula čitava mreža činjenica i teorije koju udžbenička paradigma usklađuje s prirodom. Je li, na primjer, postojanost kemijskog

sastava čista činjenica iskustva koju su kemičari pomoću eksperimenta mogli otkriti u okviru bilo kojeg od onih svjetova unutar kojih su se kemičari bavili svojom praksom? Ilije prije u pitanju element - pa stoga i element u koji se ne može sumnjati - u novom tkivu udružene činjenice i teorije, koji je Dalton uklopio u raniju cjelinu kemijskog iskustva, mijenjajući u tom procesu samo to iskustvo? Ili, isto tako, je li postojano ubrzanje, proizvedeno jednom stalnom silom, jednostavna činjenica za kojom su studenti dinamike uvijek tragali ili je ono prije odgovor na pitanje koje se prvi put pojavilo samo unutar Newtonove teorije i na koje je ta teorija mogla odgovoriti samo na osnovu onog skupa informacija koje su stajale na raspolaganju prije nego stoje to pitanje postavljeno?

Ova smo pitanja ovdje postavili o onome što izgleda poput postupno otkrivenih činjenica udžbeničkog prikazivanja stvari. No, očito je da ta pitanja imaju svoje implikacije i za ono što tekstovi prikazuju kao teorije. Te su teorije, naravno, "u skladu s činjenicama", ali samo na taj način što ranije dostupnu informaciju pretvaraju u činjenice koje za prethodnu paradigmu uopće nisu postojale, a to znači da se ni teorije ne razvijaju dio po dio da bi odgovarale činjenicama koje su svo vrijeme bile dostupne. Prije bi se moglo reći da one nastaju zajedno s činjenicama kojima odgovaraju iz revolucionarne preformulacije prethodne znanstvene tradicije, tradicije u kojoj znanjem posredovani odnos između znanosti i prirode nije bio sasvim isti.

Posljednji primjer koji bi mogao razjasniti ovaj opis utjecaja udžbeničkog prikazivanja na našu sliku znanstvenog razvoja. Svaki tekst iz elementarne kemije mora raspravljati o konceptu kemijskog elementa. Gotovo uvijek kada se taj pojam prvi put spomene, njegovo se porijeklo pripisuje Robertu Boyleu, kemičaru iz sedamnaestog stoljeća u čijem će djelu *Skeptični kemičar* pažljivi čitatelj naći definiciju "elementa" vrlo blisku onoj koja se danas primjenjuje. Pozivanje na Boyleov doprinos pomaže da početnik postane svjestan činjenice da kemija nije počela sa sulfonamidima; osim toga, ono upućuje na to da je jedan od tradicionalnih zadataka znanstvenika da smišlja pojmove ove vrste. Kao dio onog pedagoškog arsenala koji od čovjeka čini znanstvenika, spomenuto je pripisivanje iznimno uspješno. Međutim, ono još jednom ilustrira onaj obrazac povijesnih pogrešaka koje kod

studenata i kod laika ipak stvaraju pogrešne predodžbe o prirodi znanstvenog pothvata.

Prema Boyleu, koji je bio posve u pravu, definicija elementa nije bila ništa više od obične parafraze tradicionalnog kemijskog pojma; Boyle je ponudio tu definiciju samo zato da bi zastupao gledište da nešto poput kemijskog elementa zapravo ne postoji; kao povijest, udžbenička verzija Boyleovog doprinosa sasvim je pogrešna.³ Taj pogreška, naravno, trivijalna, iako ne u većoj mjeri od bilo kojeg drugog pogrešnog prikazivanja podataka. Međutim, ono što nije trivijalno jest slika znanosti koju potkrepljujemo kada ovu vrstu pogreške prvo povežemo sa, a potom i ugradimo u tehničku strukturu teksta. Kao i "vrijeme", "energija", "sila", ili "čestica", pojam elementa predstavlja sastojak udžbenika koji često uopće nije smišljen niti otkriven. Boyleova definicija, posebno, može se pratiti unatrag barem do Aristotela, a unaprijed preko Lavoisiera, do modernih tekstova. To ipak ne znači daje znanost još od antičkih vremena posjedovala moderan pojam elementa. Verbalne definicije, poput Boyleove, imaju malo znanstvenog sadržaja ako se razmatraju same za sebe. One nisu potpuno logične specifikacije značenja (ako takvih ima), već su bliže pedagoškim pomagalima. Oni znanstveni pojmovi na koje te definicije ukazuju dobivaju svoj puni značaj samo kad su, unutar jednog teksta ili nekog drugog sustavnog prikazivanja, dovedeni u vezu s drugim znanstvenim pojmovima, s praktičnim procedurama i s primjenama paradigme. To znači da takvi pojmovi, kao što je pojam elementa, teško mogu biti smišljeni nezavisno od konteksta. Štoviše, u kontekstu, oni rijetko kad zahtijevaju smišljanje, budući da su onda već na raspolaganju. I Boyle i Lavoisier na važne su načine promijenili kemijski značaj "elementa". Ali, oni nisu smislili taj pojam ili čak promijenili onu verbalnu formulu koja je služila kao njegova definicija. Nitije Einstein, kao što smo već vidjeli, morao smišljati ili čak eksplicitno redefinirati "prostor" i "vrijeme" da bi im dao nova značenja u kontekstu svog djela.

Kakva je onda bila Boyleova povijesna uloga u onom trenutku njegova rada koji uključuje glasovitu "definiciju"? On je bio predvodnik znanstvene revolucije koja je, mijenjajući odnos "elementa" prema

³ T. S. Kuhn: "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century", *Isis*, XLIII, 1952., str. 26-29.

kemijskoj praksi i kemijskoj teoriji, pretvorila taj pojam u sasvim drugačiji instrument nego ranije i pretvorila i kemiju i kemičarov svijet u jedan proces.⁴ Druge revolucije, uključujući i onu u čijem se centru nalazio Lavoisier, trebale su tom pojmu dati njegovu modernu formu i ulogu. Ali, Boyle predstavlja tipičan primjer i za onaj proces koji je uključen na svakom od ovih stupnjeva i za ono što se s tim procesom zbiva kada se postojeće znanje utjelovi u udžbeniku. Više nego ijedan drugi pojedinačni aspekt znanosti, ta je pedagoška forma odredila našu sliku o prirodi znanosti i o ulozi otkrića i pronalaska u njenom unapređivanju.

⁴ U svom djelu *Robert Boyle and Seventeenth Century Chemistry*, Cambridge, 1958., Marie Boas na više mjesta raspravlja o Boyleovim pozitivnim doprinosima razvoju pojma kemijskog elementa.

RAZRJEŠAVANJE REVOLUCIJA

Udžbenici o kojima smo upravo raspravljali nastaju tek po završetku znanstvene revolucije. Oni predstavljaju temelj za novu tradiciju normalne znanosti. Prihvaćajući se pitanja njihove strukture, očito smo propustili jedan korak. Koji je to proces kojim novi kandidat za paradigmu zamjenjuje svog prethodnika? Svaka nova interpretacija prirode, bez obzira radilo se o otkriću ili teoriji, prvo nastaje u duhu jednog ili nekoliko pojedinaca. Oni su ti koji prvi nauče drugačije vidjeti znanost i svijet, a njihovu sposobnost da obave prijelaz olakšavaju dvije okolnosti koje nisu zajedničke većini ostalih članova njihove struke. Njihova je pažnja uvijek bila intenzivno usredotočena na probleme koji su izazivali krizu; osim toga, oni su obično tako mladi ljudi ili tako novi u području koju zahvaća kriza da ih praksa u manjoj mjeri obvezuje na onaj pogled na svijet i pravila određena starom paradigmom od većine njihovih suvremenika. Kako mogu i što moraju učiniti da čitavu struku ili relevantnu stručnu podskupinu preobrate na svoj način gledanja na znanosti i svijet? Zašto ta skupina odbacuje jednu tradiciju normalnog istraživanja u korist druge?

Da biste uvidjeli nužnost ovih pitanja, prisjetite se da ona predstavljaju jedine rekonstrukcije koje povjesničar može pružiti za filozofsko istraživanje o provjeravanju, verifikaciji ili opovrgavanju zasnovanih znanstvenih teorija. U onoj mjeri u kojoj je angažiran u normalnoj znanosti, istraživač je taj koji rješava zagonetke, a ne onaj koji provjerava paradigme. Iako tijekom potrage za rješenjem neke posebne zagonetke može isprobati određeni broj alternativnih pristupa odbacujući one koji ne uspijevaju dovesti do željenog rezultata, dok to čini, istraživač ne provjerava postojeću *paradigmu*. Naprotiv, on je poput igrača šaha koji s postavljenim problemom i pločom koja je fizički ili mentalno ispred njega vuče različite alternativne poteze u

potrazi za rješenjem. Ovi brojni pokušaji, bilo igrača šaha ili znanstvenika, isprobavanja su sama po sebi, a ne isprobavanja pravila igre. Oni su mogući samo dok se paradigmu uzima kao prihvaćenu. Prema tome, paradigma se provjerava tek nakon što su uporni neuspjesi da se riješi neka pažnje vrijedna zagonetka doveli do krize. Pa čak i tada, paradigma se provjerava samo tada kada je osjećaj krize proizveo alternativnog kandidata za paradigmu. Situacija provjeravanja u znanostima nikad se ne sastoji, kao što je to slučaj s rješavanjem zagonetki, u jednostavnom uspoređivanju pojedinačne paradigme s prirodom. Umjesto toga, provjeravanje se odvija kao dio suparništva dviju paradigmi za odanost znanstvene zajednice.

Ako se pažljivo ispita, ova formulacija pokazuje neočekivane i vjerojatno značajne paralele s dvije najpopularnije suvremene filozofske teorije o verifikaciji. Tek poneki filozof znanosti još traga za apsolutnim kriterijima verifikacije znanstvenih teorija. Uzimajući u obzir da nikakva teorija nikada ne može bit izložena svim mogućim relevantnim testovima, oni ne pitaju je li teorija bila verificirana, već prije pitaju za njenu vjerojatnost u svjetlu trenutno postojećih dokaza. Da bi odgovorila na to pitanje, jednaje od važnih škola primorana da uspoređuje sposobnost različitih teorija u objašnjavanju onih dokaza koji se nalaze pri ruci. To inzistiranje na uspoređivanju teorija također karakterizira povijesnu situaciju u kojoj je nova teorija prihvaćena. Vrlo je vjerojatno da ono ukazuje i najedan od smjerova u kojem bi se trebale kretati buduće rasprave o verifikaciji.

U svojim najuobičajenijim oblicima, međutim, sve probabilističke teorije verifikacije pribjegavaju nekom od onih čistih ili neutralnih promatračkih jezika o kojimaje raspravljano o poglavlju X. Jedna od tih probabilističkih teorija zahtijeva da određenu znanstvenu teoriju usporedimo sa svim drugim teorijama za koje bi se moglo zamisliti da odgovaraju istom skupu promatranih podataka. Druga zahtijeva konstruiranje u mislima svih onih testova za koje se može zamisliti da će ih određena teorija morati proći.¹ Neka takva konstrukcija očito je nužna za izračunavanje specifičnih vjerojatnosti, apsolutnih ili

¹ Za kratku skicu glavnih puteva do probabilističkih teorija verifikacije vidi Ernest Nagel, *Principles of the Theory of Probability*, vol. I, No. 6, *International Encyclopedia of unified Science*, str. 60-75.

relativnih, a teško je uvidjeti kako takva konstrukcija uopće može biti postignuta. Ukoliko, kako sam već dokazivao, ne može postojati nikakav znanstveno ili empirijski neutralan sustav jezika ili pojmova onda predložena konstrukcija alternativnih testova i teorija mora poteći iz ove ili one na paradigmi zasnovane tradicije. Na taj način ograničena, ona ne bi imala pristup svim mogućim iskustvima ili svim mogućim teorijama. Stoga probabilističke teorije isto tako prikrivaju situaciju u pogledu verifikacije, koliko je i rasvjetljavaju. Iako ta situacija, kako te teorije inzistiraju, doista zavisi o uspoređivanju teorija i o široko rasprostranjenim dokazima, one teorije i promatranja koja su u pitanju uvijek su usko povezana s onima koji već postoje. Verifikacija je kao i prirodni odabir: ona izvlači one aktualne alternative koje su najvitalnije u posebnoj povijesnoj situaciji. Je li to najbolji izbor i koji je mogao biti učinjen da su i druge alternative stajale na raspolaganju ili da su podaci bili drugačije vrste, to nije svrsishodno pitanje. Ne postoje nikakvi instrumenti koji bi se mogli upotrijebiti u traženju odgovora na to pitanje.

Sasvim drugačiji pristup cijeloj ovoj mreži problema razvio je Karl R. Popper koji poriče postojanje bilo kakve verifikacijske procedure.² Umjesto toga on naglašava značaj opovrgavanja, to jest onoga testa koji zbog svog negativnog ishoda nužno uvjetuje odbacivanje uspostavljene teorije. Naravno da je uloga koja je tako pripisana opovrgavanju umnogome nalik na onu koja se u ovom ogledu pridaje nepravilnim iskustvima, tj. iskustvu koje, izazivajući krizu, priprema put novoj teoriji. Ipak, nepravilna se iskustva ne moraju identificirati s opovrgavajućim iskustvima. Zapravo, sumnjam da ova druga uopće postoje. Kako je i ranije u više navrata naglašavano, nikakva teorija nikada ne rješava sve one zagonetke s kojima se u određeno vrijeme sukobljava; niti se često događa da su već postignuta rješenja savršena. Naprotiv, upravo ta nepotpunost i nesavršenost u postojećoj usklađenosti između podataka i teorije predstavlja ono što, u bilo koje vrijeme, definira mnoge zagonetke koje karakteriziraju normalnu znanost. Kad bi bilo koji i svaki neuspjeh u usklađivanju opravdavao odbacivanje teorije, tada bi sve teorije svo vrijeme trebale biti odbačene. S druge

² K. R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, New York, 1959., posebno poglavlja I-IV.

strane, ako samo ozbiljan neuspjeh u usklađivanju opravdava odbacivanje teorije, onda bi popperovcima trebao neki kriterij "nevjerovatnosti" ili "stupanj opovrgljivosti". U razvijanju takvog kriterija, oni će se uskoro sigurno susresti s istom onom mrežom teškoća koje su progonile zastupnike različitih probabilističkih teorija verifikacije.

Mnoge od prethodnih poteškoća mogu se izbjeći ukoliko se shvati da su oba ova prevladavajuća, ali i suprotna gledišta o logici znanstvenog istraživanja pokušala komprimirati dva u velikoj mjeri različita procesa u jedan. Popperovo nepravilno iskustvo važnije za znanost zato što stvara suparnike u postojećoj paradigmi. Ali, opovrgavanje, iako se i ono sigurno događa, ne događa se s pojavljivanjem, ili zbog pojavljivanja jedne nepravilnosti ili jednog opovrgavajućeg primjera. Naprotiv, ono je posljedični i odvojeni proces koji se podjednako dobro može nazvati verifikacijom, budući se sastoji u trijumfiranju nove paradigme nad starom. Štoviše, upravo u tom zajedničkom procesu verifikacija-opovrgavanje, probabilističko uspoređivanje teorija igra centralnu ulogu. Mislim da takva jedna dvostupanjska formulacija ima vrlinu velike sličnosti s istinom, a može nam isto tako omogućiti da počnemo s eksplikacijom uloge suglasnosti (ili nesuglasnosti) između činjenice i teorije u postupku verifikacije. Za povjesničara barem ima smisla sugerirati da verifikacija uspostavlja suglasnost činjenice i teorije. Sve povijesno značajne teorije slagale su se s činjenicama, ali samo u većoj ili manjoj mjeri. Nema preciznijeg odgovora niti na pitanje odgovara li i koliko dobro pojedinačna teorija činjenicama. Ali, pitanja vrlo slična ovome mogu se postaviti kada se teorije uzmu kolektivno ili čak u parovima. Ima mnogo smisla pitati koja od dvije aktualne i suparničke teorije bolje odgovara činjenicama. Iako se, recimo, niti Priesteleyeva, niti Lavoisierova teorija nisu precizno slagale s postojećim promatranjima, malo se tko od suvremenika sustezao dulje od jednog desetljeća da zaključi da od te dvije teorije bolje odgovara Lavoisierova.

Ova formulacija, međutim, čini da zadaća izbora između paradigmi izgleda lakšom i običnijom nego što jest. Kad ne bi bilo više od jednog skupa znanstvenih problema, jednog svijeta unutar kojeg bi se radilo na tim problemima, kao i jednog skupa standarda za njihovo rješavanje, suparništvo između paradigmi moglo bi se okončati više ili manje rutinski, nekim postupkom poput prebrojavanja problema

koje je svaka od njih riješila. Međutim, ovi uvjeti nisu zapravo nikad u potpunosti ispunjeni. Zastupnici suparničkih paradigmi imaju uvijek donekle drugačije ciljeve. Niti jedna strana neće priznati sve one neempirijske pretpostavke koje su drugoj strani potrebne da bi branila svoju tezu. Kao što se dogodilo u sporu između Prousta i Bertholleta uvezi sa sastavom kemijskih spojeva, oni su bili prisiljeni da djelomično govore jedan mimo drugoga. Iako se svaki od njih može nadati da će preobratiti drugoga na svoj način gledanja na konkretnu znanost i njezine probleme, niti jedan se ne može nadati da će dokazati svoju tezu. Suparništvo između paradigmi nije vrsta bitke koja se može razriješiti dokazima.

Već smo vidjeli nekoliko razloga zašto zastupnici suparničkih paradigmi ne mogu uspjeti uspostaviti kontakt između svojih gledišta. Svi zajedno, ovi su razlozi bili opisani kao neusklađenost između predrevolucionarnih i postrevolucionarnih normalno-znanstvenih tradicija i ovdje ih valja samo ukratko ponoviti. Na prvom mjestu, zastupnici suparničkih paradigmi često se neće slagati oko popisa problema koje mora razriješiti bilo koji kandidat za paradigmu. Njihovi standardi ili njihove definicije znanosti nisu iste. Mora li teorija kretanja objasniti uzrok sila privlačenja između čestica materije ili može jednostavno zabilježiti postojanje takvih sila? Newtonova je dinamika bila u širokim razmjerima odbačena zato što je, za razliku od Aristotelove ili Descartesove teorije, povlačila za sobom ovaj drugi odgovor na to pitanje. Kada je Newtonova teorija bila prihvaćena jedno je pitanje samim tim bilo izbačeno iz znanosti. To pitanje, međutim, bilo je ono za koje je opća teorija relativnosti mogla reći da ga je riješila. Ili, na primjer, Lavoisierova kemijska teorija, onakva kakva je bila prenijeta u devetnaesto stoljeće sprečavala je kemičare da pitaju zašto su metali tako slični jedni drugima, da postave pitanje koje je flogistička kemija i postavila i odgovorila na njega. Prijelaz na Lavoisierovu paradigmu, kao i prijelaz na Newtonovu, značio je ne samo gubitak jednog dopustivog pitanja, već i jednog postignutog rješenja. No, taj gubitak ipak nije bio trajan. U 20. stoljeću pitanja o kvalitetama kemijskih supstanci ponovo su ušla u znanost, zajedno s nekim odgovorima na njih.

Ovdje se ipak radi o mnogo više toga od neusklađenosti standarda. Budući da se nove paradigme rađaju iz starih, one obično uključuju

mного od onog rječnika i aparata, kako konceptualnog tako i manipulativnog, kojima se ranije služila tradicionalna paradigma. Ali, nove se paradigme rijetko služe ovim posuđenim elementima na sasvim tradicionalni način. U okviru nove paradigme, stari termini, pojmovi i eksperimenti ulaze u nove međusobne odnose. Kao neizbježan rezultat imamo ono što bismo morali nazvati, iako taj termin nije sasvim ispravan, nesporazumom između dviju suparničkih škola. Za laike koji su se rugali Einsteinovoj općoj teoriji relativnosti zato što prostor ne može biti "zakrivljen" - on nije takva vrsta stvari - ne može se jednostavno reći da nisu bili u pravu ili da su pogriješili. To se ne može reći ni za matematičare, fizičare i filozofe koji su pokušali razviti euklidovsku verziju Einsteinove teorije.³ Ono što se ranije podrazumijevalo pod prostorom bilo je nešto jednolično, homogeno, izotropno i netaknuto prisutnošću materije. Da nije bilo tako, Newtonova fizika ne bi mogla funkcionirati. Da bi se prešlo na Einsteinov svemir, čitavo pojmovno tkivo, čija su vlakna prostor, vrijeme, materija, sila i tako dalje, moralo je biti pomaknuto i iznova postavljeno na cjelinu prirode. Samo ljudi koji su zajednički prošli ili nisu uspjeli proći kroz tu preobrazbu mogli bi precizno otkriti u čemu su se složili, a u čemu su se razišli. Komunikacija preko revolucionarne razdjelnice nužno je djelomična. Uzmite primjer ljudi koji su Kopernika nazvali ludim zato što je objavio da se Zemlja kreće. Za njih se ne može reći niti da jednostavno nisu bili u pravu, niti da sasvim nisu bili u pravu. Dio onoga što su ti ljudi podrazumijevali pod "zemljom" bio je utvrđeni položaj. Njihova zemlja, u najmanju ruku, nije mogla biti pokrenuta. U skladu s tim, Kopernikov izum nije bio jednostavno u pokretanju zemlje. Prije bi se moglo reći da se radilo o potpuno novom načinu gledanja na probleme fizike i astronomije, koji je nužno promijenio značenje "zemlje" i "kretanja".⁴ Bez takvih promjena koncept zemlje koja se kreće bio je ludost. S druge strane, kada su te promjene jednom učinjene i shvaćene i

³ Za laička reagiranja na koncept zakrivljenog prostora vidi Philipp Frank, *Einstein, His Life and Times*, preveli i uredili G. Rosen i S. Kusaka, New York, 1947., str. 142-146. Za nekoliko pokušaja da se sačuvaju gubici opće relativnosti unutar euklidovskog prostora vidi C. Nordmann, *Einstein and the Universe*, prev. J. McCabe, New York, 1922., pogl. IX.

⁴ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Cambridge, Mass., 1957., poglavlja III, IV i VII. Mjera u kojoj je heliocentrizam bio više od striktno astronomskog pitanja glavna je tema cijele te knjige.

Descartes i Huygens mogli su uvidjeti daje za znanost pitanje zemljinog kretanja pitanje bez sadržaja za znanost.⁵

Ovi primjeri ukazuju na treći i najosnovniji aspekt neusporedivosti suparničkih paradigmi. U jednom smislu, koji nisam u stanju dalje eksplicirati, zastupnici suparničkih paradigmi prakticiraju svoje struke u različitim svjetovima. Jedan sadrži ograničavana tijela koja lagano padaju, drugi njihala koja ponavljaju svoja kretanja. U jednom su otopine i spojevi, u drugom mješavine. Jedan je usađen ujednoličnu, a drugi u zakrivljenu matricu prostora. Radeći u različitim svjetovima dvije skupine znanstvenika vide različite stvari i onda kada s iste točke gledaju u istom smjeru. To opet ne znači da one mogu vidjeti što god im se sviđa. Obje skupine gledaju na svijet koji je na raspolaganju, a ono što gledaju nije se promijenilo. Ali, u nekim područjima oni vide različite stvari i vide ih u različitim međusobnim odnosima. To je razlog što neki zakon, koji jednoj skupini znanstvenika ne može biti čak niti demonstriran, može drugoj skupini ponekad izgledati intuitivno očit. To je isto tako razlog zašto jedna ili druga skupina, prije nego što se mogu nadati da će ostvariti potpunu komunikaciju, moraju iskusiti ono preobraćanje koje smo nazvali pomicanjem paradigme. Upravo zato što se radi o prijelazu između neusporedivih stvari, taj prijelaz između suparničkih paradigmi ne može pod utjecajem logike i neutralnog iskustva biti obavljen korak po korak. Kao i gestalt-prebacivanje, on se mora dogoditi ili odjednom (iako ne nužno u jednom trenutku), ili nikada.

Kako su onda znanstvenici dovedeni do toga da učine ovu transpoziciju? Dio odgovora sastoji se u tome da oni često nisu dovedeni do toga da to učine. Tijekom gotovo cijelog stoljeća nakon Kopernikove smrti, kopernikanizam je donio vrlo malo obraćenika. Više od pola stoljeća po objavljivanju *Principia*, Newtonovo djelo nije bilo opće prihvaćeno, a posebno ne na Kontinentu.⁶ Priestley nikada nije prihvatio teoriju kisika, niti lord Kelvin elektromagnetsku teoriju, a postoje i drugi slični primjeri. Sami znanstvenici često su opažali poteškoće preobraćanja. U jednom posebno dojmljivom

⁵ Max Jammer, *Concepts of Space*, Cambridge, Mass., 1954., str. 118-124.

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., str. 93-94.

odlomku na kraju svoje knjige *Podrijetlo vrsta* Darwin piše: "Iako sam potpuno uvjeren u istinitost gledišta koja su predstavljena u ovom djelu... ni u kom slučaju ne očekujem da ću uvjeriti iskusne prirodnjake, čiji su mozgovi napunjeni mnoštvom činjenica koje su, tijekom dugog niza godina, promatrane s točke gledišta koja je neposredno suprotna mojoj... Ali, s povjerenjem gledam na budućnost - na mlade prirodnjake koji nastupaju, koji će biti sposobni nepristrano i s obje strane sagledati ovo pitanje".⁷ A Max Planckje, promatrajući svoju vlastitu karijeru, u djelu *Znanstvena autobiografija*, sjetno primijetio da "nova znanstvena istina ne trijumfira uvjeravajući svoje protivnike i čineći da oni vide svjetlo, već prije zato što njeni protivnici jednog dana umru, a stasa nova generacija kojoj je sve to blisko."⁸

Ove i njima slične činjenice previše su dobro poznate da bi ih trebalo dalje naglašavati. Međutim, treba ih svakako ponovo procijeniti. U prošlosti se najčešće smatralo da one ukazuju na to da znanstvenici, budući da su samo ljudi, ne mogu uvijek priznati svoje pogreške, čak i tada kada se suoče s jasnim dokazom. Ja bih radije zastupao gledište da u ovim stvarima nije u pitanju ni dokaz ni pogreška. Premještanje odanosti s jedne paradigme na drugu predstavlja iskustvo preobraćanja koje se ne može nametnuti silom. Opiranje do kraja života, posebno onih čije su stvaralačke karijere učinile da se vežu za stariju tradiciju normalne znanosti, nije kršenje znanstvenih standarda, već osobina prirode samog znanstvenog istraživanja. Izvor opiranja leži u uvjerenju da će stara paradigma, na kraju krajeva, riješiti sve svoje probleme, te da priroda može biti ugurana u onu ladicu koju je ta paradigma pripremila. U vrijeme revolucije takvo uvjerenje nužno izgleda tvrdoglavo i plitkoumno, kakvo ponekad zaista i postaje. Ali, ono je također i nešto više. To isto uvjerenje jest ono što čini mogućom normalnu znanost ili znanost rješavanja zagonetki. A samo kroz normalnu znanost stručna zajednica znanstvenika uspijeva; prvo, u iskorištavanju potencijalnog područja i preciznosti starije paradigme, a potom i u izoliranju one poteškoće kroz čije proučavanje može nastati nova paradigma.

⁷ Charles Darwin, *On the Origin of Species...* authorized edition from 6th English ed., New York, 1889., II, str. 295-296.

⁸ Max Planck, *Scientific Autobiography and Other Papers*, prev. F. Gaynor, New York, 1949., str. 33-34.

Ako se kaže da je opiranje neizbježno i legitimno, da se promjena paradigme ne može opravdati dokazom, to još ne znači reći da nikakvi argumenti nisu relevantni ili da se znanstvenike ne može uvjeriti da promjene svoje mišljenje. Iako je ponekad potrebna čitava generacija za promjenu, znanstvene se zajednice uvijek ponovo preobraćaju u nove paradigme. Štoviše, ta preobraćanja se ne događaju usprkos činjenici da su znanstvenici ljudi, već upravo zbog te činjenice. Iako se neki znanstvenici, posebno oni stariji i s više iskustva mogu beskrajno opirati, većini se ipak, na ovaj ili onaj način, može prići. Preobraćanja će se događati po nekoliko odjednom, sve dok, kad umru i oni posljednji koji su odolijevali, cijela struka ponovo ne počne raditi pod jednom, ali sada drugačijom paradigmatom. Zbog toga se moramo upitati kako se preobraćanje izaziva i kako mu se opire.

Kakvu vrstu odgovora možemo očekivati na to pitanje? Samim tim što se postavlja pitanje o tehnikama uvjeravanja, ili o argumentu i kontraargumentu u situaciji u kojoj ne može bit dokaza, naše je pitanje novo pitanje koje zahtijeva neku vrstu izučavanja koju dosad nismo poduzimali. Morat ćemo se odlučiti za vrlo djelomičan i impresionistički pregled. Osim toga, ono što je već bilo rečeno kombinira se s rezultatom ovog pregleda, da bi uputilo na zaključak da kada je u pitanju uvjeravanje a ne dokaz, pitanje o prirodi znanstvenog argumenta nema jedan jedini ili nedvosmisleni odgovor. Pojedinačni znanstvenici prihvaćaju novu paradigmatu iz najrazličitijih razloga, a obično iz više razloga odjednom. Neki od tih razloga - obožavanje sunca, na primjer, koje je pomoglo da Kepler postane kopernikanac - leže u potpunosti izvan očite sfere znanosti.⁹ Drugi mora da zavise od idiosinkrazija autobiografije i osobnosti. Čak i nacionalnost ili prethodna reputacija inovatora i njegovih učitelja može ponekad igrati značajnu ulogu.¹⁰ Zato, poslije svega, moramo naučiti da ovo pitanje postavimo

⁹ Za ulogu obožavanja sunca u Keplerovoj misli vidi E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, rev. izd. New York, 1932., str. 44-49.

¹⁰ Za ulogu reputacije razmotrite slijedeći događaj: Lord Rayleigh, u vrijeme kada je njegova reputacija bila uspostavljena, podnio je Britanskom udruženju članak o nekim paradoksima elektrodinamike. Njegovo je ime pogreškom bilo izostavljeno kada je članak prvi put poslan, tako da je u prvi mah bio odbijen kao djelo nekog "tko u svemu vidi paradokse". Ubrzo nakon toga, s imenom autora na odgovarajućem mjestu, članak je prihvaćen, uz duboke isprike (R. J. Strutt, 4th Barona Rayleigh, *Johna William Strutt, Third Baron Rayleigh*, New York, 1924., str. 228).

drugačije. Tada nećemo voditi računa o onim argumentima koji doista preobraćaju nekog pojedinca, već prije o onoj vrsti zajednice koja se uvijek, prije ili kasnije, iznova oblikuje kao pojedinačna skupina. Ovaj problem, međutim, ostavljam za posljednje poglavlje, s tim što ću u međuvremenu ispitati neke vrste argumenata koji se pokazuju posebno djelotvornima u bitkama oko promjene paradigme.

Ono što zastupnici nove paradigme vjerojatno najčešće ističu jest to da su u stanju riješiti one probleme koji su staru paradigmu doveli do krize. U trenutku kada se može legitimno iznijeti, ova je tvrdnja često najuspješnija moguća. Na onom području za koje je ponudena, zna se daje paradigma u neprilici. Tajе neprilika u više navrata bila istraživana, a pokušaji da se ona ukloni pokazali su se uvijek ponovo uzaludnim. "Krucijalni eksperimenti" - oni koji mogu posebno oštro postaviti razliku između dvije paradigme - bili su priznati i osvjedočeni prije nego što je nova paradigma uopće pronađena. Tako je Kopernik tvrdio daje riješio problem duljine kalendarske godine oko kojeg su se mnogi astronomi dugo mučili; Newton je tvrdio da je pomirio zemaljsku i nebesku mehaniku, a Lavoisier da je riješio probleme identičnosti plina kao i težinskih odnosa. Einstein je vjerovao da je elektrodinamiku učinio spojivom s revidiranom znanostju o kretanju.

Ovakve tvrdnje vjerojatno će biti uspješne ukoliko nova paradigma pokaže u značajnoj mjeri bolju kvantitativnu preciznost od svog starijeg suparnika. Kvantitativna superiornost Keplerovih Rudolfskih tabela predstavljala je, u odnosu na sve one koje su izračunavane iz ptolomejske teorije, glavni faktor u preobraćanju astronoma u Kopernikanizam. Newtonov uspjeh u predviđanju kvantitativnih astronomskih promatranja bio je vjerojatno onaj najvažniji razlog trijumfa njegove teorije nad njenim razumnijim, ali redom kvalitativnim suparnicima. A u ovom stoljeću upadljiv kvantitativni uspjeh kako Planckovih zakona zračenja, tako i Bohrovog atoma brzo je uvjerio mnoge fizičare da ih prihvate iako su, kada se fizička znanost promatra kao cjelina, ova dva doprinosa stvorila daleko više problema nego što su riješila.¹¹

¹¹ Za probleme stvorene kvantnom teorijom vidi F. Reiche, *The Quantum Theory*, London, 1922., poglavlja II, VI-IX. Za druge primjere u ovom poglavlju vidi ranija pozivanja na literaturu u ovom poglavlju.

drugačije. Tada nećemo voditi računa o onim argumentima koji doista preobraćaju nekog pojedinca, već prije o onoj vrsti zajednice koja se uvijek, prije ili kasnije, iznova oblikuje kao pojedinačna skupina. Ovaj problem, međutim, ostavljam za posljednje poglavlje, s tim što ću u međuvremenu ispitati neke vrste argumenata koji se pokazuju posebno djelotvornima u bitkama oko promjene paradigme.

Ono što zastupnici nove paradigme vjerojatno najčešće ističu jest to da su u stanju riješiti one probleme koji su staru paradigmu doveli do krize. U trenutku kada se može legitimno iznijeti, ova je tvrdnja često najuspješnija moguća. Na onom području za koje je ponuđena, zna se daje paradigma u neprilici. Tajе neprilika u više navrata bila istraživana, a pokušaji da se ona ukloni pokazali su se uvijek ponovo uzaludnim. "Krucijalni eksperimenti" - oni koji mogu posebno oštro postaviti razliku između dvije paradigme - bili su priznati i osvjedočeni prije nego što je nova paradigma uopće pronađena. Tako je Kopernik tvrdio da je riješio problem duljine kalendarske godine oko kojeg su se mnogi astronomi dugo mučili; Newton je tvrdio da je pomirio zemaljsku i nebesku mehaniku, a Lavoisier da je riješio probleme identičnosti plina kao i težinskih odnosa. Einstein je vjerovao da je elektrodinamiku učinio spojivom s revidiranom znanošću o kretanju.

Ovakve tvrdnje vjerojatno će biti uspješne ukoliko nova paradigma pokaže u značajnoj mjeri bolju kvantitativnu preciznost od svog starijeg suparnika. Kvantitativna superiornost Keplerovih Rudolfskih tabela predstavljala je, u odnosu na sve one koje su izračunavane iz ptolomejske teorije, glavni faktor u preobraćanju astronoma u Kopernikanizam. Newtonov uspjeh u predviđanju kvantitativnih astronomskih promatranja bio je vjerojatno onaj najvažniji razlog trijumfa njegove teorije nad njenim razumnijim, ali redom kvalitativnim suparnicima. A u ovom stoljeću upadljiv kvantitativni uspjeh kako Planckovih zakona zračenja, tako i Bohrovog atoma brzo je uvjerio mnoge fizičare da ih prihvate iako su, kada se fizička znanost promatra kao cjelina, ova dva doprinosa stvorila daleko više problema nego što su riješila."

¹¹ Za probleme stvorene kvantnom teorijom vidi F. Reiche, *The Quantum Theory*, London, 1922., poglavlja II, VI-IX. Za druge primjere u ovom poglavlju vidi ranija pozivanja na literaturu u ovom poglavlju.

Tvrđnja da su problemi koji izazivaju krizu riješeni, ipak je rijetko kad dovoljna sama po sebi. Osim toga, to se ne može uvijek legitimno izjaviti. Zapravo, Kopernikova teorija nije bila točnija od Ptolomejeve i nije neposredno vodila ka bilo kakvom poboljšanju kalendara. Ili, valna teorija svjetlosti tijekom nekoliko godina nakon što je prvi put objavljena, nije u rješavanju onih efekata polarizacije koji su bili osnovni uzrok krize u optici bila uspješna niti onoliko koliko je to bio njezin korpuskularni suparnik. Ponekad će slobodnija praksa, koja karakterizira neuobičajeno istraživanje, proizvesti kandidata za paradigmu koji u prvi mah neće pružiti nikakvu pomoć glede problema koji su izazvali krizu. Kada se to dogodi, onda se dokazi moraju izvesti iz drugih dijelova tog područja, kao što se inače često događa. Na tim drugim područjima mogu se razviti posebno uvjerljivi argumenti, ukoliko nova paradigma dopusti predviđanje pojava na koje se - dok je prevladavala stara paradigma - nije uopće niti pomišljalo.

Kopernikova teorija, na primjer, sugerirala je da bi planeti trebali biti slični Zemlji, da bi Venera trebala pokazivati faze i da bi svemir morao biti znatno veći nego što se ranije pretpostavljalo. Stoga su ta promatranja, kada je šezdeset godina poslije Kopernikove smrti teleskop iznenada pokazao planine na mjesecu, Venerine faze kao i ogroman broj zvijezda za koje se ranije nije niti pomišljalo da postoje, novoj teoriji donijela veliki broj preobraćenika, posebno među neastronomima.¹² U slučaju valne teorije glavni izvor profesionalnog preobraćenja bio je još dramatičniji. Otpor Francuza srušio se iznenada i relativno potpuno kada je Fresnel bio sposoban demonstrirati postojanje bijele točke u središtu sjene kružne ploče. Bio je to efekt koji ni on sam nije predviđao, ali za koji je Poisson, prvobitno jedan od njegovih protivnika, pokazao da predstavlja nužnu, iako apsurdnu posljedicu Fresnelove teorije.¹³ S obzirom na svoju vrijednost kao šoka, kao i s obzirom na činjenicu da tako očito nisu bili "ugrađeni" u novu teoriju od početka, ovakvi argumenti pokazali su se naročito uvjerljivima. Ponekad se ta posebna snaga može iskorištavati bez obzira na to stoje pojava o kojoj se radi bila promatrana znatno prije nego što je prvi put uvedena teorija koja je objašnjava. Izgleda da

¹² Kuhn, *op. cit.* str. 219-225.

¹³ E. T. Whittaker: *A History of the Theories of Aether and Electricity*. 1,2. izdanje, London, 1951., str. 108.

Einstein, na primjer, nije anticipirao da bi opća teorija relativnosti mogla s preciznošću objasniti dobro poznatu nepravilnost u kretanju Merkurovog perihela, te je doživio primjereni trijumf kada je teorija to objasnila.¹⁴

Svi argumenti za novu paradigmu o kojima je dosad raspravljano bili su zasnovani na određenoj sposobnosti suparničke strane za rješavanje problema. Za znanstvenike su ti argumenti obično najznačajniji i najuvjerljiviji. Prethodni primjeri ne bi trebali ostavljati nikakve sumnje glede izvora svoje ogromne privlačnosti. Ali, iz razloga na koje ćemo se uskoro ponovo vratiti oni ni pojedinačno ni kolektivno nisu neodoljivi. Postoji, na sreću, i druga vrsta razmatranja koja može voditi znanstvenike da odbace staru u korist nove paradigme. Riječ je o argumentima koji su rijetko kada dati eksplicitno, a koji se pozivaju na smisao pojedinca za prikladno ili estetsko - za novu se teoriju kaže da je "čistija", "prikladnija" ili "jednostavnija" od stare. Takvi su argumenti vjerojatno manje efikasni u znanostima nego u matematici. Rane verzije većine novih paradigmi su grube. Do trenutka kada se može razviti njihova puna estetska privlačnost, veći je dio zajednice već uvjeren na druge načine. Pa ipak, važnost estetskih razmatranja može ponekad biti odlučujuća. Iako se često dešava da ta razmatranja privlače samo nekoliko znanstvenika ka novoj teoriji, od te nekolicine može zavisiti njezin konačni trijumf. Da je oni iz krajnje individualnih razloga nisu brzo prihvatili novi kandidat za paradigmu možda nikada ne bi bio dovoljno razvijen da privuče odanost znanstvene zajednice kao cjeline.

Da bi se vidio razlog važnosti ovih subjektivnijih i estetskih razmatranja sjetimo se u čemu se sastoji rasprava oko paradigme. Kada se novi kandidat za paradigmu prvi put predloži on je rijetko kad riješio više od nekoliko problema s kojima je suočen, a većina tih problema još je daleko od savršenstva. Kopernikanska je teorija do Keplera jedva donijela ikakva poboljšanja u odnosu na ona predviđanja planetarnog položaja koja je dao Ptolomej. Kada je Lavoisier vidio kisik kao "sam zrak u cijelosti" njegova nova teorija uopće nije mogla

¹⁴ Vidi *ibid.* II, 1953., str. 151-180, za razvoj opće relativnosti. Za Einsteinovo reagiranje na precizno slaganje te teorije s promatranim kretanjem Merkurovog perihela vidi pismo citirano u P. A. Schlipp (ur.) *Albert Einstein. Philosopher-Scientist.* Evanston, 111, 1949., str. 101.

izaći na kraj s problemima koji su izašli na vidjelo proliferacijom novih plinova, na što je Priestley s velikim uspjehom ukazao u svom kontranapadu. Slučajevi kao što je Fresnelova bijela točka iznimno su rijetki. Tek znatno kasnije, nakon što je nova paradigma već razvijena, prihvaćena i iskorištena, obično dolazi do razvijanja očito odlučujućih argumenata - Foucaultovog klatna za demonstraciju Zemljine rotacije ili Fizeauovog eksperimenta za pokazivanje da se svjetlost kreće brže kroz zrak nego kroz vodu. Njihovo izvođenje predstavlja dio normalne znanosti, a njihova uloga nije u raspravi oko paradigme, nego u post-revolucionarnim tekstovima.

Prije nego što su ti tekstovi napisani, dok rasprava još traje, situacija je sasvim drugačija. Protivnici nove paradigme obično mogu legitimno tvrditi da je ta paradigma, čak i na području krize, vrlo malo superiorna u odnosu na svog tradicionalnog suparnika. Ona, naravno, neke probleme obrađuje bolje, otkrila je neke nove pravilnosti. Ali, starija paradigma može, po svoj prilici, biti artikulirana na način da odgovori na ove izazove, kao što je prije toga odgovorila na druge. Kako geocentrični Tycho Brahe astronomski sustav tako i kasnije verzije teorije flogistona bili su odgovori na izazove koje je postavio novi kandidat za paradigmu i u oba slučaja odgovori su bili sasvim uspješni.¹⁵ Osim toga, oni koji brane tradicionalnu teoriju i proceduru mogu gotovo uvijek ukazati na probleme koje njen novi suparnik nije riješio, a koji po njihovom shvaćanju uopće nisu problemi. Do otkrivanja sastava vode sagorijevanje dušika predstavljalo je jak argument za teoriju flogistona, a protiv Lavoisierove teorije. A kadaje pobijedila teorija kisika, ona još nije mogla objasniti pripravljanje zapaljivog plina iz ugljika, pojavu na koju su flogistonci ukazivali kao najaku podršku za svoje gledište.¹⁶ Ravnoteža između argumenta i kontraargumenta ponekad može čak i na području krize zaista biti bliska. A izvan toga područja prevaga će često biti odlučno u korist tradicije. Kopernik je

¹⁵ Za Braheov sustav, koji je geometrijski bio sasvim identičan s Köperu i kovini, vidi J. L. E. Dreyer, *A History of astronomy from Thales to Kepler*, 2. izdanje, New York, 1953., str. 359-371. Za posljednje verzije teorije flogistona i njihov uspjeh vidi J. R. Partington i D. McKie, "Historical Studies of the Phlogiston Theory", *Annals of Science*, IV, 1939., str. 113-149.

¹⁶ Za problem kojem vodio dušik vidi J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 2. Izdanje, London, 1951., str. 134. Za ugljični monoksid vidi H. Kopp, *Geschichte der Chemie*, III, Braunschweig, 1845., str. 294-296.

srušio dugo poštovano objašnjenje kretanja Zemlje, a da ga ničim nije zamijenio. Newton je učinio isto u odnosu najedno starije objašnjenje gravitacije, Lavoisier u odnosu na zajednička svojstva metala, i tako dalje. Ukratko, ako ojednom kandidatu za paradigmu treba od početka suditi po tvrdoglavim ljudima koji su pokazali samo relativnu sposobnost za rješavanje problema, u znanostima bi bilo vrlo malo značajnijih revolucija. Dodate li tome kontraargumente, stvorene onim što smo prethodno nazvali neusklađivošću paradigmi, onda se znanostima može dogoditi da ne dozive uopće nikakve revolucije.

Ali, rasprave o paradigmi ne odnose se stvarno na relativnu sposobnost rješavanja problema, iako se obično, s dobrim razlozima, vode u tim terminima. Stvar je u tome koja bi paradigma u budućnosti trebala voditi istraživanje o problemima za koje, u većini slučajeva, ni suparnička strana ne može tvrditi da ih je u potpunosti riješila. Nužno je odlučivati između alternativnih načina prakticiranja znanosti, a u određenim okolnostima ta odluka mora se manje zasnivati na ranijim dostignućima nego na obećanju za budućnost. Onaj čovjek koji prihvaća novu paradigmu u ranoj fazi često to mora činiti nasuprot dokazima koje donosi rješavanje problema. To znači da on mora vjerovati da će nova paradigma uspjeti riješiti mnoge krupne probleme s kojima se suočila, znajući pri tom samo to da je starija paradigma podbacila kod nekoliko problema. Odluka te vrste može se donijeti samo na povjerenje.

To je jedan od razloga zašto se prethodna kriza pokazuje vrlo važnom. Znanstvenici koji nisu iskusili krizu rijetko će se kada odreći čvrstih dokaza do kojih se dolazi u rješavanju problema da bi pošli za onim što se lako može pokazati i što bi široko bilo smatrano fatamorganom. Ali, sama kriza nije dovoljna. Mora, također, postojati osnova, iako ona za povjerenje u određenog izabranog kandidata ne mora biti ni racionalna ni sasvim točna. Nešto mora utjecati na to da bar nekolicina znanstvenika osjeti da se novi prijedlog nalazi na pravom tragu, a to ponekad mogu postići samo osobna i neartikulirana estetika razmatranja. Ljudi su bili preobraćeni na taj način i onda kada najveći dio jasno izraženih tehničkih argumenata pokazuje u sasvim suprotnom smjeru. Ni Kopernikova astronomska teorija, ni De Broglieva teorija materije nisu imale, kad su prvi put uvedene,

druge značajne razloge na koje bi se mogli pozvati. Einsteinova opća teorija relativnosti čak i danas privlači ljude prije svega iz estetskih razloga koje je malo ljudi izvan matematike uspijevalo osjetiti.

To ne znači da nove paradigme konačno trijumfiraju kroz neku mističnu estetiku. Naprotiv, malo je ljudi koji napuštaju tradiciju samo iz tih razloga. Za one koji to čine često se kaže da su bili u zabludi. Ali, ako je paradigma predodređena da ikada trijumfira, prvo su joj potrebni zastupnici, ljudi koje će je dovesti do one točke na kojoj će se moći proizvoditi i umnožavati čvrsti argumenti. Pa čak i ti argumenti, kada se do njih dođe, nisu pojedinačno odlučujući. Budući da su znanstvenici razumni, neki od argumenata konačno će uvjeriti mnoge od njih. Ali, nema tog argumenta koji bi ih mogao ili trebao sve uvjeriti. Ono što se događa jest sve veći pomak u raspodjeli stručne odanosti, a ne jednojedinствeno skupno preobraćenje.

Novi kandidat za paradigmu može na početku imati vrlo malo pristalica, a i njihovi motivi ponekad mogu biti sumnjivi. Pa ipak će te pristalice, ukoliko su kompetentne, poboljšati paradigmu, ispitati njene mogućnosti i pokazati kako bi izgledalo pripadati onoj zajednici koja se rukovodi tom paradigmom. Ako je toj paradigmi suđeno da pobijedi u svojoj borbi, onda će se usporedo s tim i broj i snaga argumenata uvjeravanja povećavati u njenu korist. Tada će i više znanstvenika biti preobraćeno, a istraživanje nove paradigme će se nastaviti. Postupno će se povećavati i broj eksperimenata, članaka i knjiga koje se zasnivaju na toj paradigmi. Još više ljudi, uvjerenih u plodnost novoga gledišta, prihvatit će novi način prakticiranja normalne znanosti, dok najzad ne ostane samo nekoliko starijih ustrajnih pobornika staroga. Ali, za njih ne možemo reći da nisu u pravu. Iako povjesničar uvijek može naći ljude - na primjer Priestleya - koji su bili toliko nerazumni i vrlo dugo pružali otpor, on neće naći nikakvu točku u kojoj je taj otpor postao nelogičan ili neznanstven. On u najboljem slučaju može reći daje onaj čovjek koji nastavlja pružati otpor i onda kad je cijela njegova struka preobraćena, *ipso facto* prestao biti znanstvenik.

XIII

NAPREDAK KROZ REVOLUCIJE

Prethodne stranice dovele su moj shematski opis znanstvenog razvoja do krajnje točke do koje on može otići u ovom ogledu. Pa ipak, one ne mogu dovesti do zaključka. Ako je taj opis uopće zahvatio bitnu strukturu neprekidnog razvoja neke znanosti, on je u isto vrijeme trebao postaviti i jedan poseban problem: zašto bi se takav pothvat, kao što je ovaj naprijed skicirani, kretao stalno naprijed, što, recimo, umjetnost, politička teorija ili filozofija ne čine? Zbog čega je napredak takav usputni dodatak koji je rezerviran gotovo isključivo za one aktivnosti koje nazivamo znanošću? Najuobičajeniji odgovori na to pitanje bili su odbačeni u glavnom dijelu ovog ogleada, a sada ga moramo završiti pitajući se mogu li za te odgovore biti nađene neke zamjene.

Zapazite odmah da je dio ovog pitanja sasvim semantičkog karaktera. Termin "znanost" u velikoj je mjeri rezerviran za ona područja koja zaista napreduju na očigledne načine. Nigdje se to jasnije ne pokazuje nego u stalno iznova vođenim raspravama oko toga je li ova ili ona suvremena društvena znanost doista znanost. Ove rasprave imaju svoje paralele u pre-paradigmatičkim razdobljima onih područja koje se danas bez ustezanja označavaju kao znanstvene. Njihov tobožnji ishod, koji se neprekidno provlači, jest definicija tog spornog termina. Ljudi tvrde, recimo, daje psihologija znanost zbog toga što posjeduje takve i takve karakteristike. Drugi uzvraćaju da te karakteristike ili nisu neophodne ili nisu dovoljne dajedno područje učine znanošću. Često se u to ulaže velika energija, raspiruju se velike strasti, a neupućena osoba ne može znati što se događa. Može li mnogo toga ovisiti o *definiciji* "znanosti"? Može li definicija reći nekome je li znanstvenik ili nije? Ako može, zašto se onda prirodznanstvenici, ili umjetnici uopće, ne brinu za definiciju ovog termina?

Nužno se mora posumnjati da je taj ishod fundamentalnijeg karaktera. Moguće je, zapravo, da su stvarno postavljena pitanja slična sljedećima: zbog čega se moje područje ne uspijeva kretati naprijed na način kako to, recimo, čini fizika? Kakve promjene u tehnici, metodi ili ideologiji bi joj omogućili da to postigne? Ovo, međutim, nisu pitanja koja bi bila prikladna za sporazum o definiciji. Štoviše, ako presedan iz prirodnih znanosti može poslužiti, ta će pitanja prestati biti izvorom brige ne onda kada se definicija nađe, već kada skupine, koje sada sumnjaju u svoj vlastiti status, dođu do suglasnosti o svojim prošlim i sadašnjim dostignućima. Moglo bi, na primjer, biti značajno to što se ekonomisti, u odnosu na praktičare u drugim područjima društvenih znanosti, mnogo manje spore oko toga je li njihovo područje znanost ili ne. Je li to zbog toga što ekonomisti znaju što je to znanost? Ili je to oko čega se oni slažu ekonomija?

Ova strana stvari ima svoju suprotnost koja, iako više ne jednostavno semantički, može pomoći da se izlože zapletene veze između naših pojmova znanosti i napretka. Slikarstvo je tijekom mnogo stoljeća, kako u antičkom razdoblju tako i u ranoj modernoj Europi, smatrano kumulativnom disciplinom. Tijekom tih godina pretpostavljalo se da je cilj umjetnika prikazivanje (reprezentacija). Kritičari i povjesničari, kao što su Plinije i Vašari, s divljenjem su zabilježili one serije pronalazaka, od crtanja u perspektivi do uporabe kontrasta između svjetla i sjene, koje su omogućile sve savršenije prikazivanje prirode.¹ Ali, to su isto tako i godine, posebno tijekom razdoblja renesanse, kad se nije osjećao veliki rascjep između znanosti i umjetnosti. Leonardo je bio samo jedan od mnogih ljudi koji su se slobodno kretali naprijed i natrag između područja koja su tek kasnije kategorički odijeljena.² Štoviše, termin "umjetnost" je i onda kada je ta postojana razmjena prestala i nadalje primjenjivana isto toliko na tehnologiju i zanatstvo, za koje se smatralo da su progresivni, koliko i na slikarstvo i skulpturu. Tek kada su slikarstvo i skulptura nedvosmisleno odbacili prikazivanje kao svoj cilj i počeli ponovo učiti od primitivnih modela,

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

² *Ibid.*, str. 97 i Giorgio de Santillana, "The Role of Art in the Scientific Renaissance" in *Critical problems in the History of Science*, ur. M. Clagett, Madison, Wis., 1959., str. 33-65.

tada je ovaj rascjep, koji sada uzimamo kao priznat, dobio nešto slično današnjoj dubini. Pa čak i danas, da se još jednom prebacimo iz jednog područja u drugo, dio naše teškoće u sagledavanju temeljnih razlika između znanosti i tehnologije mora se povezati s činjenicom da je napredak očigledno svojstvo oba ova područja.

Uviđanje da smo skloni kao znanost vidjeti svako ono područje u kojemu se događa napredak, može, međutim, samo razjasniti, ali ne i riješiti našu sadašnju poteškoću. Preostaje problem razumijevanja zašto bi karakteristika napretka bila tako vrijedna pažnje u odnosu na pothvat koji se provodi onim tehnikama i ciljevima koji su opisani u ovom ogledu. Pokazuje se, da ovo pitanje u sebi sadrži više različitih pitanja, pa ćemo ih morati razmotriti jedno po jedno. Međutim, u svim slučajevima, osim u posljednjem, njihovo razrješavanje djelomično će zavisiti o preokretu našeg normalnog gledanja na odnos između znanstvene aktivnosti i zajednice koja tu aktivnost prakticira. Moramo naučiti da kao uzroke prepoznamo ono što je obično bilo smatrano efektima. Ako to možemo, fraze kao što su "znanstveni napredak", pa čak i "znanstvena objektivnost" mogu početi izgledati djelomično suvišnima. Zapravo, jedan aspekt te zavisnosti ilustriranje maloprije. Napreduje li neka znanost zato što je znanost ili je ona znanost zato što napreduje?

Zapitajmo se sada zašto bijedan takav pothvat kao što je normalna znanost napredovao i počnimo od toga što ćemo se podsjetiti nekoliko njenih najočitijih karakteristika. Prirodno je da članovi jedne zrele znanstvene zajednice u svom radu polaze od jedne jedine paradigme ili od jednog blisko povezanog skupa paradigmi. Vrlo rijetko se događa da različite znanstvene zajednice istražuju iste probleme. U tim izuzetnim slučajevima skupine dijele nekoliko osnovnih paradigmi. Promatrano s aspekta svake pojedine zajednice, međutim, bez obzira radi li se o znanstvenicima ili neznanstvenicima, rezultat uspješnog kreativnog rada *jest* napredak. Kako bi uopće moglo biti nešto drugo? Mi smo, na primjer, primijetili slijedeće: sve dok su umjetnici težili što vjernijem prikazivanju kao svom idealu, i kritičari i povjesničari bilježili su napredak na izgled jedinstvene skupine. Druge kreativne skupine pokazuju napredak iste vrste. Onaj teolog koji formulira dogmu ili onaj filozof koji usavrši Kantove imperativne doprinose napretku makar

samo one skupine koja dijeli njegove premise. Niti jedna kreativna škola ne priznaje kategoriju rada koji s jedne strane jest kreativni uspjeh, ali s druge strane nije doprinos kolektivnom dostignuću te skupine. Ukoliko sumnjamo, kao što mnogi čine, u to da neznanstvena područja napreduju, to ne može biti zbog toga što pojedine škole ne čine nikakav napredak. Prije bismo morali sumnjati zbog toga što uvijek postoje suparničke škole, od kojih svaka neprekidno stavlja pod znak pitanja same temelje svih drugih. Čovjek koji tvrdi da, recimo, filozofija nije učinila nikakav napredak, naglašava to da još uvijek postoje aristotelovci, a ne da aristotelijanstvo nije uspjelo napredovati.

Ove sumnje u napredak javljaju se, međutim, i u znanostima. Tijekom pre-paradigmatičkog razdoblja, kada postoji mnoštvo suparničkih škola, dokaze o napretku, osim unutar škola, vrlo je teško pronaći. To je ono razdoblje koje je opisano u poglavlju II kao razdoblje tijekom kojeg pojedinci prakticiraju znanost, ali rezultati njihovog pothvata ne doprinose znanosti kakvu je mi poznajemo. I, opet, tijekom razdoblja revolucije, kad su fundamentalni ciljevi jednog područja još jednom dovedeni u pitanje, često se izražavaju sumnje u samu mogućnost kontinuiranog napretka ako se usvoji jedna ili druga od suprotnih paradigmi. Oni koji su odbacivali newtonijanstvo proglasili su da bi njegovo vezivanje za imanentne sile vratilo znanost u mračno doba. Oni koji su se suprotstavljali Lavoisierovoj kemiji smatrali su da je odbacivanje kemijskih "načela" u korist laboratorijskih elemenata predstavljalo odbacivanje postignutog kemijskog objašnjenja od strane onih koji bi se zaklanjali iza samoga imena. Sličan osjećaj, iako umjerenije izražen, izgleda da leži i u osnovi suprotstavljanja Einsteina, Bohma i drugih onoj dominirajućoj probabilističkoj interpretaciji kvantne mehanike. Ukratko, samo tijekom razdoblja normalne znanosti napredak izgleda i očit i siguran. Tijekom tih razdoblja, međutim, znanstvena zajednica i ne može na drugi način gledati na plodove svog rada.

Što se tiče normalne znanosti, dakle, dio odgovora na problem napretka leži jednostavno u oku promatrača. Kao vrsta, znanstveni napredak ne razlikuje se od napretka u drugim područjima, ali odsutnost suparničkih škola koje najveći dio vremena uzajamno stavljaju pod znak pitanja svoje ciljeve i standarde čini da se napredak

normalne znanstvene zajednice lakše primjećuje. To je, međutim, samo dio odgovora i ni u kom slučaju nije njegov najvažniji dio. Već smo primijetili da se članovi zajednice, kada je jednom prihvaćanje zajedničke paradigme oslobodilo određenu znanstvenu zajednicu od potrebe da stalno preispituje svoja prva načela, mogu usredotočiti isključivo na najsuptilnije i najezoteričnije među pojavama kojima se bave. To neizbježno povećava kako djelotvornost, tako i uspješnost s kojom određena skupina kao cjelina rješava nove probleme. Drugi aspekti profesionalnog života u znanostima još više pojačavaju ovu posebnu uspješnost.

Neki od njih su posljedice besprimjerne izolacije zrelih znanstvenih zajednica u odnosu na zahtjeve laika i svakodnevnog života. Ta izolacija nikad nije bila potpuna - sada raspravljamo o pitanjima stupnja. Pa ipak nema nikakvih drugih profesionalnih zajednica u kojima je pojedinačni kreativni rad tako ekskluzivno upućen drugim članovima struke i od njih procjenjivan. Najezoteričniji pjesnik ili najapstraktniji teolog daleko su više od znanstvenika zainteresirani za svjetovnu potvrdu svog kreativnog djela, iako mogu biti manje zainteresirani za potvrdu uopće. Ova razlika pokazuje se važnom. Upravo zato što radi za publiku koja se sastoji isključivo od njegovih kolega, publiku koja dijeli njegove vlastite vrijednosti, znanstvenik može uzeti jedan skup standarda kao priznat. On se ne mora brinuti o tome što će neka druga skupina ili škola misliti i može se stoga riješiti jednoga problema i prijeći na slijedeći znatno brže nego oni koji rade za neku raznorodniju skupinu. Što je još važnije, izoliranost znanstvene zajednice od društva dopušta znanstveniku-pojedincu da usredotoči svoju pažnju na probleme za koje ima dobar razlog da vjeruje da će biti sposoban riješiti ih. Za razliku od inženjera, mnogih liječnika i većine teologa, znanstvenik ne mora birati probleme zbog toga što zahtijevaju žurno rješenje i bez obzira na to stoje li mu na raspolaganju potrebni instrumenti za njihovo rješavanje. U ovom pogledu kontrast između prirodoznanstvenika i mnogih znanstvenika koji se bave društvenim znanostima pokazuje se također kao vrlo instruktivan. Ovi drugi često teže (a to prvi gotovo nikad ne čine) obrani svog izbora istraživačkog problema - recimo utjecaja rasne diskriminacije ili uzroka poslovnih ciklusa - uglavnom s obzirom na

društveni značaj postizanja njihovog rješenja. Za koju bi se skupinu onda moglo očekivati da brže rješava svoje probleme?

Efekte izolacije od šireg društva u velikoj se mjeri pojačavaju jednom drugom karakteristikom profesionalne znanstvene zajednice, prirodom edukacijske inicijacije. U glazbi, grafičkim umjetnostima i literaturi, praktičar stječe svoju naobrazbu izlažući se djelima drugih umjetnika, prije svega onih koji su živjeli prije njega. Udžbenici, osim pregleda originalnih djela i priručnika za takva djela, igraju samo sekundarnu ulogu. U povijesti, filozofiji i društvenim znanostima udžbenička literatura ima veći značaj. No, čak i u tim područjima elementarni školski tečaj uključuje paralelna čitanja originalnih izvora, od kojih neki predstavljaju "klasike" u tom području, a drugi izvještaje o suvremenom istraživanju koje praktičari pišu jedni drugima. Stoga se student bilo koje od ovih disciplina neprekidno podsjeća na iznimnu raznolikost problema koje su članovi njegove buduće skupine tijekom vremena pokušavali riješiti. Što je još važnije, on neprestano ima pred sobom određeni broj suparničkih i neusporedivih rješenja za ove probleme, rješenja koja bi morao konačno sam procijeniti.

Usporedite ovu situaciju s onom koja vlada u suvremenim prirodnim znanostima. U tim područjima student se uglavnom oslanja na udžbenike, dok na trećoj ili četvrtoj godini drugog stupnja svojih studija ne započne vlastito istraživanje. Mnogi znanstveni programi ne traže čak niti od studenata na drugom stupnju studija da čitaju djela koja nisu napisana posebno za studente. Onih nekoliko programa koji propisuju dodatnu literaturu za pisanje samostalnih radova i monografija ograničavaju se pritom na najviše tečajeve, kao i na one materijale koji nastavljaju tamo gdje su tekstovi koji su na raspolaganju stali. Do samih posljednjih stupnjeva u obrazovanju znanstvenika udžbenici sustavno zamjenjuju onu kreativnu znanstvenu literaturu bez koje sami ne bi ni postojali. Kad postoji povjerenje u svoje paradigme, što i omogućuje ovakvu obrazovnu tehniku, rijetko bi koji znanstvenik želio da to promijeni. Zbog čega bi, na kraju krajeva, bilo potrebno da student fizike čita recimo djela Newtona, Faradaya, Einsteina ili Schroedingera, kada je sve ono što mu je potrebno da zna o tim djelima rekapitulirano u daleko kraćem, preciznijem i sustavnijem obliku u mnogim suvremenim udžbenicima?

Ne želeći braniti pretjeranih duljina do kojih je često dovedena ova vrsta obrazovanja, teško je ne opaziti daje ona, općenito uzevši, bila izvanredno efikasna. To je, razumije se, usko i kruto obrazovanje, vjerojatno više od svih ostalih, osim možda ortodoksne teologije. Ali, za normalno-znanstveni rad, za rješavanje zagonetki unutar konkretne tradicije koju udžbenici definiraju, znanstvenik je opremljen gotovo savršeno. Štoviše, on je isto tako dobro opremljen zaoštrivši jednu zadaću: proizvesti značajne krize kroz normalnu znanost. A kada dođe do tih kriza, znanstvenik, naravno, nije isto tako dobro opremljen. I iako se dulje krize, po svojoj prilici, odražavaju i u manje krutoj obrazovnoj praksi, znanstvena naobrazba nije dobro pripremljena da proizvede takvog čovjeka koji će lako otkriti neki svjež pristup. Ali, onoliko dugo dok se netko javlja s novim kandidatom za paradigmatu - obično netko mlad ili netko nov u tom području - gubitak do kojeg dolazi zbog krutosti pada samo na pojedinca. U generaciji u kojoj će doći do promjene, pojedinačna je krutost sasvim spojiva sa zajednicom koja se može prebaciti s jedne paradigmatu na drugu kada to situacija zahtijeva. Ona je posebno spojiva onda kada sama ta krutost pruža određenoj zajednici osjetljiv pokazatelj da nešto nije u redu.

U svom normalnom stanju, dakle, znanstvena zajednica je iznimno djelotvoran instrument za rješavanje onih problema ili zagonetki koje njene paradigmatu definiraju. Štoviše, rješavanje tih problema nužno mora donijeti napredak. Tu nema problema. Međutim, ovakovo sagledavanje samo baca svjetlo na drugi glavni dio problema napretka u znanostima. Prijedimo sada na taj dio problema i postavimo pitanje o napredovanju kroz neuobičajenu znanost. Zašto bi napredak bio očito univerzalna popratna pojava znanstvenih revolucija? Još jednom valja reći da se mnogo može naučiti upitamo li se što bi drugo mogao biti rezultat znanstvenih revolucija. Revolucije završavaju potpunom pobjedom jednog od dva suprotstavljena tabora. Hoće li ta grupa ikada reći da je rezultat njene pobjede bilo što manje od napretka? To bi bilo kao kada bi priznali da oni sami nisu bili u pravu, već njihovi protivnici. Za njih ishod revolucije mora, u najmanju ruku, biti napredak, a oni su u izvanrednom položaju da se pobrinu da budući članovi njihove zajednice vide prethodnu povijest na isti način. U poglavlju XI detaljno su opisane one tehnike kojima se to postiže, a mi smo se

baš vratili jednom aspektu profesionalnog načina života koji je s tim blisko povezan. Kada odbacuje prošlu paradigmu znanstvena zajednica istodobno ne priznaje da većina onih knjiga i članaka u kojima je ta paradigma bila usađena mogu biti pogodan subjekt za profesionalno ispitivanje. Znanstvena se edukacija ne služi ničim što je slično umjetničkom muzeju ili biblioteci klasika, a kao rezultat toga imamo ponekad drastičnu iskrivljenost znanstvenikove predodžbe o prošlosti svoje discipline. Više od praktičara u drugim kreativnim područjima, on počinje uviđati da ta prošlost u ravnoj crti vodi do sadašnje najviše točke u kojoj se nalazi njegova disciplina. Ukratko, on taj razvoj sagledava kao napredak. Dok ostaje u određenom području, nikakva druga alternativa ne stoji mu na raspolaganju.

Ove će primjedbe nužno upućivati na to da je član jedne zrele znanstvene zajednice sličan tipičnom liku iz Orwellove 1984., žrtva povijesti koju ponovo pišu trenutno vladajuće sile. Štoviše, ova usporedba nije sasvim neumjesna. U znanstvenim revolucijama postoje gubici i dobici, a znanstvenici pokazuju sklonost da budu naročito slijepi za gubitke.³ S druge strane, nikakvo objašnjavanje napretka putem revolucije ne može stati ovdje. To bi značilo implicirati da u znanostima moć stvara i pravo, formulacija koja ne bi bila posve pogrešna kad ne bi potiskivala u pozadinu prirodu ovog procesa kao i onog autoriteta pomoću kojeg je izvršen izbor između paradigmi. Daje samo autoritet, posebno onaj neprofesionalni, bio mjerodavan sudac u raspravama o paradigmi, ishod tih rasprava mogao je i dalje biti revolucija, ali to ne bi bila *znanstvena* revolucija. Samo postojanje znanosti zavisi o davanju ovlaštenja članovima posebne vrste zajednice za moć izbora paradigme. Na koji način ta zajednica mora biti posebna, ukoliko znanost treba preživjeti i razvijati se, može biti naznačeno samom slabašnošću čovjekova držanja za znanstveni pothvat. Sve civilizacije o kojima imamo sačuvane nekakve podatke posjedovale su neku tehnologiju, umjetnost, religiju, politički sustav, zakone i tako dalje. U mnogim slučajevima ovi aspekti civilizacije bili su

³ Povjesničari znanosti često se susreću s ovim sljepilom u posebno upadljivom obliku. Skupina studenata koji im dolaze iz raznih znanosti vrlo je često skupina kojoj predaju s najviše uspjeha. Ali, to je obično i najviše frustrirajuća skupina na početku. Budući da studenti znanosti "znaju prave odgovore" posebno je teško natjerati ih da analiziraju stariju znanost u njenim vlastitim terminima.

razvijeni isto toliko koliko i naši vlastiti. Ali, samo one civilizacije koje potječu od helenske Grčke imale su ono što je nadilazilo najrudimentarniju znanost. Najveći dio znanja predstavlja proizvod Europe tijekom posljednja četiri stoljeća. Ni najednom drugom mjestu ili vremenu nisu se razvile posebne zajednice iz kojih je poteklo znanstveno stvaralaštvo.

Koje su bitne karakteristike ovih zajednica? Očito je da njih treba daleko više proučavati. Na ovom području moguća su samo probna uopćavanja. Pa ipak, jedan broj potrebnih karakteristika za članstvo u nekoj stručnoj znanstvenoj skupini mora da je već više nego jasan. Znanstvenik mora, na primjer, biti zainteresiran da rješava probleme vezane uz ponašanje prirode. Osim toga, iako njegovo bavljenje prirodom može po svom opsegu biti globalno, oni problemi na kojima radi moraju se odnositi na detaljno. Što je još važnije, rješenja koja ga zadovoljavaju ne smiju biti čisto osobna već, naprotiv, moraju biti prihvaćena kao rješenja od strane mnogih. Ona skupina koja dijeli ta rješenja ne mora, međutim, biti izvučena nasumce iz društva kao cjeline, već je prije dobro definirana zajednica znanstvenikovih kolega po struci. Iako možda još nenapisano, jedno od najjačih pravila znanstvenog života jest zabrana pozivanja na državne poglavare ili na široku populacijsku masu kada se radi o znanstvenim stvarima. Priznavanje postojanja jedinstvene kompetentne profesionalne skupine i prihvaćanje njezine uloge kao isključivog arbitra stručnih dostignuća ima daljnje implikacije. Članovi te skupine, kao pojedinci, na temelju svoje zajedničke obuke i iskustva, moraju biti smatrani jedinim posjednicima pravila igre li neke druge ekvivalentne osnove za nedvosmisleno prosuđivanje. Sumnjati u to da oni dijele neku takvu osnovu za procjene bilo bi isto što i dopustiti postojanje nespojivih standarda znanstvenog dostignuća. To bi, međutim, neizbježno dovelo do pitanja može li u znanostima postojati jedna istina.

Ovaj kratki popis karakteristika koje su zajedničke znanstvenim zajednicama izveden je u potpunosti, kao što i treba biti, iz prakse normalne znanosti. To je ona aktivnost za koju je znanstvenik svakodnevno obučavan. Uočite, međutim, da je ovaj popis, unatoč svojoj kratkoći, već dovoljan da se takve zajednice izdvoje iz svih drugih profesionalnih skupina. Uočite, osim toga, da ovaj popis,

usprkos svom porijeklu u normalnoj znanosti, objašnjava mnoge posebne osobine reagiranja skupine tijekom revolucija, a posebno tijekom rasprava o paradigmi. Već smo primijetili da skupina ovakve vrste mora gledati na promjenu paradigme kao na napredak. Sada možemo uvidjeti i to daje takva percepcija u mnogim važnim pogledima samoispunjavajuća. Znanstvena zajednica. Znanstvena je zajednica iznimno djelotvoran instrument za maksimiziranje broja i preciznosti onih problema koji se rješavaju promjenom paradigme.

Budući da je jedinica znanstvenog dostignuća riješeni problem, te uzimajući u obzir da određena skupina dobro zna koji su problemi već riješeni, malo će se kojeg znanstvenika moći nagovoriti da prihvati gledište koje će ponovo otvoriti probleme koji su ranije bili riješeni. Sama priroda mora prvo oslabiti profesionalnu sigurnost na način što će učiniti da prethodna dostignuća izgledaju problematična. Štoviše, čak i onda kada se to dogodi i kada je novi kandidat za paradigmu izazvan, znanstvenici će oklijevati da ga prigrle ukoliko nisu uvjereni da su ispunjena dva vrlo važna uvjeta. Prvo, mora izgledati da novi kandidat rješava neki značajan i opće priznati problem s kojim se ne može izaći na kraj ni na koji drugi način. Drugo, nova paradigma mora obećati da će sačuvati relativno veliki dio one konkretne sposobnosti za rješavanje problema koju su nagomilale njezine prethodnice. Novitet radi noviteta ne predstavlja *desideratum* u znanostima, kao što predstavlja u tako mnogo drugih kreativnih područja. Iako nove paradigme rijetko ili nikad ne posjeduju sve mogućnosti svojih prethodnica, one obično zbog toga sačuvaju vrlo mnogo onih najkonkretnijih dijelova ranijeg dostignuća, a uz to uvijek dopuštaju i dodatna konkretna rješenja problema.

Reći to ne znači uputiti na zaključak da sposobnost za rješavanje problema čini jedinstvenu ili nedvojbenu osnovu za izbor paradigme. Već smo izdvojili dosta razloga zašto se ne može uzeti tu vrstu kriterija. Ali, to da će jedna zajednica znanstvenih specijalista učiniti sve što je moguće da osigura trajan rast onih prikupljenih podataka koje može tretirati detaljno i s preciznošću. U tom će procesu zajednica pretrpjeti gubitke. Često neki stari problemi moraju biti istjerani. Osim toga, revolucija često sužava opseg profesionalnih interesa zajednice, povećava stupanj njene specijalizacije i slabi njenu komunikaciju s drugim skupinama, bile one znanstvene ili ne. Iako znanost sigurno sve više

ide u dubinu, ona se istovremeno ne mora i širiti. Ukoliko to čini, onda se ta širina uglavnom ogleda u proliferaciji znanstvenih specijalnosti, a ne u opsegu bilo koje pojedinačne specijalnosti same za sebe. No, i uz ove i druge gubitke pojedinih zajednica priroda takvih zajednica pruža stvarnu garanciju da će popis problema koje je znanost riješila i preciznost pojedinih rješenja sve više rasti. Konačno, ako postoji ikakav način na koji se ona može pružiti, priroda te zajednice pruža tu garanciju. Kakav bolji kriterij uopće može postojati od odluke određene znanstvene skupine?

Ovi posljednji odlomci ukazuju na one smjerove u kojima se, vjerujem, mora tražiti suptilnije rješenje problema napretka u znanostima. Oni možda ukazuju na to da znanstveni progres nije sasvim ono za što se smatra. Ali, oni istodobno pokazuju da će jedna vrsta napretka nužno karakterizirati znanstveni pothvat dokle god se taj pothvat bude održao u životu. U znanostima i ne mora biti napretka neke druge vrste. Može nam se dogoditi, da budemo još precizniji, da moramo odbaciti onaj eksplicitni ili implicitni pojam da promjene paradigme vode znanstvenike i one koji od njih uče sve bliže i bliže istini.

Sad je vrijeme da primijetimo da se termin "istina" sve do posljednjih nekoliko stranica pojavio u ovome ogledu samo ujednom citatu djela Francisa Bacona. Pa čak i na tim stranama on se pojavio samo kao izvor znanstvenikovog uvjerenja da nespojiva pravila o tome što znači baviti se znanošću ne mogu koegzistirati drugačije nego samo tijekom revolucija, kada je glavni zadatak profesije eliminirati sve skupove osim jednog. Razvojni proces koji je opisan u ovome ogledu bio je proces revolucije od primitivnih početaka - proces čiji su uzastopni stupnjevi karakterizirani sve detaljnijim i suptilnijim razumijevanjem znanosti. Međutim, ništa od onoga stoje rečeno, ili što će biti rečeno, ne čini da to bude proces evolucije *prema* bilo čemu. Ta praznina je nužno uznemirila mnoge čitatelje. Svi smo duboko naviknuti da vidimo znanost kao takav pothvat koji neprekidno vuče nekom cilju koji je unaprijed postavljen od strane prirode.

Ali, mora li postojati takav cilj? Zar mi ne možemo evolucijom iz spoznajne situacije određene zajednice u bilo koje određeno vrijeme objasniti postojanje znanosti i njen uspjeh? Pomaže li doista ako zamislimo da postoji neki potpun, objektivan, istinit opis prirode i da pravu mjeru znanstvenog dostignuća predstavlja onaj stupanj u kojem

nas to dostignuće približava ovom krajnjem cilju? Ukoliko možemo naučiti zamijeniti evoluciju prema onome što želimo znati s evolucijom od onoga što znamo, može se dogoditi da u tom procesu nestane jedan broj spornih problema. Negdje u tom spletu, na primjer, mora da leži i problem indukcije.

Još nisam u stanju da detaljnije specificiram posljedice ovog alternativnog gledišta o znanstvenom napretku. Ali, to gledište pomaže da se shvati da je ono pojmovno preokretanje koje se ovdje preporučuje vrlo blisko onome koje je zapad poduzeo prije samo jednog stoljeća. Ono je posebno korisno jer je u oba slučaja glavna zapreka toj transpoziciji ista. Kada je Darwin 1859. godine prvi put objavio svoju teoriju evolucije putem prirodnog odabira, ono što je najviše smetalo mnogim stručnjacima nije bio ni pojam promjene vrsta, niti mogućnost da čovjek vuče porijeklo od majmuna. Dokazi koji su ukazivali na evoluciju, uključujući i evoluciju čovjeka, nagomilavali su se desetljećima, a ideja evolucije bila je predlagana i široko rasprostranjena i ranije. Iako je evolucija kao takva naišla na otpor, posebno od strane nekih religioznih skupina, to ni u kom slučaju nije bila najveća poteškoća s kojom su se darwinisti suočili. Najveća je poteškoća potjecala je od ideje koja je bila Darwinova vlastita. Sve dobro poznate pre-darwinističke evolucijske teorije - Lamarckova, Chambersova, Spencerova i ona njemačkih prirodnih filozofa, smatrale su da je evolucija proces usmjeren prema određenom cilju. Smatralo se da je "ideja" čovjeka i suvremene flore i faune bila prisutna od prvog stvaranja života, vjerojatno u umu samog Boga. Ta ideja ili plan odredili su smjer i snagu koja vodi cijeli evolucijski proces. Svaki novi stupanj evolucijskog razvoja predstavljao je savršeniju realizaciju jednog plana koji je bio prisutan od samog početka.⁴

Odbacivanje te teološke vrste evolucije predstavljalo je za mnoge ljude najznačajniju i najmanje ugodnu od svih Darwinovih sugestija.⁵ *Porijeklo vrsta* ne priznaje nikakav skup ciljeva, bilo Božjih ili prirodnih. Umjesto toga, prirodni izbor koji djeluje u nekoj sredini i s

⁴ Loren Eiseley, *Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It*, New York, 1958., poglavlja II, IV-V.

⁵ Za posebno dobar opis borbe jednog prominentnog darwinista s tim problemom vidi A. Hunter Dupree, *Asa Gray, 1810-1888.*, Cambridge, Mas., 1959., str. 295-306, 335-383.

aktualnim organizmima koji su prisutni, odgovorno je za postupno ali sigurno nastajanje razrađenijih, bolje artikuliranih i daleko specijaliziranijih organizama. Čak i tako iznimno adaptirani organi, kao što su čovjekovo oko ili ruka - organi čiji je plan ranije pružao snažne argumente u prilog postojanja vrhovnog majstora i prethodne zamisli - bili su proizvodjednog procesa koji se postojano kretao od primitivnih početaka ali ne *prema* bilo kakvom cilju. Uvjerenost daje prirodni odabir, koji potječe iz puke borbe između organizama za opstanak, mogao stvoriti čovjeka, zajedno s višim životinjama i biljkama, predstavljalo je najteži i najviše uznemirujući aspekt Darwinove teorije. Što mogu značiti "evolucija", "razvoj" i "napredak" u odsutnosti specificiranog cilja? Takvi termini su se mnogima iznenada učinili proturječnima sami po sebi.

Analogija koja povezuje evoluciju organizama s evolucijom znanstvenih ideja lako može otići predaleko. Ali, vezano uz pitanja o kojima je riječ u ovom posljednjem poglavlju, ona je gotovo savršena. Proces koji je u poglavlju XII bio opisan kao razrješavanje revolucija jest izbor - kroz sukob unutar znanstvene zajednice - najprikladnijeg načina za prakticiranje buduće znanosti. Čist rezultat niza takvih revolucionarnih izbora, razdvojenih razdobljima normalnog istraživanja, jest izvrsno prilagođen skup instrumenata koje nazivamo modernim znanjem. Sukcesivni stupnjevi tog razvojnog procesa označeni su povećavanjem artikulacije i specijalizacije. A čitav taj proces mogao se dogoditi, kao što sada pretpostavljamo da se odigrala biološka evolucija, bez pomoći nekog postavljenog cilja, neke trajno utvrđene znanstvene istine, gdje bi svaki stupanj u razvoju znanja predstavljao sve bolji primjer.

Svi oni koji su do sada pratili moju raspravu ipak će osjetiti potrebu da upitaju zašto bi proces evolucije uopće djelovao. Kakva bi priroda, uključujući i čovjeka, morala biti da bi znanost uopće bila moguća? Zašto bi znanstvene zajednice trebale biti u stanju postići čvrstu suglasnost koja je na drugim područjima nedostižna? Zašto bi to slaganje trajalo kroz uzastopne promjene paradigme? I zašto bi promjena paradigme nužno stvarala neki instrument savršeniji u bilo kom smislu od onih koji su prije toga bili poznati? Na ova pitanja, osim na prvo, već je sjedne točke gledišta odgovoreno. S druge, međutim, ona su isto

onako otvorena kao kada je ovaj ogled započet. Ne radi se samo o tome da znanstvena zajednica mora biti posebna. Svijet, čiji je ta zajednica samojedan dio, mora isto tako imati sasvim posebne karakteristike, a u smislu znanja o tome kakve bi te karakteristike morale biti, sada nismo ništa bliže nego što smo bili na početku. Taj problem - kakav bi svijet morao biti da bi ga čovjek mogao spoznati - nije stvoren ovim ogledom. Naprotiv, on je isto toliko star koliko i sama znanost i ostaje bez odgovora. Ali, na njega ovdje i ne moramo odgovoriti. Bilo koja koncepcija prirode spojiva s rastom znanosti samim tim je spojiva s onim evolucijskim stajalištem koje je ovdje razvijeno. Budući da je to stajalište isto tako spojivo s pažljivim promatranjem znanstvenog života, postoje jaki argumenti u prilog njegove primjene u pokušajima da se riješi mnoštvo problema koje je još uvijek ostalo neriješeno.

Postscript - 1969.

Prošlo je već gotovo sedam godina otkako je ova knjiga prvi put objavljena.¹ Reagiranjem kritičara i nastavak mog rada pridonijeli su u međuvremenu mom razumijevanju određenog broja problema koje knjiga pokreće. Što se tiče osnovnih stvari, moje je gledište gotovo nepromijenjeno, iako sada uviđam aspekte njegove prvobitne formulacije koji stvaraju bezrazložne teškoće i nesporazume. Kako su neki od ovih nesporazuma bili moji vlastiti, njihova mi eliminacija omogućuje da dođem do razloga koji bi konačno trebao pružiti osnovu za novu verziju ove knjige.² U ovom času pozdravljam prigodu koju imam za skiciranje nužnih prepravki, komentiranje nekih ponovljenih kritika i prikaz pravaca u kojima se moja misao sada razvija.³

Nekoliko ključnih poteškoća u mom izvornom tekstu usredotočeno je oko pojma paradigme, pa s tim i započinjem raspravu.⁴ U pododlomku koji slijedi iznijet ću poželjnost izvlačenja tog koncepta iz pojma znanstvene zajednice, ukazujući kako se to može učiniti, a raspraviti ću i o

¹ Ovaj je postscript prvi put pripremljen na prijedlog mog nekadašnjeg studenta i dugogodišnjeg prijatelja dr. Shigeru Nakayame sa Sveučilišta u Tokiju, radi uključivanja u njegov japanski prijevod ove knjige. Zahvalan sam mu na ideji, na strpljenju u očekivanju njene realizacije, te na dopuštenju da rezultat uključim u izdanje na engleskom jeziku.

² Za ovo izdanje nisam pokušao nikakvo sustavno preradivanje teksta, ograničavajući izmjene na nekoliko tiskarskih pogrešaka, te dva odlomka u tekstu koja su sadržavala odvojive pogreške. Jedna od njih je opis uloge Newtonovog djela *Principia* u razvoju mehanike osamnaestog stoljeća na stranicama 30-33, gore. Druga se tiče odgovaranja na krize na stranici 84.

³ Druge naznake naći će se u moja dva nedavno objavljena ogleda: "Reflection on My Critics", u Imre Lakatos i Alan Musgrave (ur.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970., i "Second Thoughts on Paradigms", u Frederick Suppe (ur.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, III, 1970., ili 1971. Prvi od tih ogleda bit će ovdje citiran kao "Refleksije" ("Reflections"), a tom u kojem se javlja kao *Growth of Knowledge*, na drugi ću se ogled pozivati kao na "Naknadne misli".

⁴ Za posebno uvjerljivu kritiku mog prvobitnog uvođenja paradigme vidi Margaret Masterman, "The Nature of a Paradigm", u *Growth of Knowledge*; te Dudley Shapere, "The Structure of Scientific Revolutions", *Philosophical Review*, LXXI, str. 383-394.

nekim značajnim posljedicama onog analitičkog odvajanja do kojeg dolazi. Potom ću raspraviti o tome što se događa kada se za paradigama traga ispitivanjem ponašanja članova jedne *ranije određene* znanstvene zajednice. Ova procedura ubrzo otkriva da je u većem dijelu knjige termin "paradigma" upotrebljavan u dva različita smisla. On, s jedne strane, označava čitavu konstelaciju uvjerenja, vrijednosti, tehnika i tako dalje, koje dijele članovi jedne određene zajednice, a s druge označava jednu vrstu elementa u toj konstelaciji, ona konkretna rješenja zagonetki koja, upotrijebljena kao modeli ili kao primjeri, mogu zamijeniti eksplicitna pravila kao temelj za rješenje preostalih zagonetki normalne znanosti. Prvi smisao ovog termina, nazovimo ga sociološkim, predmet je kasnijeg pododlomka 2, dok je pododlomak 3 posvećen paradigama kao uzornim dostignućima prošlosti.

Ovaj drugi smisao "paradigme" filozofski je u najmanju ruku, dublji od onog prvog i zahtjevi koje sam postavio u njegovo ima glavni su izvori onih kontroverzi i nesporazuma koje je knjiga izazvala, posebno optužbi da sam znanost učinio subjektivnim i iracionalnim pothvatom. Ta pitanja razmatraju se u pododlomcima 4 i 5. U prvom od ova dva pododlomka tvrdim da termini kao što su "subjektivno" i "intuitivno" ne mogu prikladno biti primijenjeni na one komponente znanja koje sam opisao kao prešutno usađene u zajedničke primjere. Iako se takvo znanje ne može bez bitnih promjena parafrazirati pomoću pravila i kriterija, ono je ipak sustavno, s vremenom provjereno i u izvjesnom smislu podložno ispravku. Pododlomak 5 primjenjuje taj argument na problem izbora između dvaju nespojivih teorija, naglašavajući u kratkom zaključku da ljude koji zastupaju neusporedive poglede treba smatrati članovima različitih jezičnih zajednica, a njihove probleme u komunikaciji analizirati kao probleme prevođenja. O preostala tri problema raspravlja se u završnim pododlomcima 6 i 7. Pretposljednji pododlomak razmatra optužbu da je gledanje na znanost koje je razvijeno u ovoj knjizi potpuno relativističko. Posljednji pododlomak počinje istraživanjem o tome pati li doista moja rasprava (kao što je bilo rečeno) od konfuzije između deskriptivnih i normativnih modusa, a završava se kratkim napomenama na jednu temu koja bi zasluživala poseban ogled: stupanj u kojem glavne teze ove knjige mogu legitimno biti primijenjene na druga područja osim znanosti.

I. PARADIGME I STRUKTURA ZAJEDNICE

Termin "paradigma" javlja se na prethodnim stranicama rano, a način njegovog pojavljivanja je u biti cirkularan. Paradigma je ono što članovi jedne znanstvene zajednice dijele i, obrnuto, znanstvena se zajednica sastoji od ljudi koji dijele jednu paradigmu. Nisu sve cirkularnosti loše (kasnije ću u ovome *Postscriptu* braniti argument slične strukture), ali ova predstavlja izvor stvarnih poteškoća. Znanstvene zajednice mogu biti i trebale bi biti izvođene bez prethodnog pozivanja na paradigme; tada se paradigme mogu otkriti pažljivim ispitivanjem ponašanja članova neke određene zajednice. Da se ovu knjigu ponovo piše, ona bi, prema tome, započela s raspravom o strukturi zajednica koje se javljaju u znanostima, temom koja je u posljednje vrijeme postala značajnim predmetom sociološkog istraživanja i koju povjesničari znanosti također počinju ozbiljno shvaćati. Preliminarni rezultati, od koji mnogi još nisu objavljeni, ukazuju na to da one empirijske tehnike koje su bile neophodne za istraživanje ove teme nisu trivijalne, iako samo nekima vladamo, dok će druge tek biti razvijene.⁵ Većina aktivnih znanstvenika reagira odmah na pitanja o svojim pripadnostima zajednici, uzimajući kao pouzdano da je odgovornost za različite tekuće specijalnosti podijeljena između skupina bar približno određenog broja članova. Stoga ću ovdje pretpostaviti da će biti pronađena sustavnija sredstva za njihovu identifikaciju. Umjesto da izložim preliminarne rezultate istraživanja, dozvolite mi da ukratko artikuliram onaj intuitivni pojam zajednice koji se nalazi u ranijim poglavljima ove knjige. Riječ je o pojmu koji je sada široko prihvaćen od znanstvenika, sociologa i određenog broja povjesničara znanosti.

Po tom gledištu znanstvena se zajednica sastoji od onih koji se aktivno bave jednom znanstvenom specijalnošću. U mjeri koja je

⁵ W. O. Hagstrom, *The Scientific Community*, New York, 1965., poglavlja IV i V; D. J. Price i D. de B. Beaver, "Collaboration in an Invisible College", *American Psychologist*, XXI, 1966., str. 1011-1018, Diana Crane, "Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the "Invisible College" Hypothesis", *American Sociological Review* XXXIV, 1969., str. 335-352; N. C. Mullins, *Social Networks among Biological Scientists*, Ph.D., diss., Harvard University, 1966., i "The Micro-Structure of an Invisible College: The Phage Group", priopćenje na godišnjem sastanku Američkog sociološkog udruženja, Boston, 1968.

nezamisliva u većini dragih područja, oni su prošli kroz slična poučavanja i profesionalna posvećivanja; u tom su procesu apsorbirali istu tehničku literaturu i izvukli iz njejednak broj lekcija. Granice te standardne literature obično označavaju granice nekog znanstvenog predmeta, a svaka zajednica obično ima svoj vlastiti predmet. Postoje škole u znanostima, to jest zajednice koje istom predmetu prilaze s gledišta koja su nespojiva. Ali, takve su zajednice ovdje znatno rjeđe nego u drugim područjima; one su uvijek u suparničkom odnosu, koji vrlo brzo završava. Zbog toga članovi zajednice vide sebe, a i drugi ih vide, kao ljude koji su posebno odgovorni za ostvarivanje jednog skupa zajedničkih ciljeva, uključujući i obuku svojih sljedbenika. Unutar takvih skupina komunikacija je relativno potpuna, a profesionalna ocjena relativno jednodušna. Budući da je pažnja različitih znanstvenih zajednica, s druge strane, usmjerena na različite stvari, profesionalna komunikacija preko linija skupina ponekad je teška, često dovodi do nesporazuma i, ukoliko se na njoj inzistira, može izazvati značajna i neočekivana neslaganja.

Zajednice u ovom smislu postoje, naravno, na brojnim razinama. Najglobalniju razinu predstavlja zajednica svih prirodnih znanstvenika. Na nešto nižoj razini glavne profesionalne znanstvene grupe su zajednice fizičara, kemičara, astronoma, zoologa i slično. Za ove glavne skupine članstvo u zajednici ustanovljava se lako, osim u graničnim područjima. Teme najvišeg stupnja, članstvo u strukovnim udruženjima i čitanje časopisa obično su više nego dovoljni. Sličnom se tehnikom mogu izdvojiti i glavne podskupine: organski kemičari, među njima možda i proteinski kemičari, fizičari čvrstih tijela i visokih energija, radio-astronomi i tako dalje. Tek na slijedećoj, nižoj razini, javljaju se empirijski problemi. Kako bismo, da uzmemo jedan suvremeni primjer, izolirali samouništavajuću skupinu prije njezinog javnog proklamiranja? Za tu svrhu morali bismo imati pristup na posebne konferencije, da nam budu dostupni rukopisi u prvim nacrtima ili otisci prije objavljivanja, a pije svega, formalne i neformalne mreže komunikacije, uključujući i one koje se otkrivaju u korespondenciji i u povezivanjima citata.⁶ Smatram da se taj posao može obaviti i da će

⁶ Eugene Garfield, *The Use of Citation Data in Writing the History of Science*, Philadelphia, Institute of Scientific Information, 1964., M. M. Kessler "Com-

biti obavljen, bar kada je u pitanju suvremena scena ili oni noviji dijelovi povijesne scene. U pravilu, tako se mogu stvoriti zajednice od možda stotinjak članova, ponekad i znatno manje. Pojedinačni znanstvenici, posebno oni najsposobniji, obično će biti članovima nekoliko takvih skupina, bilo istodobno ilijedno za drugim.

Zajednice ove vrste predstavljaju jedinice koje su u ovoj knjizi iznijete kao proizvođači i potvrđivači znanstvene spoznaje. Paradigme su nešto što članovi takvih skupina dijele. Bez pozivanja na prirodu tih elemenata koji su im zajednički teško se mogu razumjeti mnogi aspekti znanosti koji su opisani na prethodnim stranicama. No, drugi aspekti mogu, iako nisu nezavisno prikazani u mom izvornom tekstu. Valja, dakle, primijetiti, prije nego što se neposredno okrenemo paradigama, niz pitanja koja traže samo pozivanje na strukturu zajednice.

Najočitije je vjerojatno ono pitanje koje sam ranije nazvao prijelazom s pre-paradigmatičkog na post-paradigmatičko razdoblje u razvoju jednog znanstvenog područja. To je onaj prijelaz koji je skiciran u poglavlju II. Prije nego što do njega dođe, određeni broj škola natječe se za dominaciju u tom području. Kasnije, poslije nekih značajnih znanstvenih dostignuća, broj škola se znatno smanjuje, najčešće najednu, i počinje efikasniji način znanstvene prakse. Taj praksa uglavnom ezoterička i orijentirana na rješavanje zagonetki, poput radajedne skupine samo onda kada njeni članovi prihvaćaju temelje svog područja kao sigurne.

Priroda tog prijelaza u zrelo stanje zaslužuje potpuniju raspravu od one koju je dobila u ovoj knjizi, posebno od onih koji su zainteresirani za razvoj suvremenih društvenih znanosti. U tu svrhu može biti od pomoći ako se ukaže da taj prijelaz ne mora (sada mislim i da ne bi trebalo) biti povezan s prvim stjecanjem paradigme. Članovi svih znanstvenih zajednica, uključujući i one škole "pre-paradigmatičkog razdoblja", dijele one vrste elemenata koje sam zbirno označio kao "paradigmu". Ono što se mijenja prijelazom u zrelo stanje nije nazočnost paradigme, već prije njena priroda. Tek poslije te promjene postaje moguće normalno istraživanje rješavanja zagonetki. O mnogim

parison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing", *American Documentation*, XVI, 1965., str. 223-233; D. J. Price "Networks of Scientific Papers", *Science*, CII, 1965., str. 510-515.

od onih svojstava razvijene znanosti koja sam ranije povezoao sa stjecanjem paradigme sada, dakle, raspravljam kao o posljedicama stjecanja takve vrste paradigme koja pokazuje što su izazovne zagonetke, pruža ključeve za njihovo rješavanje i garantira da će istinski vješt praktičar uspjeti. Samo oni koji su stekli hrabrost, time što su primijetili da njihovo vlastito područje (ili škola) ima paradigme, mogu osjetiti da je tom promjenom žrtvovano nešto važno.

Drugo pitanje, koje je barem za povjesničare važnije, tiče se jedan premajedan identifikacije znanstvenih zajednica s predmetima znanosti, koja je u ovoj knjizi implicitna. To znači da sam u više navrata postupao kao da, recimo "fizička optika", "elektricitet" i "toplina" moraju imenovati znanstvene zajednice samim tim što imenuju predmete istraživanja. Jedina alternativa koju je, izgleda, moj tekst dopuštao, jest da su svi ti predmeti pripadali zajednici fizike. Ova vrsta identifikacije, međutim, obično ne može podnijeti ispitivanje, kako su više puta ukazali moji kolege povjesničari. Tako, na primjer, prije sredine devetnaestog stoljeća nije bilo nikakve zajednice fizike, a tada je formirana stapanjem dijelova dviju ranije odvojenih zajednica, matematike i prirodne filozofije (*physique expérimentale*). Ono što je danas predmetom jedne jedine široke zajednice, bilo je u prošlosti raznoliko raspoređeno među različitim zajednicama. Drugi uži predmeti, na primjer toplina i teorija materije, dugo vremena su postojali, a da nisu postali posebno područje bilo koje pojedinačne znanstvene zajednice. Međutim, kako normalna znanost tako i revolucije predstavljaju aktivnosti koje se temelje na zajednici. Da bismo ih otkrili i analizirali moramo prvo otkriti onu strukturu zajednice u znanostima, koja se tijekom vremena mijenja. Jedna paradigma, u prvom trenutku, ne vlada jednim predmetom, već prije jednom skupinom praktičara. Bilo kakvo proučavanje istraživanja koje paradigma usmjerava ili razbija, mora započeti lociranjem odgovarajuće skupine ili skupina.

Kada se na taj način priđe analizi znanstvenog razvoja, nestat će, po svoj prilici, nekoliko poteškoća koje su predstavljale središta kritičke pažnje. Jedan broj komentatora, na primjer, upotrebljavao je teoriju materije da sugerira da drastično preuveličavam jedinstvo znanstvenika u njihovoj odanosti jednoj paradigmi. Oni ukazuju na to

da su ove teorije do nedavno bile predmetom neprekidnog razilaženja i raspravljanja. S tim se opisom slažem, ali ne mislim da je način njegove upotrebe bio pravilan. Teorije materije, u najmanju ruku do 1920. godine, nisu bile posebno područje ili predmet za bilo kakvu znanstvenu zajednicu. Umjesto toga, one su bile oruđa za veliki broj skupina specijalista. Članovi različitih zajednica biraju ponekad različite instrumente i kritiziraju izbor koji su drugi učinili. Što je još važnije, teorija materije nije ona vrsta teme oko koje bi se članovi čak i jedne zajednice nužno morali slagati. Potreba za slaganjem ovisi o tome stoje to što ta zajednica radi. Kemija u prvoj polovici devetnaestog stoljeća pruža najbolji primjer za to. Iako je nekoliko fundamentalnih instrumenata te zajednice, konstantna proporcija, mnogostruka proporcija i kombiniranje težina - postalo, kao rezultat Daltonove atomske teorije, zajedničko dobro, za kemičare je poslije toga bilo posve moguće da svoj rad zasnuju na ovim instrumentima i da se ne slažu, ponekad vatreno, oko postojanja atoma.

Vjerujem da će na isti način biti rezriješene još neke druge poteškoće i nesporazumi. Djelomično zbog onih primjera koje sam izabrao, a djelomično zbog moje neodređenosti oko prirode i veličine relevantnih zajednica, nekoliko je čitatelja ove knjige zaključilo da sam prvenstveno ili isključivo zainteresiran za veće revolucije, kao što su one koje su vezane za Kopernika, Newtona, Darwina, ili Einsteina. Jasnije ocrtavanje strukture zajednice trebalo bi, međutim, pomoći u nametanju drugačijeg dojma kojeg sam pokušavao stvoriti. Za mene je revolucija posebna vrsta promjene koja uključuje određenu vrstu rekonstrukcije angažmana skupine, ali to ne mora biti krupna promjena, niti mora izgledati revolucionarnom onima koji su izvan neke određene zajednice koja se sastoji možda i od manje od 25 ljudi. Upravo zbog toga što se ova vrsta promjene, malo sagledana i raspravljana u literaturi iz područja filozofije znanosti, događa tako redovito u ovom manjem opsegu, iznimno je važno shvatiti tu revolucionarnu, a ne kumulativnu promjenu.

Posljednja promjena, koja je usko povezana s prethodnom, može pomoći da se ovo razumijevanje uspostavi. Određeni broj kritičara izrazio je sumnju je li kriza, zajednička svijest da nešto nije u redu, ono što nužno prethodi revoluciji, kako sam ja podrazumijevao u

izvornom tekstu. Ništa važno u mojoj raspravi ne ovisi o tome što će krize biti apsolutno prethodni uvjeti revolucija; one bi trebale biti uobičajeni uvod, odnosno nešto što stavlja na raspolaganje samoispravljujući mehanizam koji se brine da krutost normalne znanosti ne traje vječno bez prigovora. Revolucije se mogu prouzrokovati i na druge načine, iako je to rijedak slučaj. Osim toga, sada bih ukazao na to što je odsutnost primjerene rasprave o strukturi zajednice učinilo nejasnim u glavnom tekstu: krize ne moraju biti proizvedene radom one zajednice koja ih osjeća i koja stoga ponekad trpi revoluciju. Novi instrumenti, kao što je elektronski mikroskop, ili novi zakoni, kao što su Maxwellovi, mogu se razviti u jednoj specijalnosti, a njihovo prihvaćanje može izazvati krizu u drugoj.

2. PARADIGME KAO KONSTELACIJE SKUPNIH VEZIVANJA

Okrenimo se sada paradigama i zapitajmo što bi one mogle biti. Moj izvorni tekst ne ostavlja niti jedno pitanje koje bi u većoj mjeri bilo nejasno, a koje je važno. Neki meni sklon čitatelj, koji se slaže s mojim uvjerenjem da "paradigma" imenuje središnje filozofske elemente ove knjige, pripremio je djelomičan analitički indeks i zaključio daje taj termin primijenjen na najmanje 22 različita načina.⁷ Većina tih razlika, tako sada mislim, potječe od stilističkih nedosljednosti (na primjer, Newtonovi zakoni nekad su paradigma, nekad dijelovi paradigme, a nekad paradigmatički), koje se mogu relativno lako ukloniti. Ali i onda kad se taj urednički posao obavi ostat će dvije vrlo različite uporabe ovog termina, koje zahtijevaju da budu odvojene. Predmet ovog pododlomka je ona općenitija uporaba, dok će druga biti razmotrena u slijedećem pododlomku.

Nakon što smo onim tehnikama o kojima je upravo raspravljano izdvojili jednu posebnu zajednicu specijalista, možemo se korisno zapitati: što je to zajedničko za njene članove što može objasniti relativnu potpunost njihove stručne komunikacije, kao i relativnu suglasnost njihovih stručnih prosudbi? Na to pitanje moj izvorni tekst dopušta odgovor: paradigma ili skup paradigmi. Ali, za tu primjenu,

⁷ Masterman, *op. cit.*

za razliku od one o kojoj će biti riječi kasnije, ovaj termin ne odgovara. Sami bi znanstvenici rekli da im je zajednička jedna teorija ili skup teorija, a meni će biti drago ukoliko bi taj termin mogao biti konačno vraćen za tu uporabu. Kako se, međutim, trenutno upotrebljava u filozofiji znanosti, "teorija" konotira strukturu koja je daleko ograničenija po svojoj prirodi i po svom opsegu od one koja se ovdje traži. Dokle god taj termin ne bude mogao biti oslobođen svojih tekućih implikacija, izbjeci ćemo zabunu ako usvojimo neki drugi. Za trenutne svrhe predlažem termin "disciplinarna matrica": "disciplinarna" zbog toga što se odnosi na zajedničko posjedovanje od strane praktičara neke posebne discipline; "matrica" zbog toga stoje sastavljena od uređenih elemenata različite vrste, od kojih svaki zahtijeva daljnju specifikaciju. Svi, ili većina onih objekata skupnog vezivanja koje moj originalni tekst čini paradigama, dijelovima paradigmi, ili paradigmatičkim, predstavljaju sastavne dijelove disciplinarnih matrica i kao takvi uobličavaju jednu cjelinu i funkcioniraju zajedno. O njima, međutim, ne treba više raspravljati kao da su iz jednog komada. Neću ovdje pokušavati dati iscrpni popis, iako će uočavanje glavnih vrsta sastavnih dijelova jedne disciplinarnih matrice razjasniti prirodu mog sadašnjeg pristupa kao što će, istodobno, pripremiti moju slijedeću glavnu poantu.

Jednu važnu vrstu komponente označit ću kao "simbolička uopćavanja", imajući na umu one izraze, razvijene bez dovođenja u pitanje ili neslaganja od strane članova skupine, koji se lako mogu sastaviti u takvu logičku formu kao stoje $(x)(y)(z) \varphi(x, y, z)$. To su oni sastavni dijelovi disciplinarnih matrica koji su formalni ili se mogu lako formalizirati. Oni se ponekad već nalaze u simboličkom obliku $f=ma$ ili $I=V/R$. Drugi su obično izraženi riječima: "elementi se kombiniraju u stalnim težinskim omjerima", ili "akcija je jednaka reakciji". Da nema općeg prihvaćanja takvih izraza kao što su ovi ne bi bilo ni točaka na koje bi članovi skupine u svojim pothvatima rješavanja zagonetki mogli priključiti one moćne tehnike logičke i matematičke manipulacije. Iako primjer znanosti o klasifikaciji sugerira da nonnalna znanost može ići dalje s vrlo malo takvih izraza, moć jedne znanosti izgleda da se, općenito uzevši, povećava s brojem simboličkih uopćavanja koja stoje na raspolaganju njezinim praktičarima.

Ta su uopćavanja slična zakonima prirode, iako njihova uloga za članove skupine često nije samo to. Ponekad i jest: na primjer Joule-Lenzov zakon, $H=RP$. Kad je taj zakon bio otkriven, članovi zajednice već su znali što predstavljaju H , R , I i ova uopćavanja su mnogima jednostavno rekla nešto o ponašanju topline, struje i otpora, što ranije nisu znali. Ali, češće, kao što naznačuje ranija rasprava u knjizi, simbolička uopćavanja istovremeno imaju i drugu ulogu, onu koja se obično izdvaja u analizama koje provode filozofi znanosti. Kao i $f=ma$, ili $I=V/R$, oni djelomično djeluju kao zakoni, ali djelomično i kao definicije nekih od simbola koje razvijaju. Štoviše, ravnoteža između njihove nerazdvojne zakonodavne i definicijske moći s vremenom se pomiče. U drugom nekom kontekstu isplatilo bi se da se ove stvari detaljnije analiziraju, s obzirom da je priroda vezivanja za neki zakon sasvim drugačija od vezivanja za neku definiciju. Zakoni se često mogu postupno ispravljati, ali definicije, budući da su tautologije, ne mogu. Tako je, na primjer, dio onoga što je tražilo prihvaćanje Ohmovog zakona bilo ponovo definiranje "struje" i "otpora"; da su ti termini nastavili značiti ono što su značili ranije, Ohmov zakon ne mogao biti točan; to je razlog zašto su mu se tako žestoko protivili, a recimo Joule-Lenzovom zakonu ne.⁸ Ova situacija je vjerojatno tipična. Trenutno se bavim mišlju da sve revolucije uključuju, između ostalog, odbacivanje onih uopćavanja čija je snaga ranije bila djelomično tautološke naravi. Je li Einstein pokazao daje istodobnost relativna ili je promijenio sam pojam istodobnosti? Jesu li oni koji su u frazi "relativnost istodobnosti" vidjeli paradoks bili u zabludi?

Razmotrimo zatim slijedeći važan sastavni dio disciplinarne matrice, onaj o kojemu je već dosta bilo rečeno u mojem izvornom tekstu pod takvim naslovima kao što su "metafizičke paradigme" ili "metafizički dijelovi paradigmi". Imam na umu zajednička vezivanja za takva vjerovanja kao što su: toplina je kinetička energija sastavnih dijelova tijela; sve vidljive pojave nastaju iz uzajamnog djelovanja kvalitativno neutralnih atoma u praznom prostoru ili, alternativno, iz materije i sile ili iz polja. Kada bih sada ponovo pisao ovu knjigu, takva bih vezivanja

8 Za značajne dijelove ove epizode vidi T. M. Brown, "The Electric Current in Early Nineteenth Century French Physics", *Historical Studies in the Physical Sciences*, I, 1969., str. 61-103, i Morton Schagrin, "Resistance to Ohm's Law", *American Journal of Physics*, XXI, 1963., str. 536-547.

opisao kao vjerovanja u posebne modele, pa bih kategoriju modela proširio da uključi onu relativno heurističku varijantu: električna cirkulacija može se promatrati kao stacionarno stanje hidrodinamičkog sustava; molekule nekog plina ponašaju se kao sićušne elastične biljarske kugle u kretanju nasumice. Iako se jačina vezivanja skupine mijenja, što ima netrivialne posljedice, duž spektra od heuristike do ontološkog modela, svi modeli imaju slične uloge. Oni, između ostalog, snabdijevaju konkretnu skupinu preferiranim i dopustivim analogijama i metaforama. Čineći to oni pomažu da se odredi što će biti prihvaćeno kao objašnjenje i kao rješenje zagonetke; obrnuto, oni pomažu u određivanju službenog popisa neriješenih zagonetki, kao i u procjenjivanju značaja svake od njih. Uočite, međutim, da članovi znanstvenih zajednica ne moraju imati zajedničke čak niti heurističke modele, iako ti modeli obično jesu zajednički. Ukazao sam već na to da članstvo u zajednici kemičara tijekom prve polovice devetnaestog stoljeća nije zahtijevalo vjerovanje u atome.

Treću vrstu elemenata u disciplinarnoj matrici ovdje ću opisati kao vrijednosti. Iste su vrijednosti obično šire zastupljene među različitim zajednicama, nego što su simbolička uopćavanja i modeli i one značajno pridonose stvaranju osjećaja zajednice u prirodnih znanstvenika kao cjeline. Iako djeluju stalno, njihova se važnost posebno ističe kad članovi neke posebne zajednice moraju utvrditi postojanje krize ili, kasnije, učiniti izbor između nespojivih načina prakticiranja svoje discipline. Vjerojatno se najviše vrednovane vrijednosti tiču predviđanja: ona bi trebala biti točna; kvantitativna predviđanja više se cijene od kvalitativnih; kolika god bila granica dopustive pogreške, unutar određenog područja nje bi se trebalo stalno pridržavati, i tako dalje. Ima, međutim, isto tako i onih vrijednosti koje bi trebalo upotrijebiti kod prosudbi o čitavim teorijama; one, prije svega, moraju dopustiti formuliranje zagonetke i njezino rješavanje; gdje je to moguće, trebale bi biti jednostavne, same sebi dosljedne i prihvatljive, odnosno spojive s drugim teorijama koje se trenutno razvijaju. (Sada smatram da je to bila slabost mog izvornog teksta što je tako malo pažnje bilo ukazano takvim vrijednostima kao što su unutrašnja i vanjska dosljednost u razmatranju izvora krize i faktora u teoriji izbora.) Postoje, isto tako, i druge vrste dosljednosti - recimo da bi

znanost trebala (ili ne bi trebala) biti društveno korisna - ali, ono što je već rečeno trebalo bi naznačiti što imam na umu.

Jedan aspekt zajedničkih vrijednosti, međutim, zahtijeva da bude posebno spomenut. U većoj mjeri od drugih vrsta sastavnih dijelova disciplinarnе matrice vrijednosti mogu biti zajedničke i onim ljudima koji se razlikuju glede njihove primjene. Prosudbe o točnosti su relativno, iako ne potpuno, stabilne od jednog doba do drugog i od jednog člana do drugog u nekoj posebnoj skupini. No, sudovi ojednostavnosti, dosljednosti, prihvatljivosti i tako dalje, često se vrlo razlikuju od osobe do osobe. Ono što je za Einsteina bilo neodrživa nedosljednost u staroj kvantnoj teoriji, nedosljednost koja je činila nemogućim bavljenje normalnom znanosti, za Bohra i druge bilaje poteškoća za koju se moglo očekivati da se sama razriješi normalnim sredstvima. Što je još važnije, u onim situacijama u kojim se moraju primijeniti vrijednosti, različite vrijednosti, ako se uzmu same za sebe, često bi diktirale različite izbore. Jedna teorija može biti točnija, ali manje dosljedna ili prihvatljiva od druge; stara kvantna teorija opet pruža primjer za to. Ukratko, iako znanstvenici široko dijele vrijednosti i iako je vezivanje za njih i duboko i konstitutivno za znanost, primjena vrijednosti ponekad se nalazi pod značajnim utjecajem karakteristika pojedinih osoba i životopisa po kojima se članovi skupine razlikuju.

Mnogim čitateljima prethodnih poglavlja ova karakteristika djelovanja zajedničkih vrijednosti izgledala je kao glavna slabost moje pozicije. Budući da inzistiram na tome da ono što je znanstvenicima zajedničko nije dovoljno da donese jedinstvenu suglasnost oko takvih stvari kao što je izbor između suparničkih teorija ili razlikovanje između obične nepravilnosti i nepravilnosti koja izaziva krizu, povremeno me optužuju da slavim subjektivnost, pa čak i iracionalnost.⁹ Ali, takvo reagiranje ne vodi računa o dvije karakteristike koje vrijednosne prosudbe iskazuju u nekom području. Prvo, zajednički dijeljene vrijednosti mogu biti važne odrednice skupnog ponašanja, iako ih svi članovi određene skupine ne primijenjuju na isti način. (Da to nije

⁹ Vidi posebno: Dudley Shapere, "Meaning and Scientific Change" in *Mind and Cosmos. Essays in Contemporary Science and Philosophy*, The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III, Pittsburgh, 1966., str. 41-45; Israel Scheffler, *Science and Subjectivity*, New York, 1967.; te oglede Sir Karl Poppera i Imre Lakatos u *Growth of Knowledge*.

tako, ne bi bilo nikakvih *posebnih* filozofskih problema oko teorije vrijednosti ili estetike). Nisu svi slikali na isti način tijekom onih razdoblja kad je prikazivanje predstavljalo primarnu vrijednost, ali je razvojni obrazac plastičnih umjetnosti uvelike promijenjen kad je ta vrijednost odbačena.¹⁰ Zamislite što bi se dogodilo u znanostima kad bi dosljednost prestala biti primarna vrijednost. Drugo, pojedinačna raznolikost u primjeni zajedničkih vrijednosti može odigrati bitne funkcije u znanosti. One točke u kojima se vrijednosti moraju primijeniti neizbježno su također one u kojima se mora riskirati. Većina nepravilnosti razrješava se normalnim sredstvima; većina prijedloga za nove teorije pokazuje se kao pogrešna. Da su svi članovi jedne zajednice reagirali na svaku nepravilnost kao na izvor krize ili da su prigrlili svaku novu teoriju s kojom se pojavi neki njihov kolega, znanosti više ne bi bilo. Kad, s druge strane, nitko ne bi reagirao na nepravilnosti ili na sasvim nove teorije, na krajnje riskantne načine, bilo bi malo ili uopće ne bi bilo revolucija. U stvarima kao što su ove, pribjegavanje zajedničkim vrijednostima, prije negoli zajedničkim pravilima koje upravljaju pojedinačnim izborom, može biti način na koji određena zajednica raspodjeljuje rizik i osigurava dugotrajni uspjeh svog pothvata.

Osvrnimo se sada na četvrtu vrstu elementa u disciplinarnoj matrici, ne na posljednju vrstu koja postoji, ali na posljednju o kojoj ću ovdje raspravljati. Za tu vrstu termin "paradigma" bio bi i filološki i autobiografski sasvim odgovarajući; to je onaj sastavni dio zajedničkih vezivanja jedne skupine koji me je prvi naveo da izaberem tu riječ. Međutim, kako je taj termin počeo voditi svoj vlastiti život, ovdje ću ga zamijeniti terminom "uzorni primjeri". Pod tim u prvom redu podrazumijevam ona konkretna rješenja problema s kojima se studenti susreću od početka svoje znanstvene naobrazbe, u laboratorijima i na ispitima ili u završnim dijelovima pojedinih poglavlja u znanstvenim tekstovima. Ovim zajedničkim primjerima trebalo bi, međutim, dodati bar neka od tehničkih rješenja problema na koja se nailazi u onoj periodičkoj literaturi s kojom znanstvenici dolaze u dodir tijekom svojih post-obrazovnih istraživačkih karijera i koja im, također pomoću primjera, pokazuje kako trebaju obavljati svoj posao. Više od drugih

¹⁰ Vidi raspravu na početku poglavlja XIII, gore.

vrsta sastavnih dijelova disciplinarne matrice razlike između skupova primjera pružaju određenu zajednici finu strukturu znanosti. Svi fizičari, recimo, počinju učenjem istih primjera; problema kao što su kosa ravnina, konusno njihalo i keplerovske putanje; instrumenata kao što su nonij, kalorimetar i Wheatstoneov most. Kako se njihova edukacija razvija, simbolička uopćavanja koja su im zajednička sve više se ilustriraju različitim primjerima. Iako i fizičari čvrstog stanja i fizičari teorije polja dijele Schoröedingerovu jednadžbu, samo elementarnije primjene te jednadžbe zajedničke su za obje skupine.

3. PARADIGME KAO ZAJEDNIČKI PRIMJERI

Paradigma kao zajednički primjer predstavlja središnji element onoga što sada smatram najnovijim i najmanje shvaćenim aspektom ove knjige. Primjeri će zato zahtijevati više pažnje nego druge vrste sastavnih dijelova disciplinarne matrice. Filozofi znanosti obično nisu raspravljali o problemima s kojima se studenti susreću u laboratorijima ili u znanstvenim tekstovima, budući se mislilo da se tu radi samo o praksi u primjenjivanju onoga što student već zna. Kaže se da on uopće ne može rješavati probleme ukoliko nije najprije naučio teoriju i neka pravila za njenu primjenu. Znanje je ugrađeno i u teoriju i u pravila; problemi se zadaju da bi se postigla lakoća u njihovoj primjeni. Pokušao sam se međutim zauzeti za ideju da je ova lokalizacija spoznajnog sadržaja znanosti pogrešna. Budući daje student riješio mnoge probleme, rješavanjem daljnjih problema može samo steći dodatnu lakoću. Ali, rješavanje problema na početku i neko vrijeme poslije toga, predstavlja učenje važnih stvari o prirodi. U odsutnosti takvih primjera oni zakoni i teorije koje je ranije naučio imali bi malo empirijskog sadržaja.

Da bih ukazao na ono što imam na umu vraćam se ukratko na simbolička uopćavanja. Široko prihvaćen zajednički primjer jest Newtonov drugi zakon kretanja koji se obično piše kao $f = ma$. Bez dosta dodatnog istraživanja, sociolog, recimo, ili lingvist koji otkriva daje odgovarajući izraz neproblematično izrečen i prihvaćen od strane članova neke određene zajednice, ne bi mnogo naučili o tome što

znači cijeli taj izraz ili termini u njemu, o tome kako znanstvenici te zajednice pridaju taj izraz prirodi. I, zaista, činjenica da ga oni prihvaćaju bez pogovora i primjenjuju kao točku na kojoj će uvesti logički i matematički postupak, sama po sebi ne podrazumijeva da se oni uopće slažu oko takvih stvari kao što su značenje i primjena. Oni se, razumije se, u značajnoj mjeri slažu, jer bi suprotno vrlo brzo pokazalo u njihovom daljnjem razgovoru. Ali, moguće je s pravom upitati na kojoj točki i kojim sredstvima je do toga došlo. Kako su oni, suočeni sa zadanom eksperimentalnom situacijom, naučili izdvojiti one relevantne sile, mase i ubrzanja?

Iako se taj aspekt situacije rijetko ili nikad ne opaža, ono što studenti u praksi moraju naučiti još je složenije od toga. Ne radi se o tome da se logički i matematički postupak primjenjuju neposredno na $f=ma$. Taj se izraz pri ispitivanju pokazuje kao nacrt ili shema zakona. Kako se student ili znanstvenik praktičar kreću od jedne problemske situacije prema slijedećoj, mijenja se simboličko uopćavanje na koje se takvi postupci primjenjuju. Za slučaj slobodnog pada $f=ma$

postaje $mg = m \frac{d^2s}{dt^2}$; za jednostavno njihalo ono se pretvara

u $mg \sin\theta = -ml \frac{d^2\theta}{dt^2}$; za par harmoničkih oscilatora koji djeluju

jedan na drugog, to postaju dvije jednadžbe od kojih prva glasi,

$\frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1s_1 = k_2(s_2 - s_1 + d)$ a za složenije situacije, kao što je žiroskop,

poprima još i drugačije oblike, u kojima je još teže otkriti srodstvo sa $f=ma$. Pa ipak, učeći identificirati sile, mase i ubrzanja u mnoštvu fizikalnih situacija s kojima se ranije nije susretao student je također naučio da pripremi odgovarajuću verziju s čijim se točnim ekvivalentom ranije nije susretao. Kako je naučio da to učini?

Fenomen poznat i studentima i povjesničarima znanosti, pruža rješenje. Studenti, u pravilu izjavljuju da su pročitali neko poglavlje teksta, da su ga savršeno razumjeli, ali da su, usprkos svemu tome, na kraju tog poglavlja imali poteškoća u rješavanju jednog broja problema. Te poteškoće obično na isti način i iščekavaju. Student otkriva, sa ili bez pomoći svojeg instruktora, način na koji će svoj problem

vidjeti kao *sličan* nekom problemu s kojim se već susretao. Nakon što otkrije sličnost, shvati analogiju između dva ili više problema, on može uzajamno povezati simbole i pripisati ih prirodi na načine koji su se ranije pokazali djelotvornima. Skica zakona, na primjer $f=ma$ igrala je ulogu instrumenta, upućujući studenta u to kakve sličnosti treba tražiti, signalizirajući onaj gestalt u kojem tu situaciju treba vidjeti. Rezultirajuća sposobnost da se razne situacije vide kao slične, kao materijal za $f=ma$ ili za neko drugo simboličko uopćavanje, mislim da je ona glavna stvar koju student stječe rješavajući ogledne probleme, bilo uz pomoć olovke i papira ili u dobro uređenom laboratoriju. Nakon što je ispunio određeni broj, koji se može razlikovati od osobe do osobe, on gleda na situacije s kojima se suočava kao znanstvenik u istom gestaltu kao i drugi članovi one skupine specijalista kojima i sam pripada. Za njega to više nisu one situacije s kojima se susretao onda kada je njegova obuka započela. U međuvremenu on je asimilirao tijekom vremena provjereni i od strane skupine dozvoljeni način gledanja.

Uloga usvojenih odnosa sličnosti pokazuje se isto tako jasno i u povijesti znanosti. Znanstvenici rješavaju zagonetke modelirajući ih prema ranijim rješenjima zagonetki, često s minimalnim pribjegavanjem simboličkim uopćavanjima. Galileo je pronašao da lopta koja se kotrlja niz strminu pridobiva upravo onoliko brzine koliko je potrebno da se vrati na istu vertikalnu visinu na drugoj strmini bilo kojeg nagiba, pa je naučio da tu eksperimentalnu situaciju vidi kao sličnu situaciji njihala koje kao uteg ima materijalnu točku. Huygens je tada riješio problem centra oscilacije fizičkog njihala na način da je zamislio da je rasprostrto tijelo tog njihala sastavljeno od Galileovih njihala, s tima da veze između njih mogu biti otpuštene na bilo kojoj točki njihanja. Nakon što su veze otpuštene, pojedinačna Galileova njihala bi se njihala slobodno, ali bi se njihovo kolektivno težište, kada sva dosegnu svoju najvišu točku, kao i kod Galileovog njihala, podiglo samo do one visine s koje je težište rasprostrtog njihala počelo padati. Konačno, Daniel Bernoulli otkrio je kako postići da istjecanje vode iz jednog otvora bude slično Huygensovom njihalu. Odredite spuštanje težišta vode u rezervoaru i u slavini tijekom beskrajno malog razdoblja vremena. Zamislite zatim da se svaka čestica vode poslije toga kreće odvojeno u vis do one maksimalne visine koju bi mogla dostići zahvaljujući

brzini koju je dobila tijekom tog intervala. Podizanje težišta pojedinačnih čestica moralo bi tada biti ekvivalentno spuštanju težišta vode u rezervoaru i u slavini. Iz ovakvog gledanja na taj problem uslijedila je odmah davno tražena brzina istjecanja.¹¹

Ovaj bi primjer trebao početi unositi jasnoću u ono što ja podrazumijevam pod učenjem na problemima da se situacije vide kao slične jedna drugoj, kao subjekti za primjenu istog znanstvenog zakona ili skice zakona. On bi, istodobno, trebao pokazati zašto se pozivam na ono posljedično znanje o prirodi stečeno tijekom učenja odnosa sličnosti, a zatim ugrađeno u način gledanja na fizičke situacije prije nego u pravila ili zakone. Tri problema u mom primjeru, sva tri ogledni primjeri za mehaničare osamnaestog stoljeća, razvijaju samo jedan zakon prirode. Poznat kao načelo *vis viva* on se obično iskazuje na slijedeći način: "Stvarno opadanje jednako je potencijalnom usponu". Bernoullijeva primjena ovog zakona trebala bi sugerirati koliko je on bio važan. Verbalni iskaz tog zakona, međutim, ako se uzme sam za sebe, doista je nemoćan. Prikažite ga suvremenom studentu fizike koji zna te riječi i može riješiti sve te probleme, ali sada se služi drugačijim sredstvima. Tada zamislite što su te riječi, iako sve dobro poznate, mogle govoriti čovjeku koji čak nije poznao niti te probleme. Za njega je to uopćavanje moglo početi funkcionirati tek onda kad je naučio da raspoznaje "stvarno opadanje" i "potencijalni uspon" kao sastavne dijelove prirode, što znači da prije samog zakona saznaje nešto o situacijama koje priroda prikazuje ili ne prikazuje. Ova vrsta spoznaje ne stječe se isključivo verbalnim sredstvima. Do nje se prije dolazi tako da dobivamo riječi zajedno s konkretnim primjerima kako one funkcioniraju u primjeni; priroda i riječi uče se zajedno. Posudimo još jednom korisnu frazu Michaela Polanya - ono do čega dolazi u ovom procesu je "prešutno znanje" koje se uči bavljenjem znanosti prije nego usvajanjem pravila za to.

¹¹ Za ovaj primjer vidi René Dugas, *A History of Mechanics*, prev. J. R. Maddox, Neuchatel, 1955., str. 135-136, 186-193, kao i Daniel Bernoulli, *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum*, Strasbourg, 1738., Sec. III. Za opseg u kojem je mehanika putem modeliranja jednog rješenja problema u drugo napredovala tijekom prve polovice osamnaestog stoljeća vidi Clifford Truesdell, "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*", *Texas Quarterly*, X, 1967., str. 238-258.

4. PREŠUTNO ZNANJE I INTUICIJA

Pozivanje na prešutno znanje, uz istodobno odbacivanje pravila, izdvaja još jedan problem koji je mučio mnoge kritičare i na izgled pružao osnove za optužbe za subjektivizam i iracionalnost. Neki su čitatelji imali dojam da sam pokušavao zasnovati znanost na pojedinačnim intuicijama koje nisu podložne analizi, a ne na logici i zakonu. Ali, ta je interpretacija pogrešna na dva važna načina. Prvo, ukoliko uopće govorim o intuicijama, one nisu pojedinačne. One su, zapravo, provjereno i zajedničko vlasništvo članova neke uspješne skupine, a početnik ih stječe obukom kao dijelom svoje pripreme za pripadnost skupini. Drugo, njih u načelu nije nemoguće analizirati. Naprotiv, trenutno eksperimentiram s računalnim programom koji bi trebao ispitati njihova svojstva na elementarnoj razini.

O tom programu neću ovdje imati ništa za reći,¹² ali i samo njegovo spominjanje trebalo bi ukazivati na za mene najvažniju stvar. Kad govorim o znanju ugrađenom u zajedničke primjere, ne mislim na oblik spoznaje koji je manje sustavan ili manje podložan analizi od znanja koje je ugrađeno u pravila, zakone ili kriterije identifikacije. Naprotiv, imam na umu takav oblik spoznaje koji je pogrešno protumačen ako se rekonstruira u terminima pravila koja su prvo apstrahirana iz primjera, da bi ih poslije zamijenila. Ili, da istu stvar formuliram drugačije, kad govorim o stjecanju sposobnosti za prepoznavanje, temeljem oglednih primjera, daje neka situacija slična nekima, a različita od nekih drugih ranije viđenih, ne sugeriram nikakav proces koji potencijalno ne može u potpunosti biti ekspliciran pomoću neuro-cerebralnog mehanizma. Naprotiv, tvrdim da eksplicacija samom svojom prirodom neće odgovoriti na pitanje "Slično u odnosu na što?". To pitanje predstavlja zahtjev za pravilom, u ovom slučaju za onim kriterijima pomoću kojih su posebne situacije grupirane u skupove po sličnosti, aja stojim na stajalištu da bi se u tom slučaju valjalo oduprijeti kušnji da se traže kriteriji (ili bar njihov potpuni skup). Ne suprotstavljam se, međutim, sustavu, već jednoj posebnoj vrsti sustava.

Da bih ovome dao sadržaj moram učiniti kratko odstupanje. Ono što slijedi izgleda mi sada očitim, ali neprekidno vraćanje u mom

¹² Neke informacije o ovoj temi mogu se naći u "Naknadnim mislima" ("Second Thoughts").

izvornom tekstu na takve fraze kao što su "svijet se mijenja" sugerira da nije uvijek bilo tako. Ako dva čovjeka stoje na istom mjestu i gledaju u istom smjeru, moramo, pod prijetnjom solipsizma, zaključiti da primaju slične poticaje. (Kad bi obojica mogla imati oko na istom mjestu, poticaji bi bili identični). Ali, ljudi te poticaje ne vide; naše znanje o njima krajnje je teorijsko i apstraktno. Umjesto toga oni imaju osjete, a nas ništa ne prisiljava da pretpostavimo da su osjeti naša dva promatrača isti. (Skeptici bi se mogli sjetiti da sljepoća za boje nije bila nigdje opažena dok je 1794. godine nije opisao John Dalton). Upravo suprotno, između primitka stimulusa i svijesti o osjetu odvija se dosta nervnih procesa. Nekoliko stvari koje znamo sa sigurnošću jesu: da vrlo različiti poticaji mogu proizvesti iste senzacije; da isti poticaj može izazvati vrlo različite senzacije; konačno, daje put od poticaja do senzacije djelomice uvjetovan naobrazbom. Pojedinci koji su obrazovani u različitim društvima ponašaju se u izvjesnim prigodama kao da su vidjeli različite stvari. Ukoliko mi i nismo skloni identificirati poticaje i senzacije u odnosu 1:1, mogli bismo uvidjeti da oni to doista čine.

Primijetite sad da dvije skupine, čiji članovi imaju sustavno različite osjete prigodom primanja istih poticaja, žive zaista u *određenom smislu* u različitim svjetovima. Mi postuliramo postojanje poticaja da bismo objasnili naša opažanja o svijetu, a postuliramo njihovu nepromjenjivost kako bismo izbjegli kako pojedinačni, tako i društveni solipsizam. Ni u pogledu prvoga, ni u pogledu drugoga postulata nemam niti najmanjih rezervi. Ali, naš je svijet nastanjen u prvom redu ne poticajima već objektima naših osjeta, a oni ne moraju biti isti od pojedinca do pojedinca i od skupine do skupine. U onoj mjeri, naravno, u kojoj pojedinci pripadaju istoj skupini s kojom dijele naobrazbu, jezik, iskustvo i kulturu, imamo dobrih razloga za pretpostavku da su njihovi osjeti isti. Kako bismo drugačije razumjeli potpunost njihove komunikacije, kao i zajedničnost njihovog reagiranja u ponašanju prema okolini? Oni moraju vidjeti stvari, preraditi osjete uglavnom na isti način. No, tako gdje počinje različito razvijanje i specijalizacija skupina, nemamo sličnih dokaza za nepromjenjivost osjeta. Bojim se da obična uskogrudnost čini da pretpostavljamo da je put od poticaja do osjeta isti za članove svih skupina.

Vraćajući se sada na primjere i na pravila, ono što sam pokušao sugerirati, u bez obzira kako primarnom obliku to bilo, jest slijedeće. Jedna od fundamentalnih tehnika pomoću koje članovi jedne skupine, bez obzira radi li se o čitavoj kulturi ili o pod-zajednici specijalista unutar nje, uče vidjeti iste stvari onda kada su suočeni s istim poticajima, jest ta što im se pokazuju primjeri situacija koje su njihovi prethodnici u toj skupini naučili vidjeti sličnima ili različitima u odnosu na druge vrste situacija. Takve slične situacije mogu biti uzastopna čulna prikazivanja iste osobe - na primjer majke, koja se prepoznaje čim se vidi po onome što jest i kao netko različit od oca ili sestre. One mogu biti i prikazivanja članova prirodnih obitelji, recimo labudova s jedne, i gusaka s druge strane, dok za članove specijaliziranih skupina mogu biti primjeri newtonovske situacije, odnosno takvih situacija koje su slične po tome što su podvrgnute nekoj verziji one simboličke forme $f=ma$, s tim što se razlikuju od onih situacija na koje se, recimo, primjenjuju skice zakona u optici.

Dopustimo za trenutak da se nešto ove vrste događa. Trebamo li reći da ono što se dobiva iz primjera jesu pravila i sposobnost da se ta pravila primijene? Takav je opis primamljiv, budući da naše viđenje jedne situacije slične onima s kojima smo se ranije susretali, mora biti rezultat nervnih procesa, kojima u potpunosti vladaju fizički i kemijski zakoni. U tom smislu, jednom kad smo se naučili da to vidimo, prepoznavanje sličnosti mora biti potpuno sustavno kao i kucanje naših srdaca. Ali, sama ta paralela sugerira da viđenje može biti i nevoljno, proces nad kojim nemamo kontrolu. Ako je to tako, onda ga možda ne zamišljamo kako treba ako ga zamišljamo kao nešto što postićemo primjenom pravila i kriterija. Govoriti o tom procesu u ovim terminima podrazumijeva da imamo pristup alternativama, da smo, na primjer, mogli ne poslušati neko pravilo, pogrešno primijeniti neki kriterij ili eksperimentirati s nekim drugim načinom viđenja.¹³

To su, po mom mišljenju upravo one stvari koje ne možemo učiniti.

¹³ Možda ova poanta nikad ne bi bila potrebna da su svi zakoni kao Newtonovi, a sva pravila kao Deset Božjih zapovjedi. U tom slučaju fraza "kršenje zakona" bila bi besmislena, a odbacivanje pravila ne bi naizgled impliciralo proces koji ne podliježe zakonu. Na žalost, prometni zakoni i slični proizvodi zakonodavne djelatnosti mogu se kršiti, što pridonosi zbrci.

Ili, preciznije, to su stvari koje ne možemo učiniti dok nemamo neki osjet, dok nismo nešto opazili. Tada često tražimo kriterije i puštamo ih u uporabu. Tada se možemo baviti interpretacijom, promišljenim procesom pomoću kojeg biramo između alternativa, što ne činimo u samom opažanju. Možda je, na primjer, nešto čudno u onome što smo vidjeli (prisjetite se pogrešnih karata za igranje). Izlazeći iza ugla vidimo majku kako ulazi u neku trgovinu u centru grada u vrijeme kada smo mislili da je kod kuće. Razmišljajući o tome što smo vidjeli, iznenada uzvikujemo: "To nije bila moja majka, jer ona ima crvenu kosu!" Ušavši u trgovinu ponovo vidimo tu ženu i ne možemo shvatiti kako smo za nju mogli pomisliti daje majka. Ili, na primjer, vidimo repno perje neke ptice koja živi na vodi u trenutku kad uzima hranu s dna plitke bare. Je li to labud ili guska? Razmišljamo o onome što smo vidjeli, uspoređujući u mislima viđeno repno perje s perjem labudova i gusaka koje smo ranije vidjeli. Ili, recimo, kao prvobitni znanstvenici jednostavno želimo saznati neku opću osobinu (na primjer bjelinu kod labudova) onih članovajedne prirodne obitelji koje već možemo prepoznati s lakoćom. I, opet, razmišljamo o tome što smo prethodno opažali, tragajući za onim što je zajedničko članovima te obitelji.

To su sve promišljeni procesi i u njima tražimo i razvijamo kriterije i pravila. Mi, znači, pokušavamo interpretirati one osjete koji su nam već pri ruci, da analiziramo što je za nas ono što je dano. Kako god to činili, procesi koji su uključeni moraju, na koncu konca, biti nervni, pa prema tome takvi kojima vladaju isti oni *fizičko-kemijski* zakoni koji upravljaju s jedne strane opažanjem, a s druge kucanjem naših srdaca. Ali, činjenica da sustav podliježe istim zakonima u sva tri slučaja ne pruža nikakav razlog za pretpostavku da je naš nervni aparat programiran tako da djeluje na isti način u interpretaciji kao i u opažanju, ili u oba ova slučaja, kao kod kucanja naših srdaca. Ono čemu sam se u ovoj knjizi suprotstavljao jest, dakle, onaj pokušaj koji je postao tradicionalan kod Descartesa, a ne ranije, da se opažanje analizira kao interpretativni proces, kao nesvjesna verzija onoga što činimo nakon opažanja.

Ono što integritet opažanja čini vrijednim naglašavanja jest, naravno, to što je tako mnogo prošlog iskustva ugrađeno u onaj nervni

aparata koji potiče pretvara u osjete. Prikladno programirani mehanizam percepcije ima preživljavajući vrijednost. Reći da članovi različitih skupina mogu imati različita opažanja kad se suoče s istim poticajima ne podrazumijeva da mogu imati baš bilo kakva opažanja. Skupina koja ne bi bila u stanju razlikovati vukove od pasa u mnogim sredinama ne bi mogla opstati. Niti bi skupina nuklearnih fizičara mogla danas preživjeti kao skupina znanstvenika kad ne bi bila sposobna razlikovati tragove alfa-čestica od tragova elektrona. Upravo stoga što ima tako malo uspješnih načina gledanja, oni koji su izdržali provjere skupne uporabe zaslužuju biti prenošeni s generacije na generaciju. Isto tako, upravo zbog toga što su bili izabrani po svom uspjehu tijekom povijesti, moramo govoriti o onom iskustvu i spoznaji prirode koje je usađeno u put od poticaja do osjeta.

Možda je "spoznaja" pogrešna riječ, ali ima razloga za njenu uporabu. Ono što je ugrađeno u nervni proces koji pretvara poticaje u osjete ima slijedeće karakteristike: bilo je prenošeno naobrazbom; pokušajima je ustanovljeno da je uspješnije od svojih povijesnih takmaca u trenutnom okružju skupine; na kraju, podliježe promjeni kako kroz daljnju naobrazbu tako i kroz otkrivanje nepodudaranja s okolinom. To su osobine spoznaje i one objašnjavaju zašto rabim taj termin. Međutim, ta je uporaba neobična, jer nedostaje jedna osobina. Mi nemamo izravan pristup onome što znamo, nikakva pravila ili uopćavanja kojima bismo to znanje izražavali. Pravila koja bi mogla omogućiti takav pristup odnosila bi se na poticaje a ne na osjete, a poticaje možemo spoznati samo kroz razrađenu teoriju. Znanje koje je ugrađeno u put od poticaja do osjeta ostaje u odsutnosti takve teorije prešutno.

Iako je očito preliminarno i ne mora biti točno u svim detaljima, ono što je rečeno o osjetu mišljeno je doslovno. To je, u najmanju ruku, hipoteza o viziji koja bi trebala biti predmetom eksperimentalnog istraživanja, iako ne u smislu neposredne provjere. Ali, ovaj razgovor o viđenju i osjetu ima ovdje, kao i u glavnom dijelu knjige, svoje metaforičke uloge. Mi ne *vidimo* elektrone, već prije njihove tragove ili mjehure pare u zamagljenoj komori. Mi uopće ne *vidimo* električnu struju, već kazaljku na ampermetru ili galvanometru. Pa ipak sam na prethodnim stranicama, a naročito u poglavlju X, u više navrata tako

postavljao stvari kao da opažamo teorijske entitete kao što su struje, elektroni i polja, kao da smo to naučili i da činimo kroz ispitivanje primjera i kao da bi u ovim slučajevima bilo pogrešno zamijeniti razgovor o viđenju razgovorom o kriterijima i interpretaciji. Metafora koja prenosi "viđenje" na ovakve kontekste teško da predstavlja dovoljnu osnovu za takve pretenzije. Dugoročno, nju će se trebati zamijeniti doslovnijim načinom izražavanja.

Računalni program koji sam spomenuo počinje upućivati na načine kako bi se to mogli učiniti, ali ni prostor koji mi stoji na raspolaganju, niti stupanj mog sadašnjeg razumijevanja ne dopuštaju mi da metaforu uklonim već sada.¹⁴ Umjesto toga, pokušat ću joj ukratko odrediti granice. Vidjeti kapljice vode ili neku iglu na brojčanoj skali predstavlja primitivno opažajno iskustvo za onoga tko nije upoznat sa zamagljenim komorama i amperometrima. Zato je nužno potrebno razmišljanje, analiza i interpretacija (ili umjesto toga, intervencija vanjskog autoriteta) prije nego što se dostignu zaključci o elektronima ili strujama. No, položaj onog čovjeka kojije čuo o ovim instrumentima i imao dosta iskustva s primjerima kod tih instrumenata sasvim je drugačiji, a postoje i odgovarajuće razlike u načinu kako taj čovjek prerađuje one poticaje koji mu stižu s tih instrumenata. Kad nekog hladnog zimskog poslijepodneva gleda paru svog daha, njegov osjet može bit isti kao i osjet nekog laika, ali kad promatra zamagljenu komoru on ne vidi (ovdje u doslovnom smislu) kapljice, već tragove elektrona, alfa-čestica i tako dalje. Ti su tragovi, ako želite, kriteriji

¹⁴ Za čitatelje "Naknadnih misli" slijedeće primjedbe sa skrivenim značenjem mogu pokazati put. Mogućnost neposrednog prepoznavanja članova prirodnih obitelji zavisi o postojanju, nakon nervnog procesuiranja, praznog percepcijskog prostora između obitelji koje treba razlikovati. Ako je, na primjer, postojao opažajni kontinuum vodenih ptica od gusaka do labudova, trebali bismo biti prisiljeni uvesti specifičan kriterij za njihovo razlikovanje. Slična poanta može se izvesti za entitete koji nisu podložni promatranju. Ako neka fizička teorija ne priznaje postojanje ničeg drugog što bi bilo slično električnoj struji, onda će mali broj kriterija koji se mogu značajno razlikovati od slučaja do slučaja, biti dovoljan za identificiranje struje iako nema sklopa pravila koja specificiraju nužne i dovoljne uvjete za tu identifikaciju. Ova poanta upućuje na vjerojatnu posljedicu koja može biti još važnija. Kada postoji sklop nužnih i dovoljnih uvjeta za identifikaciju jednog teorijskog entiteta, taj entitet može zamjenom biti uklonjen iz ontologije neke teorije. U odsutnosti takvih pravila, međutim, ti se entiteti ne mogu ukloniti; tada teorija zahtijeva njihovo postojanje.

koje on interpretira kao naznake prisutnosti odgovarajućih čestica, ali taj put je i kraći i razlikuje se od onoga kojim je pošao čovjek koji interpretira kapljice.

Ili, uzmite znanstvenika koji promatra ampermetar kako bi odredio broj kod kojeg se igla zaustavila. Njegov je osjet vjerojatno isti kao i u laika, posebno ako je taj laik prije toga čitao druge vrste sprava za mjerenje. Ali, on je tu spravu vidio (često opet doslovce) u kontekstu čitavog strujnog kruga i zna nešto o njenoj unutrašnjoj strukturi. Za njega položaj igle predstavlja jedan kriterij, ali samo kriterij *vrijednosti* struje. Da bi ga interpretirao, nužno je samo odrediti po kojoj ga skali treba čitati. Za laika, s druge strane, položaj igle nije kriterij ničeg drugog osim sebe samog. Da bi ga interpretirao on mora ispitati čitav sklop žica, unutrašnjih i vanjskih, mora eksperimentirati s baterijama i magnetima i tako dalje. U metaforičkoj, ništa manje nego u doslovnoj uporabi riječi "viđenje", interpretacija počinje ondje gdje završava opažanje. Ova dva procesa nisu jednaka, a što opažanje ostavlja interpretaciji da završi u velikoj mjeri zavisi o prirodi i količini prethodnog iskustva, te obučenosti.

5. PRIMJERI, NEUSPOREDIVOST I REVOLUCIJE

Ono što je upravo rečeno pruža temelje za razjašnjavanje još jednog aspekta ove knjige: mojih napomena o neusporedivosti i posljedicama te neusporedivosti za znanstvenike koji raspravljaju o izboru između teorija koje slijede jedna za drugom." U poglavljima X i XII tvrdio sam da sudionici u takvim raspravama nužno različito vide određene eksperimentalne ili promatračke situacije kojima obje strane pribjegavaju. Budući da se rječnici u kojima oni raspravljaju o tim situacijama ipak sastoje uglavnom od istih termina, mora biti da sudionici u raspravama neke od tih termina različito pripisuju prirodi, tako da je njihova komunikacija nužno samo djelomična. Stoga superiornost jedne teorije nad drugom predstavlja nešto što se ne može dokazati raspravom. Ja sam, umjesto toga, inzistirao da svaki sudionik pokuša uvjeravanjem preobratiti drugog. Samo, filozofi su ozbiljno pogriješili

¹⁵ Pitanjima koja slijede detaljnije se bavim u poglavljima V i VI "Refleksija" ("Reflections").

u tumačenju namjere tih dijelova moje rasprave. Neki od njih su, ipak, izvijestili da sam ja uvjeren u slijedeće¹⁶: zastupnici neusporedivih teorija uopće ne mogu međusobno komunicirati. Stoga se u jednoj raspravi o izboru teorije ne može pribjeći *dobrim* razlozima, već se teorija mora izabrati s razlozima koji su u krajnjoj liniji osobni i subjektivni; neka vrsta mističke apercepcije koja je odgovorna za onu stvarno donesenu odluku. Odlomci na kojima se temelje ova pogrešna tumačenja krivi su više od svih ostalih dijelova ove knjige za optužbe za iracionalnost.

Razmotrimo najprije moje primjedbe na dokaz. Ono što sam pokušavao reći vrlo je jednostavno i odavno poznato u filozofiji znanosti. Rasprave o izboru teorije ne mogu se staviti u takav oblik koji bi u potpunosti bio sličan logičkom ili matematičkom dokazu. U ovom drugom premise i pravila zaključivanja utvrđeni su od početka. Ukoliko postoji neslaganje oko zaključaka sudionici rasprave koja je u tijeku mogu rekonstruirati sve korake, jedan po jedan, provjeravajući svaki prema onome kako je prethodno dogovoreno. Na kraju tog procesa jedan ili drugi mora priznati da je napravio pogrešku, da je prekršio neko prihvaćeno pravilo. Nakon što je to dopustio, njemu više nema pomoći, a dokaz njegova suparnika tada je obvezujući. Samo ukoliko bi ta dva sudionika otkrila da se razlikuju glede značenja, glede primjene utvrđenih pravila, ili da njihov prethodni sporazum ne pruža dovoljno osnova za dokaz, rasprava se može nastaviti u onom obliku koji nužno poprima tijekom znanstvenih revolucija. Ta se rasprava tada vodi o premisama i u njoj se pristupa uvjeravanju kao uvodu u mogućnost dokazivanja.

Ništa u vezi s ovom relativno dobro poznatom tezom ne podrazumijeva da nema dobrih razloga da se bude uvjeren da ti razlozi nisu konačno odlučujući za određenu skupinu. To čak ne podrazumijeva da se razlozi za izbor razlikuju od onih koje filozofi znanosti obično nabrajaju: točnost, jednostavnost, plodnost i slično. Ono, međutim, što bi trebalo upućivati na to da takvi razlozi djeluju kao vrijednosti i da onda mogu biti različito primijenjeni, pojedinačno ili kolektivno, od strane ljudi koji sudjeluju u priznavanju tih vrijednosti. Ako se dva čovjeka ne slože, recimo, oko relativne plodnosti svojih

¹⁶ Vidi djela citirana u primjedbi 9, kao i ogleđ Stephena Toulmina u *Growth of Knowledge*.

teorija, ili ako se oko toga slažu, a razilaze se oko relativne važnosti te plodnosti kao i izgleda da se dostigne izbor, niti jedan ne može biti proglašen krivim za pogrešku. Isto tako, niti jedan od njih nije se ponio neznanstveno. Ne postoji nikakav neutralni algoritam za izbor teorije, nikakva sustavna procedura odlučivanja koja bi, primijenjena kako valja, morala svakog pojedinca u skupini voditi ka istoj odluci. Onaj koji u tom smislu donosi djelatnu odluku jest zajednica specijalista, a ne njezini članovi pojedinačno. Da bi se shvatilo zašto se znanost razvija onako kako se razvija nije potrebno razotkrivati detalje o životopisu ili o osobinama koja su svakog pojedinca navela na određeni izbor, iako ta tema ima ogromnu privlačnu snagu. Ono što se ipak mora shvatiti jest način na koji neki poseban skup zajedničkih vrijednosti uzajamno djeluje s posebnim iskustvima koja zajednica specijalista dijeli da bi osigurala da većina članova te skupine na kraju prihvati jedan određeni sklop argumenata kao odlučujući, a ne neki drugi.

Taj proces je uvjeravanje, ali u vezi s tim imamo i dublji problem. Dva čovjeka koja istu situaciju opažaju različito, a ipak rabe isti rječnik u raspravi o njoj, mora da različito rabe riječi. To znači da oni govore s, kako sam ja to nazvao, neusporedivih točaka gledišta. Kako se oni uopće mogu nadati da će moći međusobno razgovarati, a o uvjerljivosti da i ne govorimo? Čak i preliminarni odgovor na to pitanje zahtijeva daljnju specifikaciju prirode te poteškoće. Pretpostavljam da taj odgovor, barem djelomično, ima slijedeći oblik.

Praksa normalne znanosti zavisi o sposobnosti, stečene temeljem primjera, da se predmeti i situacije grupiraju prema sličnosti u skupove koji su primitivni zbog toga stoje grupiranje obavljeno bez odgovora na pitanje "Sličan u odnosu na što?". Jedan od središnjih aspekata revolucije jest, dakle, da se neki od tih odnosa sličnosti mijenjaju. Predmeti koji su ranije bili grupirani u isti skup kasnije se grupiraju u različite skupove i obrnuto. Zamislite Sunce, Mjesec, Mars i Zemlju prije i poslije Kopernika; slobodni pad, kretanje njihala i planetarno kretanje prije i poslije Galilea; ili soli, spojevi i mješavina sumpora i željeza prije i poslije Daltona. Budući da većina predmeta, čak i unutar promijenjenih skupova, i nadalje ostaje grupirana zajedno, imena skupova obično se zadržavaju. Pa ipak je premještanje nekog

podskupa obično dio kritične promjene u mreži uzajamnih odnosa koji vladaju među njima. Premještanje metala iz skupa spojeva u skup elemenata odigralo je bitnu ulogu u nastajanju nove teorije sagorijevanja, kiselosti, kao i fizičkog i kemijskog vezivanja. U kratkom roku ove su se promjene proširile na svu kemiju. Prema tome, ne bi bilo neočekivano da bi dva čovjeka, čije se mišljenje ranije odvijalo u očito punom razumijevanju, mogla, kad dođe do takve preraspodjele, iznenada ustanoviti da na isti poticaj odgovaraju nespojivim opisima i uopćavanjima. Te poteškoće neće se osjetiti čak niti na svim područjima njihovog znanstvenog mišljenja, ali one će se pojaviti, a zatim najgušće okupiti oko onih pojava o kojima izbor teorije u najvećoj mjeri zavisi.

Takvi problemi, iako prvo postanu očiti u komunikaciji, nisu čisto lingvistički i ne mogu se razriješiti jednostavno utvrđivanjem definicija neugodnih termina. Budući da su riječi oko kojih se poteškoće okupljaju naučene djelomice iz neposredne primjene na primjere, sudionici sloma u komunikaciji kažu : "Ja rabim riječ "element" (ili "spoj", ili "planet" ili "spontano kretanje") na načine koji su određeni slijedećim kriterijima". Oni, znači, ne mogu pribjeći nekom neutralnom jeziku koji rabe na isti način i koji je prikladan za izlaganje obadrije teorije ili čak empirijskih posljedica tih teorija. Dio te razlike prethodi onoj primjeni tih jezika u kojima se ta razlika ipak odražava.

Ljudi koji doživljavaju takve slomove u komunikaciji moraju, međutim, imati neko pribježište. Poticaji s kojima se suočavaju, isti su. Isti je i njihov opći nervni aparat, bez obzira koliko različito bio programiran. Štoviše, čak i njihovo nervno programiranje, osim na jednom malom, iako iznimno važnom području iskustva, mora biti približno isto, budući da imaju zajedničku povijest, osim neposredne prošlosti. Stoga su njihov svakodnevni, kao i veći dio znanstvenog svijeta i jezika, zajednički. Kada je sve to zajedničko, oni bi trebali biti sposobni iznaći mnogo štošta o tome kako se razlikuju. Tehnike koje se traže nisu, međutim, ni neposredne ni udobne, niti su dijelovi normalnog znanstvenog arsenala. Znanstvenici rijetko kad prepoznaju točno što te tehnike jesu i rijetko ih primjenjuju dulje nego što je neophodno da bi izazvali preobraćanje ili uvjerali sebe da to preobraćanje neće biti postignuto.

Ukratko, ono što sudionici u slomu komunikacije mogu učiniti jest da prepoznaju jedan drugog kao članove različitih jezičnih zajednica i da onda postanu prevoditelji.¹⁷ Uzimajući razlike između svojih vlastitih unutarskupnih i međuskupnih mišljenja kao predmet proučavanja za sebe oni mogu prvo pokušati otkriti one termine i izraze koji, i uz to što njihova uporaba nije problematična unutar svake pojedine zajednice, predstavljaju središte nevolja kod međuskupnih rasprava. (Izrazi koji ne predstavljaju takve teškoće mogu biti jednoznačno prevedeni.) Nakon što su izdvojili takva područja teškoće u znanstvenoj komunikaciji oni zatim mogu u ujednom daljnjem naporu rasvijetliti svoje nevolje, pribjegavajući zajedničkim svakodnevnim rečenicama. Svaki, dakle, može pokušati otkriti što bi drugi vidio i rekao kad mu se pruži neki poticaj za koji bi njegov vlastiti odgovor bio drugačiji. Ukoliko se mogu dovoljno uzdržati od objašnjavanja nepravilnog ponašanja kao da potječe od obične pogreške ili ludosti, mogli bi s vremenom vrlo dobro predskazivati uzajamno ponašanje. Svaki bi naučio da prevede tuđu teoriju i njene posljedice na svoj vlastiti jezik, te da istodobno opiše na svom jeziku onaj svijet na koji se ta teorija primijenjuje. To je ono što povjesničar znanosti u pravilu čini (ili bi trebao činiti) kada se bavi nesuvremenim teorijama.

Budući da prijevod, kada se nastavi, dopušta sudionicima u slomu da za utjehu iskuse nešto od onih zasluga i slabosti tuđe točke gledišta, on predstavlja potencijalno oruđe kako za uvjeravanje, tako i za preobraćanje. Ali, ni uvjeravanje ne mora uspjeti, a ukoliko uspije ne mora ga pratiti niti iza njega slijediti preobraćanje. Ta dva iskustva nisu ista i to je važna razlika koju sam tek nedavno u potpunosti sagledao.

Pod "uvjeriti" podrazumijevam uvjeriti nekoga da je nečije tuđe gledište superiorno i da, prema tome, treba istisnuti njegovo vlastito. To se ponekad postiže bez primjene nečega što je slično prijevodu. U odsutnosti prijevoda, mnoga objašnjenja i izlaganja problema, koja

¹⁷ Već klasičan izvor za većinu relevantnih aspekata prevođenja jest W. V. O. Quine, *Word and Object*, Cambridge, Mass. and New York, 1960., poglavlja I i II. Ali, Quine izgleda pretpostavlja da dva čovjeka koji primaju isti poticaj moraju imati isti osjet, pa prema tome ima malo za reći o razmjerima u kojima prevoditelj treba biti sposoban *opisati* onaj svijet na koji se odnosi jezik koji prevodi. Za ovu drugu točku vidi E. A. Nida "Linguistics and Ethnology in Translation Problems" u Del Hymes (ur.) *Language and Culture in Society*, New York, 1964., str. 90-97.

su odobrili članovi neke znanstvene skupine, bit će neshvatljiva za drugu skupinu. Međutim, svaka jezična zajednica može obično od početka doći do nekoliko konkretnih istraživačkih rezultata koji, iako se mogu opisati rečenicama koje se na isti način shvaćaju u obje skupine, ne mogu ipak od strane druge zajednice biti objašnjeni njezinim vlastitim terminima. Ukoliko novo gledište opstane neko vrijeme i nastavi biti plodno, istraživački rezultati koji na taj način mogu biti jezično izraženi imaju izgleda da se brojčano povećaju. Za neke ljude takvi rezultati bit će odlučujući. Oni mogu reći: ne znam kako su zastupnici ovog gledišta uspjeli, ali moram to saznati, jer što god da su radili, očito je prava stvar. Takva reakcija dolazi posebno lako od ljudi koji tek što su ušli u određenu struku, budući da oni još nisu stekli one posebne rječnike i obveze bilo koje skupine.

Argumenti koji se mogu izraziti u onom rječniku koji obje skupine upotrebljavaju na isti način, obično nisu odlučujući, ili barem to nisu do vrlo kasnog stupnja u razvoju suprotnih gledišta. Među onima koji su već primljeni u određenu struku, malo njih će biti uvjereno bez mnogo širih usporedbi koje prijevod dopušta. Iako stoga često nastaju rečenice velike duljine i složenosti (prisjetite se Proust-Bertholletovog sukoba koji je vođen bez vraćanja terminu "element"), mnogi dopunski istraživački rezultati mogu biti *prevedeni* s jezika jedne zajednice na jezik druge. Štoviše, kako prijevod napreduje, neki članovi svake od zajednica mogu, također, stavljajući se na mjesto drugoga, početi razumijevati kako je jedan iskaz, ranije neshvatljiv, mogao izgledati kao objašnjenje članovima suprotne skupine. Dostupnost ovakvih tehnika ne može, razumije se, garantirati uvjeravanje. Za većinu ljudi prevođenje je zastrašujući proces i u potpunosti je stran normalnoj znanosti. U svakom slučaju, uvijek su pri ruci i kontraargumenti, a nikakva pravila ne propisuju kako se ta ravnoteža mora pogoditi. Pa ipak, kako se argument slaže na argument i kako se izazov iza izazova uspješno savladava, samo slijepa tvrdoglavost na kraju može objasniti nastavljanje otpora.

Budući da je tome tako, jedan drugi aspekt prevođenja, dugo vremena poznat povjesničarima i lingvistima, postaje odlučujuće važan. Prevesti neku teoriju ili pogled na svijet na vlastiti jezik ne znači učiniti ih vlastitom svojinom. Da bi se to postiglo, valja se sroditi, otkriti da se misli i radi na, a ne samo prevodi s nekog jezika koji mu

je prije bio stran. Taj prijelaz, međutim, nije takav da ga pojedinac može učiniti ili se suzdržati da ga ne učini po svojoj volji i izboru, bez obzira koliko dobri bili njegovi razlozi što želi tako postupiti. Naprotiv, najednoj točki, tog procesa učenja prevođenja on shvaća da se prijelaz dogodio, da je skliznuo u novi jezik, iako o tome nije bio donio nikakvu odluku. Ili, kao mnogi od onih koji su se, na primjer, u svojim srednjim godinama prvi put sreli s relativnošću ili s kvantnom mehanikom, osoba shvati daje potpuno uvjerena u novo gledanje, ali je ipak nespособna internalizirati ga i biti kod kuće u onom svijetu kojemu to gledanje pomaže da se oblikuje. Intelektualno, takav čovjek je učinio svoj izbor, ali mu izmiče ono preobraćanje koje se traži ako taj izbor treba biti učinkovit. On može novu teoriju primjenjivati bez obzira na sve, ali će to činiti kao stranac u stranom okružju, a alternativa mu je na raspolaganju samo zato što na tom mjestu već postoji domaće stanovništvo. Njegov je rad parazitskog karaktera u odnosu na njihov, s obzirom da mu nedostaje ona konstelacija mentalne sprege koju će budući članovi te zajednice stjecati kroz redovitu naobrazbu.

Iskustvo preobraćanja koje sam usporedio s gestalt prebacivanjem ostaje, prema tome, u srcu revolucionarnog procesa. Dobri razlozi za izbor pružaju motive za preobraćenje, kao i klimu u kojoj je vjerojatnije da će se takvo preobraćenje dogoditi. Osim toga, prevođenje može pružiti točke ulaska za nervno programiranje koje, bez obzira na to koliko u ovom trenutku bilo nedokučivo, mora da leži u osnovi preobraćanja. Ali, ni dobri razlozi ni prijevod ne čine preobraćanje, a upravo taj proces moramo eksplicirati kako bismo razumjeli jednu bitnu vrstu znanstvene promjene.

6. REVOLUCIJE I RELATIVIZAM

Jedna od posljedica upravo skicirane pozicije posebno je smetala nekolicini mojih kritičara.¹⁸ Oni smatraju moje gledište relativističkim, posebno s obzirom na to kako je razvijeno u posljednjem poglavlju ove knjige. Moje primjedbe vezane uz prevođenje osvjtljavaju razloge

¹⁸ Shapere, "Structure of Scientific Revolutions" i Popper u knjizi *Growth of Knowledge*.

za tu optužbu. Zastupnici različitih teorija slični su pripadnicima različitih jezično-kulturnih zajednica. Uvidanje tog paralelizma sugerira da obje skupine u izvjesnom smislu mogu biti u pravu. Primijenjena na kulturu i njezin razvoj, taje pozicija relativistička.

Ali, primijenjena na znanost ona ne mora biti relativistička; ona je, u svakom slučaju, u jednom smislu koji su njeni kritičari propustili uvidjeti, daleko od toga da bude *samo* relativizam. Praktičari razvijenih znanosti promatrani kao skupina, tvrdio sam, u osnovi se bave rješavanjem zagonetki. I premda se one vrijednosti koje ti praktičari razvijaju u doba izbora teorije izvode također i iz drugih aspekata njihova rada, demonstrirana sposobnost postavljanja i rješavanja zagonetki koje nam priroda daruje predstavlja, u slučaju sukoba oko vrijednosti, glavni kriterij za većinu članova jedne znanstvene skupine. Kao i svaka druga vrijednost, sposobnost rješavanja zagonetki pokazuje se dvosmislenom u svojoj primjeni. Dva čovjeka koji dijele tu sposobnost mogu se i uz to razlikovati u onim prosudbama koje izvlače iz njene primjene. Ali, ponašanje one zajednice koja je čini vrhovnom vrijednošću bit će vrlo različito od ponašanja zajednice koja je ne čini vrhovnom vrijednošću. Vjerujem da visoka vrijednost koja je pripisana sposobnosti rješavanja zagonetki ima u znanostima slijedeće posljedice.

Zamislite evolucijsko stablo u primitivnoj prirodnoj filozofiji i znanostima, koje predstavlja razvoj suvremenih znanstvenih specijalnosti od njihovih zajedničkih korijena. Crta povučena prema vrhu tog drveta od debla do vrha neke grane, koja se nikad ne bi vraćala unatrag, pratila bi slijed teorija povezanih porijeklom. Razmatrajući bilo koje dvije takve teorije, izabrane iz točaka koje nisu previše blizu njihovog početka, trebalo bi biti lako sastaviti popis kriterija koji bi neangažiranog promatrača osposobili da uvijek razlikuje raniju od novije teorije. Među najkorisnije takve kriterije spadali bi: točnost predviđanja, posebno onih kvantitativnih, ravnoteža između ezoteričkog i svakidašnjeg predmeta, kao i broj različitih riješenih problema. Manje korisne za ove svrhe, iako također važne odrednice znanstvenog života bile bi takve vrijednosti kao što su jednostavnost, raspon i kompatibilnost s drugim specijalnostima. Ti popisijoš nisu oni koji se traže, ali ne sumnjam da se mogu upotrijebiti. Ako mogu, onda je znanstveni razvoj, kao i

biološki, jednosmjerni i nepromjenjivi proces. Kasnije znanstvene teorije su za rješavanje zagonetki u onim često sasvim drugačijim sredinama na koje se primjenjuju bolje od ranijih. To nije relativistička pozicija i u tom smislu čvrsto vjerujem u znanstveni napredak.

Kada se, međutim, uspoređi s pojmom napretka koji prevladava i među filozofima znanosti i među laicima, ovoj poziciji nedostaje jedan bitan element. Za neku znanstvenu teoriju obično se osjeti daje bolja od svojih prethodnica ne samo u smislu da je bolji instrument za otkrivanje i rješavanje zagonetki već, isto tako, i zato što nekako bolje prikazuje kako priroda doista izgleda. Često čujemo da teorije koje slijede jedna za drugom rastu sve bliže, odnosno da se primiču sve bliže istini. Očito je da se uopćavanja kao što su ova ne odnose na rješenja zagonetki i na ona konkretna predviđanja izvedena iz teorije, već na njezinu ontologiju, odnosno na slaganje između entiteta kojima ta teorija naseljava prirodu i onoga što je "doista ondje".

Možda postoji i neki drugi način spašavanja pojma "istine" u primjeni na čitave teorije, ali ovaj nije dobar. Mislim da ne postoji nikakav od teorije nezavisan način za rekonstrukciju takvih fraza kao što su "doista ondje"; pojam slaganja između ontologije neke teorije i onoga što joj "doista" odgovara u prirodi, izgleda mi sada u načelu iluzoran. Osim toga, kao povjesničar impresioniran sam neprihvatljivošću tog gledišta. Ne sumnjam, recimo, da Newtonova mehanika, kao instrument za rješavanje zagonetki, donosi poboljšanja u odnosu na Aristotelovu, kao i Einsteinova u odnosu na Newtonovu. Ali, u njihovu slijedu ne mogu vidjeti nikakav koherentan pravac ontološkog razvoja. Naprotiv, u nekim važnim pogledima, premda nikako ne u svim, Einsteinova opća teorija relativnosti bliža je Aristotelovoj teoriji, nego što je bilo koja od njih bliska Newtonovoj teoriji. Iako je razumljivo iskušenje da se takva pozicija opiše kao relativistička, taj mi opis izgleda površnim. I, obrnuto, ukoliko je ta pozicija relativizam, ne mogu vidjeti da relativist gubi bilo što od onoga što mu je potrebno da objasni prirodu i razvoj znanosti.

7. PRIRODA ZNANOSTI

Zaključit ću kratkom raspravom o dva ponovljena reagiranja na moj izvorni tekst, jednog kritičkog, drugog prijateljskog, iako mislim da niti jedno nije sasvim u pravu. Iako ta dva reagiranja nisu u vezi ni s onim što je do sada bilo rečeno, niti su povezana međusobno, oba su bila dovoljno prevladavajuća da bi zahtijevala barem neki odgovor.

Nekoliko čitatelja mog originalnog teksta primijetilo je da se u više navrata krećem naprijed-natrag između opisnog i normativnog načina, što je posebno zapaženo u povremenim odlomcima u tekstu koji počinju s "Ali, to nije ono što znanstvenici čine...", a završavaju tvrdnjom da znanstvenici ne trebaju činiti tako. Neki kritičari kažu da miješam opis i naputak, kršeći dugo vremena poštovani filozofski teorem: "jest" ne može implicirati "trebalo bi".¹⁹

Ovaj teorem u praksi je postao frazom i više nije svugdje cijenjen. Određeni broj suvremenih filozofa otkrio je važne kontekste u kojima su normativno i deskriptivno nerazmrsivo povezani.²⁰ "Jest" i "trebalo bi" ni u kom slučaju nisu uvijek tako razdvojeni kako izgleda. No, nije potrebno nikakvo pribjegavanje suptilnostima suvremene lingvističke filozofije da bi se otkrilo što je izgledalo konfuzno kod ovog aspekta moje pozicije. Prethodne stranice predstavljaju jedno gledište ili teoriju o prirodi znanosti, a ta teorija, kao i druge filozofije znanosti, ima značaj za onaj način na koji bi se znanstvenici trebali ponašati ukoliko njihov pothvat treba uspjeti. Iako ta teorija ne mora biti u pravu ništa više od bilo koje druge teorije, ona pruža legitimnu osnovu za ponovljene "treba" i "mora". Obrnuto, jedan skup razloga za uzimanje te teorije ozbiljno jest da se znanstvenici, čije su metode bile razvijane i birane s obzirom na svoj uspjeh, doista ponašaju kao što ta teorija kaže da bi se trebali ponašati. Moja deskriptivna uopćavanja predstavljaju dokaze za tu teoriju upravo zbog toga što mogu, isto tako, biti izvedena iz nje, dok prema drugim gledanjima na prirodu znanosti znače nepravilno ponašanje.

Mislim da cirkularnost ovog argumenta nije tipa zatvorenog kruga. Posljedice ovog gledišta o kojem se raspravlja nisu iscrpljene onim

¹⁹ Za jedan od mnogih primjera, vidi ogled P. K. Feyerabenda u knjizi *Growth of Knowledge*.

²⁰ Stanley Cavell, *Must We Mean What We Say?*, New York, 1969., pogl. I.

promatranjima na kojima je to gledište počivalo na početku. Čak i prije nego što je prvi put objavljena, za dijelove one teorije koju ova knjiga predstavlja otkrio sam da su korisno oruđe za istraživanje znanstvenog ponašanja i razvoja. Usporedba ovog postskripta sa stranicama izvornika može sugerirati da je ta teorija nastavila igrati tu ulogu. Nikakvo čisto cirkularno gledište ne bi nam moglo pružiti takve smjernice.

Na posljednju reakciju na ovu knjigu moj odgovor mora biti drugačije vrste. Izvjestan broj onih koji su bili zadovoljni ovom knjigom, bili su to manje stoga što ona rasvjetljava znanost, a više zato što su njene glavne teze uzeli kao primjenjive i na mnoga druga područja. Shvaćam što oni misle i ne bih volio obeshrabriti njihove napore u proširivanju ove pozicije, ali me je njihovo reagiranje ipak zbunilo. U onoj mjeri u kojoj ova knjiga opisuje znanstveni razvoj kao slijed jednog za drugim tradicijom vezanih razdoblja koji su povremeno ispresijecani nekumulativnim prekidima, njene teze su nesumnjivo široko primjenjive. Ali, one i trebaju biti takve, budući da su posuđene iz drugih područja. Povjesničari književnosti, raznih drugih umjetnosti, političkog razvoja i mnogih drugih aktivnosti već su dugo svoje predmete opisivali na isti način. Podjela na razdoblja u terminima revolucionarnih prekida u stilu, ukusu i institucionalnoj strukturi bila je jedno od njihovih standardnih oruđa. Ukoliko sam bio originalan u pogledu pojmova kao što su ovi, toje uglavnom bilo u njihovoj primjeni na znanosti, na ona područja za koja se široko smatralo da se razvijaju na drugačiji način. Slijedeći doprinos je možda pojam paradigme kao konkretnog dostignuća, kao oglednog primjera. Sklon sam, na primjer, misliti da bi neke od opasnih poteškoća koje okružuju pojam stila u umjetnosti mogle iščeznuti kad bi se moglo vidjeti da su slike modelirane prije jedna prema drugoj, nego što su proizvedene u suglasnosti s nekim apstraktnim kanonima stila.²¹

Ova je knjiga, međutim, imala namjeru isto tako ukazati na još jednu stvar koja je mnogim njenim čitateljima ostala manje jasna. Iako znanstveni razvoj može biti mnogo sličniji razvoju u drugim područjima nego što se često pretpostavlja, onje, isto tako, uočljivo

²¹ Za ovo pitanje, kao i za širu diskusiju o tome što je to posebno za znanosti, vidi T. S. Kuhn, "Comment (on the Relations of Science and Art)". *Comparative Studies in Philosophy and History*, XI, 1969., 403-412.

različiti. Kazati, na primjer, da znanosti, barem iza jedne određene točke u razvoju, napreduju, na način na koji druga područja ne napreduju, ne može biti sasvim pogrešno, bez obzira na to što bi sam napredak mogao biti. Jedan od predmeta ove knjige bio je da se ispituju takve poteškoće i da se počne s njihovim objašnjavanjem.

Uzmite, na primjer, u ovom tekstu ponovljeni naglasak na odsutnosti, ili kako bih sada trebao reći, na relativnoj rijetkosti suparničkih škola u razvijenim znanostima. Ili, prisjetite se mojih primjedbi o mjeri u kojoj članovi neke znanstvene zajednice čine jedinu publiku i jedine suce rada te zajednice. Ili, opet, pomislite na onu posebnu prirodu znanstvene naobrazbe, na rješavanje zagonetki kao svrhu, kao i na vrijednosni sustav koji određena znanstvena skupina razvija u razdobljima krize i odluke. Knjiga izdvaja i druge crte iste vrste, od kojih niti jedna nije nešto jedinstveno za znanost, ali svom spoju čuva tu aktivnost.

O svim ovim crtama znanosti ima se još mnogo toga za spoznati. Budući da sam ovaj *postscript* započeo naglašavanjem potrebe proučavanja one strukture znanosti koja se ogleda u znanstvenim zajednicama, završit ću naglašavanjem potrebe za sličnim, a iznad svega usporednim proučavanjem odgovarajućih zajednica u drugim područjima. Kako netko bira i kako je biran u članstvo neke posebne zajednice, znanstvene ili druge? Kakav je taj proces i koji su stupnjevi socijalizacije u jednu određenu skupinu? Što određena skupina kolektivno vidi kao svoje ciljeve? Koja će odstupanja, pojedinačna ili kolektivna, tolerirati i ako kontrolira dopustiva odstupanja? Potpunije razumijevanje znanosti zavisit će, isto tako, od odgovora na druge vrste pitanja, iako nema područja gdje se osjeća tako velika potreba za više rada. Znanstvena spoznaja, kao i jezik, po svojoj unutrašnjoj prirodi jest zajednička svojina neke skupine ili ne predstavlja ništa. Da bismo ga razumjeli, bit će neophodno da saznamo posebne karakteristike onih skupina koje ga stvaraju i rabe.

Pogovor

Thomas Samuel Kuhn (rođen 18. srpnja 1922. godine u Cincinnati, Ohio, U.S., a umro 17. lipnja, 1996., u Cambridge, Mass., U.S.), američki povjesničar znanosti, autor je više knjiga i članaka, a njegovo najvažnije i najutjecajnije djelo je upravo *Struktura znanstvenih revolucija* (1962.). *Struktura znanstvenih revolucija* jedno je od najutjecajnijih djela povijesti i filozofije napisanih u 20tom stoljeću. Ovo djelo posvećeno je izučavanju prirode znanstvenih promjena i najšire je prihvaćeno kao poticaj i sama suština suvremenog promišljanjanačina na koji se odvijaju procesi napredovanja u znanosti. Upravo u ovom dijelu pomno iznesena Kuhnova teorija znanstvenih revolucija postala je temeljnom oznakom suvremenog razumijevanja intelektualne povijesti.

Kuhn je diplomirao (1943.) i magistrirao (1946.) fiziku na Harvardskom Sveučilištu, a doktorirao (1949.) povijest znanosti. Predavao je povijest i filozofiju znanosti na Harvardu (1951-56.), na Berkeleyu (University of California at Berkeley, 1956-64.), na Princetonu (Princeton University, 1964-79.), i na MIT-u (The Massachusetts Institute of Technology 1979-91.).

U svojoj prvoj knjizi *The Copernican Revolution* (1957.), Kuhn izučava razvoj heliocentrične teorije Sunčevog sustava tijekom Renesanse. U najznačajnijoj drugoj knjizi, *Struktura znanstvenih revolucija* (*The Structure of Scientific Revolutions*, 1962.), Kuhn raspravlja o tome da su znanstveni rad i misao definirani paradigmama koje se sastoje od formalnih teorija, klasičnih eksperimenata i metoda u koje možemo vjerovati. Nadvladavanje Ptolomejeve kozmologije Kopernikovim heliocentrizmom i Newtonove mehanike kvantnom fizikom i općom teorijom relativiteta su primjeri fundamentalnih paradigmatičkih promjena. Nakon burnih reakcija i velikog utjecaja koje je ova knjiga polučila Kuhn izdaje zbirku eseja *The Essential Tension*, (1977.), a njegovu zadnju knjigu *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity* (1978.), visokostručan tehnički rad, mnogi smatraju implicitnim odbacivanjem njegovih ranijih djela.

Glavni cilj Kuhnovog cjelokupnog teorijskog nastojanja bio je razjašnjenje načina na koji se znanost mijenja, odnosno razvija. Do tada uobičajeno, pozitivističku viđenje znanstvenog rada, znanost prosječno razumijeva kao skup činjenica, teorija i metoda skupljenih u određenim tekstovima, a znanstvenike kao ljude koji se, uspješno ili bezuspješno, bore da tom skupu pridodaju još koji element. Ovako viđen znanstveni razvoj postaje postupni proces tijekom kojeg se ti elementi, pojedinačno ili u kombinaciji, dodaju stalno rastućem skladištu znanstvenih tehnika i znanja. A povijest znanosti postaje disciplina koja kronološki bilježi ova uzastopna povećanja i zapreke koje su sprječavale njihovu akumulaciju. Upravo ovu kumulativnu prirodu znanstvenih nastojanja Kuhn razotkriva kao mitsku i pokazuje da se znanost ne razvija akumulacijom znanja, već revolucijom pristupa. Kuhn, naime, tvrdi da, premda akumulacija znanja igra određenu ulogu u znanosti, istinite i stvarno značajne promjene nastaju kao revolucioniranje znanstvenog pristupa - paradigme.

Termin "paradigma" sugerira da neki od prihvaćenih primjera stvarne znanstvene prakse, dakle neki od primjera koji uključuju zakon, teoriju, primjenu i instrumentaciju zajedno, možemo razumjeti kao modele iz kojih potječu posebne koherentne tradicije znanstvenog istraživanja. Proučavanje paradigmi, dakle upravo prihvaćenih primjera stvarne znanstvene prakse kao modela, jest ono što studente priprema za članstvo u nekoj znanstvenoj zajednici. Budući da će se oni ondje pridružiti ljudima koji su temelje svog područja naučili iz istih konkretnih modela, njihova će kasnija praksa rijetko izazivati otvorena neslaganja oko fundamentalnih stvari. Oni čije se istraživanje zasniva na zajedničkim modelima primjene instrumentacije teorije i zakona, imaju ista pravila i standarde za znanstvenu praksu. Postojanje ovih pravila i standarda, bilo da su ona eksplicitna ili implicitna, preduvjeti su za normalnu znanost, to jest za stvaranje i održavanje svake posebne istraživačke tradicije.

Stjecanje paradigme, i upravo zahvaljujući stečenoj paradigmi prestanak rasprava o utemeljenju znanosti i prelazak na istraživanja ezoteričnog tipa, su za Kuhna znak zrelosti u razvoju nekog znanstvenog

područja. Ukoliko je znanost nezrela ona još nije stekla svoju paradigmu i obratno, jedna zrela znanost u jednom određenom vremenu određena je jednom i samo jednom dominirajućom paradigmatom. Taj period je za Kuhna period normalne znanosti, odnosno to je period akumulacije znanja u kojem znanstvenici rade na akumulaciji i proširenju (interpretaciji) vladajuće paradigme. Njegov povijesno utemeljen model znanosti opisuje razvoj znanstvenih disciplina tijekom vladavine jedne paradigme kao put kroz različite stupnjeve razvoja: od jedne nezrele znanosti do normalne (zrele) znanosti koja uspostavlja društveno konstruiranu teorijsku matricu ili paradigmu.

Da bi neka teorija, i s njom povezana instrumentacija i znanstvena praksa, bila prihvaćena kao paradigma, teorija mora izgledati boljom od suparničkih, ona mora objasniti više činjenica ili "važnije" činjenice ali ne mora, a nikad to i ne čini, objasniti sve činjenice s kojima se može suočiti.

Prelazak iz preparadigmatske, "nezrele situacije" koja je obilježena brojnim školama koje dijele znanstvenu disciplinu, svaka ističući svoj pristup i svoja gledišta kao temeljna i jedina znanstvena, počinje u trenutku kad pojedinac ili skupina prvi put izvedu sintezu koja može privući većinu praktičara iz slijedeće generacije. U toj situaciji starije se škole počinju postupno gasiti, a njihovo je iščezavanje djelomično uzrokovano prijelazom članova na novu paradigmu, a djelomično interesom studenata i mlađih znanstvenika koji svoja očekivanja usmjeravaju prema novoj paradigmi zanemarujući stare škole. Korištenje nove paradigme zahtjeva novu i strožu definiciju određenog područja i oni koji ne žele ili ne mogu prilagoditi svoj rad, osuđeni su na nastavak rada u izolaciji ili pridruživanje nekoj drugoj skupini.

Stroža definicija znanstvenog djelovanja ima razne posljedice, a jedna od najvažnijih je daje znanstvenik sada u mogućnosti da: na paradigmi zasnovanu znanstvenu praksu prihvati kao sigurnu. Ovo znači da njemu u njegovom temeljnom radu nisu više potrebni nikakvi pokušaji ponovnog izgrađivanja područja počinjanjem od prvih načela i opravdavanjem svakog uvedenog pojma. To je posao koji se sada može prepustiti piscu znanstvenog udžbenika, a kreativni znanstvenik može početi svoje istraživanje ondje gdje udžbenik prestaje i tako se

usredotočiti isključivo na najsuptilnije i najezoteričnije aspekte prirodnih pojava kojima se njegova skupina bavi.

Usporedo s ovom strožom definicijom znanstvenog djelovanja znanstvena istraživanja više neće biti, kao što je to bilo uobičajeno u pred paradigmataskoj situaciji, pretočena u knjige koje se obraćaju svakome tko bi mogao biti zainteresiran za predmet određenog područja. Umjesto toga izvještaji znanstvenog istraživanja će se sada pojavljivati u vidu kratkih članaka u specijaliziranim znanstvenim časopisima, tojest takovih tekstova koji se obraćaju samo kolegama stručnjacima, ljudima čije se poznavanje paradigme može pretpostaviti i koji su upravo zato i jedini koji su sposobni pročitati ove članke. A znanstvena su izvješća upravo njima i namijenjena.

Prema Kuhnovom mišljenju, paradigme stječu svoj status zbog toga što su uspješnije od svojih suparnika u rješavanju onih problema koje znanstvenici praktičari prepoznaju kao značajne. Uspjehjedne paradigme ne znači uspješno rješavanje jednog jedinog problema, niti prepoznatljivu uspješnost u rješavanju velikog broja problema. Uspjehjedne paradigme znači da ona na samom svom početku u velikoj mjeri obećava uspjeh u rješavanju izabranih, značajnih problema. Na osnovu uspješne paradigme uspostavljena normalna znanost sastoji se u:

- ispunjavanju upravo tog obećanja uspjeha,
- ispunjavanju koje se postiže proširivanjem znanja o činjenicama koje paradigma prikazuje osobito znakovitima, te
- povećavanju stupnja podudarnosti između tih činjenica i onih predviđanja koja se dobivaju temeljem paradigme, kao i od
- daljnje artikulacije same paradigme.

U tom smislu period normalne znanosti je period u kojem vladajuća paradigma nužno zahtijeva brojna doradivanja, teje stoga razumljivo da su upravo postupci dotjerivanja ono što zaokuplja većinu znanstvenika tijekom cijele njihove karijere. Upravo postupci dotjerivanja vladajuće paradigme čine ono što Kuhn naziva normalnom znanošću.

Normalna znanost ili primjena paradigme kao modela za istraživanje najslabijaje pokušaju da se priroda stjera u prethodno oblikovanu i relativno krutu ladicu koju sama paradigma stavlja na

raspolaganje. Paradigma mora svladati poznate pojave, a izazivanje novih vrsta pojava nije čak niti djelomičan cilj normalne znanosti. Kuhn štoviše tvrdi da se one pojave koje ne odgovaraju određenoj ladici, najčešće niti ne opažaju. Jednako tako znanstvenici tijekom rada u normalnoj znanosti ne teže stvaranju novih teorija, i upravo su netolerantni prema teorijama koje su drugi postavili. Umjesto toga, znanstveni rad u okvirima normalne znanosti usmjerenje ka što jasnijoj i što manje proturječnoj artikulaciji onih pojava i teorija koje donosi već sama paradigma. Cilj znanstvenika koji djeluju u normalnoj znanosti je da izlože novu primjenu zadane paradigme ili da povećaju preciznost neke već učinjene primjene.

Više nego bilo koja druga vrsta normalnog znanstvenog rada, problemi artikulacije paradigme istodobno su i teorijski i empirijski. Jedna od ključnih posljedice istraživanja je među inim i "brušenje" teorije. Istraživači rade i s činjenicama i s teorijama, a njihov rad proizvodi ne samo nove informacije već i precizniju paradigmu do koje se dolazi eliminacijom neodređenosti koje su bile karakteristične za njen izvorni oblik. Nužnost ovakve vrste rada proistječe iz neizmjenjnih poteškoća koje se često susreću prigodom razvijanja dodirnih točaka između znanstvenih teorija i prirode. Upravo iz ovog razloga preformulacije paradigme se po mišljenju Kuhna, uvijek iznova događaju u svim znanostima.

Ogromna većina problema kojima se bave čak i najbolji znanstvenici neizbježno potpada podjedan od tri razreda problema,

- određivanje značajne činjenice,
- usklađivanje činjenica s teorijom i
- artikulacija teorije.

Ove tri navedene kategorije po Kuhnovom mišljenju iscrpljuju svu literaturu normalne znanosti, kako teorijsku tako i praktičnu. Rad u okvirima određene paradigme ne može biti proveden ni na koji drugi način do upravo rješavanjem nekog od problema iz navedenih kategorija problema, a sve drugo je napuštanje paradigme. Napuštanje paradigme predstavlja prestanak bavljenja problemima čija je rješenja paradigma anticipirala, to jest to je prestanak prakticiranja znanosti koju ta paradigma definira.

Dovođenje nekog problema normalnog istraživanja do zaključka predstavlja postizanje anticipiranog rješenja tog problema na nov način i zahtijeva rješavanje složenih instrumentalnih, konceptualnih i matematičkih zagonetki. Upravo termini "zagonetka" i "odgonetač", po mišljenju Kuhna dobro osvjetljavaju djelatnost normalne znanosti. Zagonetke su, u svom sasvim standardnom značenju, a tako ih i Kuhn razumijeva, ona posebna kategorija problema koja može poslužiti za provjeru oštroumnosti ili vještine u postizanju rješenja. Kriterij da li je neka zagonetka dobra nije unutrašnja zanimljivost ili važnost ishoda, već je to osigurano postojanje rješenja. Pretpostavka dobre zagonetke jest da ona ima rješenje i da upravo zato može poslužiti kao provjera vještine pronalaženja rješenja. Čovjek koji u tome uspijeva potvrđuje se kao stručnjak odgonetač, a onaj izazov koji zagonetka u sebi nosi predstavlja važan dio onoga što ga pokreće.

Jedna od nužnih posljedica stjecanja paradigme za jednu znanstvenu zajednicu jest stjecanje jasnih kriterija za izbor problema za koje se, dok se paradigma smatra neupitnom, može pretpostaviti da imaju rješenja. Ako problemi imaju rješenje onda su oni zagonetke koje valja odgonetnuti. Upravo ovako shvaćeni problemi kao zagonetke su u velikoj mjeri i jedini problemi koje će zajednica priznati kao znanstvene ili ohrabrivati svoje članove da se upuštaju u njihovo rješavanje. Drugi problemi, uključujući mnoge koji su nekad bili standardni, odbacuju se kao metafizički, kao stvar druge discipline ili, ponekad, kao jednostavno previše problematični da bi imalo smisla trošiti vrijeme na njih. Upravo ovo su razlozi zbog kojih jedna paradigma može čak i izolirati neku zajednicu od onih društveno važnih problema koji se ne mogu reducirati na formu zagonetke za to što ne mogu biti iskazani terminima onih pojmovnih i instrumentalnih alata koje određena paradigma stavlja na raspolaganje. Jedan od razloga zašto se čini da normalna znanost tako brzo napreduje jest taj što se njezini praktičari usredotočuju na probleme čije bi rješenje mogao spriječiti samo nedostatak vlastite domišljatosti.

Razumijevanje problema kao zagonetki dovodi do jake mreže međusobnog vezivanja pojmovnih, teorijskih, instrumentalnih i metodoloških aspekata paradigmom definirane normalne znanosti. Budući da ova mreža daje pravila koja praktičaru jedne zrele

specijalnosti govore o tome kako izgleda ne samo svijet već i njegova znanost, on se s povjerenjem može usredotočiti na ezoterične probleme koji su definirani ovim pravilima i postojećim znanjima. Iako očito postoje pravila kojih se pridržavaju svi praktičari neke znanstvene specijalnosti u nekom određenom vremenu, ta pravila sama po sebi ne moraju specificirati sve ono što je zajedničko za praksu tih specijalista. Normalna je znanost visoko određena aktivnost, iako ne mora biti u cijelosti određena pravilima. Upravo toje razlog što Kuhn izvor koherentnosti u tradiciji normalnog znanstvenog istraživanja vidi u znanstvenoj zajednici zajedničkoj paradigmi, a ne u zajedničkim pravilima, pretpostavkama i točkama gledanja.

Naime, po Kuhnovom mišljenju, pravila se izvode iz paradigmi, ali paradigme mogu voditi istraživanje i kad nema pravila. Prema tome, znanstvenici se mogu složiti u identifikaciji neke paradigme, a da se ne slože ili čak niti ne pokušaju doći do njene potpune interpretacije ili racionalizacije. Nepostojanje standardne interpretacije, odnosno to što paradigma nije svedena na pravila neće spriječiti da paradigma vodi istraživanje. Normalna znanost može biti djelomično određena izravnim ispitivanjem paradigmi što je proces koji je često potpomognut formulacijom pravila i pretpostavki, ali ne zavisi o njima.

Postojanje paradigme ne podrazumijeva i zapravo ne mora podrazumijevati postojanje bilo kakovog potpunog sklopa pravila. Ovo dovodi do toga da različiti istraživački problemi i tehnike koje se javljaju unutar neke tradicije normalne znanosti ne zadovoljavaju neki eksplicitan, ili u potpunosti podložan otkrivanju, sklop pravila i pretpostavki koji tradiciji daje njen specifičan karakter i koji utvrđuje njenu vlast nad znanstvenim duhom. Umjesto toga, problemi i tehnike mogu biti vezani sličnošću ili modeliranjem s jednim ili drugim dijelom znanstvenog korpusa, za koji određena zajednica već priznaje da spada među njena dostignuća. Znanstvenici rade na temelju modela stečenog tijekom školovanja i kasnije izloženosti literaturi, često ne znajući sasvim, ili nemajući potrebe da znaju koje su od karakteristika u ovim modelima dale status paradigmi znanstvene zajednice. Budući da tako čine, nije im potreban nikakav potpuni skup pravila. Koherentnost koju pokazuje ona istraživačka tradicija unutar koje ti modeli funkcioniraju ne mora podrazumijevati postojanje sklopa pravila

i pretpostavki koje bi se daljnjim povijesnim ili filozofskim istraživanjem mogle otkriti. Činjenica da znanstvenici obično ne pitaju ili ne raspravljaju o tome što neki poseban problem ili rješenje čini legitimnim navodi nas na pretpostavku da oni, barem intuitivno, znaju odgovor. Paradigme mogu prethoditi, biti u većoj mjeri obvezujuće i potpunije od bilo kakvog sklopa pravila istraživanja kojeg se iz tih paradigmi nedvosmisleno može apstrahirati.

Pravila po Kuhnovom mišljenju postaju važna, a karakteristična nebriga za njih nestaje svaki put kad se osjeti da su paradigme ili modeli nesigurni. Upravo česte i duboke rasprave o legitimnim metodama, problemima i standardima rješenja, Kuhn primjećuje kao posebnu značajku pred paradigmatičkog razdoblja, iako u tim razdobljima ove rasprave više služe za definiranje škola, nego za postizanje suglasja.

Sve cjelovitija artikulacija paradigme tijekom njene vladavine normalnom znanošću obično traži eksplikaciju pravila koja se iz paradigme daju apstrahirati, izgradnju razrađene opreme, razvoj ezoteričkog rječnika i vještina, kao i takvo peglanje pojmova koje postupno smanjuje sličnost tih pojmova s njihovim zdravorazumskim prototipovima. Zahtjev za preciznošću i istančanošću znanstvenog djelovanja vodi u krajnju profesionalizaciju, koja s jedne strane, vodi ogromnim ograničenjima znanstvenikove vizije, a s druge prilično velikom otporu promjeni paradigme. Kako paradigma postaje artikuliranija znanost postaje sve kruća. Što je neka paradigma preciznija i dalekosežnija, to ona daje osjetljiviji pokazivač nepravilnosti, a time i prigodu za promjenu paradigme.

Neočekivane i nove činjenice ili otkrića počinju s pitanjem o nepravilnosti, odnosno s uviđanjem da je priroda u nekakvom odklonu od onih očekivanja koja postavlja paradigma koja vlada normalnom znanošću. Ono se zatim produbljuje s manje ili više širokim istraživanjem područja nepravilnosti, a završava izumom, to jest tek onda kad se zadana paradigmatička teorija prilagodi tako da ono što je smatrano nepravilnošću postane ono što se očekuje. Usvajanje nove vrste činjenica zahtijeva novu teoriju što je uvijek više nego dodatna prilagodba teorije, a dok se to "više nego prilagodba" ne obavi, dok znanstvenik ne nauči vidjeti prirodu na drugačiji način,

nova činjenica, premda može biti zbudjujuća, uopće nije sasvim znanstvena činjenica.

Bez obzira na zbudjujući karakter otkrića ili nove znanstvene činjenice, bez obzira na teškoće "prilagodbe teorije" paradigma se ne predaje lako. Znanstvenici će pružiti prešutni otpor promjeni paradigme i neće se dati zbuniti s anomalijama, te će određene nepravilnosti koje vode ka odbacivanju zanemarivati sve dok to mogu.

Ovo znači da će tijekom vremena akumulacija znanja u normalnoj znanosti istovremeno akumulirati i anomalije - teorijski nepredvidljive i neobjašnjive nepravilnosti, ili drugačije rečeno, da će tijekom vremena biti sve više takovih nalaza koji ne mogu biti objašnjeni iz perspektive vladajuće paradigme. Ove anomalije, kumulativno se gomilajući, vremenom, dovode do krize.

Istina je da bi znanstvenici mogli na osnovu nepravilnosti preformulirati svoj teorijski pristup, ali to bi bio krajnje riskantan poduhvat jer takova preformulacija uključuje i promjene znanstvenog instrumentarija. Međutim, sve dok su instrumenti koje nam neka paradigma daje sposobni riješiti probleme koje ta paradigma definira, znanost se kreće najbržim tempom i prodire najdublje samouvjerenom primjenom tih instrumenata. Ono što je dobro ne treba mijenjati. Razlog je jasan. Mijenjanje instrumenata predstavlja ekstravaganciju koju valja izbjeći odnosno koju valja rezervirati za prigodu u kojoj će to biti nužno. Značaj kriza, po Kuhnovom mišljenju, sastoji se u tome što one ukazuju na to da je došlo do prigode za izmjenu instrumenata.

Premda su krize nužan prethodni uvjet za nastajanje novih teorija, i u krajnjoj posljedici nove paradigme, znanstvenici suočeni s težim i dugotrajnijim nepravilnostima, iako mogu početi gubiti vjeru, pa i razmatrati alternative, najčešće se ne odriču one paradigme koja ih je odvela u krizu.

Znanstvena teorija se proglašava nevažećom samo onda ako postoji i suparnički kandidat koji će zauzeti njeno mjesto. Odluka da se neka paradigma odbaci uvijek je istodobno i odluka da se prihvati druga, a prosuđivanje koje vodi k toj odluci uključuje usporedbu obje paradigme s prirodom, kao i međusobno.

Znanstvenici suočeni s nepravilnošću ne odbacuju paradigmu u kojoj rade već pokušavaju smisliti brojne artikulacije i *ad hoc*

modifikacije svoje teorije kako bi izbjegli sukob. Premda *ad hoc* izvedene teorije u pravilu gube svoju heurističku snagu ovaj gubitak je manja cijena od odricanja od operacionalnog instrumentarija i preciznih pojmovnih određenja koje nudi već uspostavljena i artikulirana paradigma.

Usuglašavanje paradigme s prirodom uvijek izaziva poteškoće. Većina ovih poteškoća se prije ili kasnije otkloni i to najčešće procesima koji se nisu mogli predvidjeti. Upravo to je razlog da se znanstvenici ne zaustavljaju da bi ispitali svaku nepravilnost. Pojava neke nepravilnosti prije će izazvati zanemarivanje nepravilnosti nego svijest o potrebi promjene paradigme. Iz ovog spontanog otpora koji znanstvenici pružaju promjeni paradigme Kuhn zaključuje da ako jedna nepravilnost treba izazvati krizu, ona u pravilu mora biti više od obične nepravilnosti.

Tek onda kada neka nepravilnost počne izgledati kao nešto više od samo još jedne zagonetke normalne znanosti, započinje prijelaz ka krizi i znanstvenoj revoluciji. Ovakva nepravilnost postaje sve poznatija u struci i svi pa i najpoznatiji znanstvenici počinju joj posvećivati sve više pažnje. Ukoliko ovakva nepravilnost nastavlja pružati otpor, to jest ukoliko daljnje artikulacije paradigme nisu u stanju riješiti nepravilnost i pretvoriti je u samo još jednu zagonetku normalne znanosti, što obično nije slučaj, može prevladati uvjerenje da je njezino rješavanje glavni predmet znanstvene discipline. Neotklonjiva nepravilnost mijenja izgled znanstvenog područja izučavanja. Za znanstvenike ovo područje više ne izgleda sasvim isto kao što je izgledalo dok ove nepravilnosti nisu bili svjesni. Ovaj drugačiji izgled ne potječe samo iz otkrića novih činjenica, već potječe i iz novog ustanovljavanja problema od posebnog interesa. U pokušaju da se nepravilnost teorijskih očekivanja razriješi nastaju brojna djelomična rješenja. Prva rješenja blisko slijede pravila paradigme, ali s nastavljanjem otpora, rješenja sve više uključuju neku malu, ili ne tako malu, preformulaciju paradigme, od kojih niti dvije preformulacije nisu međusobno slične, a svaka je djelomice uspješna, ali niti jedna toliko uspješna da bije skupina prihvatila kao važeću paradigmu. Ovom proliferacijom divergentnih artikulacija, teorijskog *ad hoc* prilagođivanja, pravila normalne znanosti postaju sve zamagljenija. Tako nastaje situacija u

kojoj iako paradigma još uvijek postoji, malo je praktičara koji se slažu u tome što ona jest. To ide toliko daleko da se čak i ranija standardna rješenja riješenih problema dovode u pitanje.

Napuštanje paradigme u krizi i prelazak na novu, iz koje će nastati nova tradicija normalne znanosti, nije kumulativni proces. Do prelaska na novu paradigmu ne dolazi artikulacijom ili proširivanjem stare paradigme, već rekonstrukcijom područja na temelju novih osnovnih stavova. Ovo nije nikakva teorijska rekonstrukcija, ovo je promjena najelementarnijih teorijskih uopćavanja iz tog područja, paradigma-tičkih metoda i primjena. Ukratko ovo je preokret, revolucija.

Naravno uvijek postoji izvjesno prijelazno razdoblje tijekom kojeg se može uočiti veliko, iako nikada potpuno, preklapanje između onih problema koji se mogu riješiti pomoću stare i onih koji se mogu riješiti pomoću nove paradigme, ali, jednako tako postoji i radikalna razlika u načinima na koji se ovi problemi rješavaju. Kad je prijelaz sa stare na novu paradigmu završen, struka mijenja svoje gledanje kako na područje svojeg istraživanja tako i na svoje metode i ciljeve.

Kriza uvjetuje nemogućnost daljnje upotrebe paradigme. Kriza svoje razrješenje nalazi u **znanstvenoj revoluciji** koja dovodi u fokus **novu paradigmu** čime proces ponovo započinje.

Znanstvena revolucija započinje izlaganjem brojnih različitih alternativnih novih paradigmi. Ove brojne međusobno suprotstavljene paradigme indikacija su nove znanstvene nezrelosti. Daljnji povijesni tijek će prema Kuhnovom modelu dovesti do reformulacije razumijevanja cjelokupne znanstvene discipline, dakle, do reformiranja znanstvene zajednice, čime će nova paradigma biti prihvaćena norma, a znanost će ponovo kroz stadije od nezrelosti prema zrelosti artikulirati i interpretirati novu paradigmu kao novu osnovu zrele ili normalne znanosti. Naravno, svaka nova paradigma, ističe Kuhn, sebe u odnosu na svoje prethodnice vidi kao napredak.

Kuhnov evolutivni model znanstvenog razvoja razumijeva znanost u svom temelju kao povijesni društveni poduhvat. Znanstvenici su pripadnici konkretne znanstvene zajednice, društvene grupe u kojoj nastaju važni uvjeti za održavanje i zadržavanje ove pripadnosti. U znanstvenoj zajednici nastaje opća podanička privrženost pojedinoj znanstvenoj paradigmi koja predstavlja "čitavu konstelaciju uvjerenja,

vrijednosti, tehnika itd., koje dijele članovi jedne date zajednice". Članstvo u zajednici uključuje suglasnost s njenim pogledom na svijet i s njenom koncepcijom o tome što čini znanost i kako se ona mora raditi. Najhitniji u ovom kontekstu je stav da se za zajednicu smatra da posjeduje takovu temeljnu bit kao što je kriterij za istinu, verifikaciju, valjanost, objektivnost i potvrdu znanja. Znanstvena istina, za Kuhna je stvar konsenzusa znanstvene zajednice i kako to sam Kuhn kaže "član jedne zrele znanstvene zajednice je nalik na tipičan lik Orwellove *1984.*, žrtva povijesti koja je iznova pisana od strane trenutačno vladajućih sila".

Znanost je, dakle, nesposobna da odluči o alternativnim paradigmatama na osnovu pozivanja na eksperiment i logiku. Po Kuhnovom razumijevanju paradigme su međusobno nesumjerljive i odluka o novoj paradigmi mora biti donesena kroz revolucioniranje znanosti i razrješenje krize će tada voditi do revizije, a uobičajeno i redefinicije cjelokupnog područja znanstvene discipline.

Prijelaz sjedne paradigme u krizi na novu paradigmu nije postupan, on je silovit i nalik političkim prevratima. Stoga Kuhn i koristi termin revolucija da bi objasnio da upravo kao i u političkim prevratima znanstvene prevrate prati promjena kriterija koji određuju legitimnost i znanstvenih problema i predloženih rješenja. Nova paradigma ne mijenja svijet, ali s promjenom paradigme znanstvenik djeluje u jednom posve drugačijem svijetu.

Vođeni novom paradigmatom znanstvenici usvajaju nove instrumente i istražuju nova mjesta, i što je još važnije vide nove i drugačije stvari i onda kada s ranije uobičajenim instrumentima istražuju mjesta koja su u sklopu znanstvenog istraživanja pod starom paradigmatom već promatrali.

Premda nove paradigme uključuju mnogo elemenata rječnika i instrumenata, kako konceptualnog tako i manipulativnog, od stare paradigme koju zamjenjuju one se ovim posuđenim elementima ne služe na tradicionalan način, naime, u novi pristup stari termini, pojmovi, instrumenti i eksperimenti ulaze s novim značenjima, novim međusobnim relacijama i drugačijom hijerarhijom vrijednosti. Upravo u ovom smislu i upravo iz ovog razloga, Kuhn smatra da, zastupnici suparničkih paradigmi prakticiraju svoje struke u različitim svjetovima.

Istražujući u različitim svjetovima dvije skupine znanstvenika vide različite stvari i onda kada s iste točke gledaju u istom smjeru.

Ovakav stav neizbježno dovodi do pitanja može li u znanostima postojati jedna istina, ili svaka paradigma ima svoje istine. Paradigma koja istiskuje staru paradigmu i ustoličuje se na njenom mjestu svakako sebe vidi kao jedinu istinitu, štoviše kao progresivni skok prema istini, dok su svi drugi pristupi, kao i pristup napuštene paradigme, pogrešni, lažni, i baš zato napušteni.

Kuhn drži da su ljudi skloni kao znanost vidjeti svako ono područje u kojemu se događa napredak, fraze kao što su "znanstveni napredak" ili "znanstvena objektivnost" zapravo govore o pojmovima koji se podrazumijevaju kao subsumirani pod pojmom znanost. Kuhn štoviše smatra da je neka znanost, znanost zato što napreduje! Promatrano s aspekta znanstvene zajednice, rezultat uspješnog kreativnog rada *jest* napredak.

Tijekom razdoblja revolucije, kad su fundamentalni ciljevi jednog područja još jednom dovedeni u pitanje, često se izražavaju sumnje u mogućnost kontinuiranog napretka ako se usvoji jedna ili druga od suprotnih paradigmi, odnosno, ističe se mogućnost napretka ukoliko se usvoji ona paradigma za koju se određene grupe zalažu. Za zastupnike pobjedničke paradigme ishod revolucije mora, u najmanju ruku, biti napredak, a oni su samom svojom pobjedom u izvanrednom položaju da se pobrinu da budući članovi njihove zajednice vide prethodnu povijest na isti način

S druge strane, kada je jedna paradigma neprikosnoveni u svom području ili u periodu normalne znanosti, znanstvena zajednica je iznimno djelotvoran instrument za rješavanje onih problema ili zagonetki koje njena paradigma definira. Uspjeh u rješavanju ovih problema ne može se vidjeti drugačije nego kao napredak.

* * *

Kuhn je započeo svoje istraživanje kao povjesničar znanosti otvorivši temeljna pitanja o razvitku znanosti i organizaciji znanja, znanstvenim zajednicama kao nositeljima ovog razvoja, njihovim uvjerenjima i htijenjima čime je njegov rad prerastao okvire povijesti

Istražujući u različitim svjetovima dvije skupine znanstvenika vide različite stvari i onda kada s iste točke gledaju u istom smjeru.

Ovakav stav neizbježno dovodi do pitanja može li u znanostima postojati jedna istina, ili svaka paradigma ima svoje istine. Paradigma koja istiskuje staru paradigmu i ustoličuje se na njenom mjestu svakako sebe vidi kao jedinu istinitu, štoviše kao progresivni skok prema istini, dok su svi drugi pristupi, kao i pristup napuštene paradigme, pogrešni, lažni, i baš zato napušteni.

Kuhn drži da su ljudi skloni kao znanost vidjeti svako ono područje u kojemu se događa napredak, fraze kao što su "znanstveni napredak" ili "znanstvena objektivnost" zapravo govore o pojmovima koji se podrazumijevaju kao subsumirani pod pojmom znanost. Kuhn štoviše smatra da je neka znanost, znanost zato što napreduje! Promatrano s aspekta znanstvene zajednice, rezultat uspješnog kreativnog rada *jest* napredak.

Tijekom razdoblja revolucije, kad su fundamentalni ciljevi jednog područja još jednom dovedeni u pitanje, često se izražavaju sumnje u mogućnost kontinuiranog napretka ako se usvoji jedna ili druga od suprotnih paradigmi, odnosno, ističe se mogućnost napretka ukoliko se usvoji ona paradigma za koju se određene grupe zalažu. Za zastupnike pobjedničke paradigme ishod revolucije mora, u najmanju ruku, biti napredak, a oni su samom svojom pobjedom u izvanrednom položaju da se pobrinu da budući članovi njihove zajednice vide prethodnu povijest na isti način

S druge strane, kada je jedna paradigma neprikosnovena u svom području ili u periodu normalne znanosti, znanstvena zajednica je iznimno djelotvoran instrument za rješavanje onih problema ili zagonetki koje njena paradigma definira. Uspjeh u rješavanju ovih problema ne može se vidjeti drugačije nego kao napredak.

* * *

Kuhn je započeo svoje istraživanje kao povjesničar znanosti otvorivši temeljna pitanja o razvitku znanosti i organizaciji znanja, znanstvenim zajednicama kao nositeljima ovog razvoja, njihovim uvjerenjima i htijenjima čime je njegov rad prerastao okvire povijesti

znanosti i posto nezaobilazan u razumijevanju čovjekovih intelektualnih napora i nastojanja.

Kuhnov teorijski model znanstvenog "progresa" George Ritzer¹ grafički je prikazao na slijedeći način

Ritzerova shema Kuhnovog teorijskog modela znanstvenog progresa

PARADIGMA I => NORMALNA ZNANOST =>
ANOMALIJE => KRIZA => REVOLUCIJA =>
PARADIGMA II =>

Temeljna ideja Kuhnovog teorijskog modela znanstvenog napretka je uvjerenje da je svaka znanost u jednom određenom vremenu određena jednom i samo jednom dominirajućom paradigmom. Taj period je za Kuhna period Normalne znanosti, odnosno to je period akumulacije znanja u kojem znanstvenici rade na artikulaciji i proširenju vladajuće paradigme. Tijekom vremena taj rad proizvodi anomalije ili, drugačije rečeno, dovodi do takovih nalaza koji ne mogu biti objašnjeni iz perspektive vladajuće paradigme. Te anomalije kumulativno se gomilajući, dovode do krize. Razrješenje krize je u znanstvenoj revoluciji koja dovodi u fokus novu paradigmu, čime proces ponovo započinje.

Iz ovog vrlo kratkog opisa Kuhnovog modela znanstvenog napretka vidljivo je da je najvažniji pojam u ovom pristupu pojam koji objašnjava kako normalnu znanost, tako i krizu, i revoluciju, pojam paradigme. Premda se Kuhn potrudio pojam paradigme sustavno pokazati kao nejasan i premda ga je zbog toga vrlo teško sustavno i jasno okarakterizirati, ipak su Kuhnu naklonjeni kritičari, kao Margaret Masterman (1970.) i Douglas Lee Eckberg u suradnji s Lesterom Hillom (1979.) uspjeli odrediti tri značenja ovoga pojma, značenja s kojima se i sam Kuhn suglasio, a to su shvaćanje paradigmi kao generalnih pretpostavki, kao disciplinarnе matrice i kao "primjera" koji pribavljaju prešutno praktično znanje.

Paradigme su dakle "načini za promatranje svijeta" opći kvazi-metafizički uvidi ili slutnje o tome kako fenomeni u nekom području znanstvenog istraživanja mogu biti viđeni i objašnjeni.

¹ Ritzer George: *Toward an Integrated Sociological Paradigm, The Search for an Exemplar and an Image of the Subject Matter*, Allyn and Bacon, Boston, 1981.

Međutim, valja to naglasiti, ovi kvazi-metafizički uvidi nisu dani kao neka posebna teorija, zato i jesu "kvazi" ili "kao da", već više kao jedan "zamišljeni kišobran" pod kojim su smještene brojne posebne teorije. "Zamišljeni kišobran" u toliko u koliko svaka od teorija uključenih u paradigmu pretpostavlja (najčešće implicitno) jedan ili više elemenata paradigme. Kada bi se elementi metafizičkih pretpostavki iz svih teorija izdvojili, oni bi uzeti zajedno činili jedan metafizički temelj na kojem počiva paradigma, ali kako se to nikada stvarno ne dešava, to ove kvazi-metafizičke pretpostavke ostaju prešutno priznate kao one pretpostavke koje poput kakvog "zamišljenog kišobrana" prekrivaju sve teorije uključene u pojedinu paradigmu. Kuhn tvrdi da u svakoj "zreloj" znanosti biti pripadnikom znanstvene zajednice znači prihvatiti vladajuću paradigmu. Jednom kada je jedna paradigma prihvaćena može se započeti s artikulacijom paradigme. To je period "brušenja značenja" temeljnih pojmova paradigme ili period normalne znanosti. Osnovno obilježje perioda normalne znanosti je da posebne teorije koje predstavljaju pokušaje artikulacije paradigme mogu biti i kritizirane i napuštene, ali istovremeno sama paradigma ostaje kao neosporna. To se odvija tako sve do onog trenutka dok se ne akumulira dovoljno anomalija koje blokiraju daljnji razvoj paradigme. Međutim, Kuhn nije nikada pokazao kako je ta točka u kojoj nastaje kriza određena i što zapravo ovdje znači "dovoljno".

Ali, kao što je već rečeno Kuhnov pojam paradigme nije određen samo kao kvazi-metafizički uvid. Jedna od dimenzija značenja pojma paradigme je ona koju Kuhn naziva "disciplinarnom matricom", To značenje pojma je sociološki najzanimljivije budući da: "disciplinarna matrica može biti viđena kao 'specijalna supkultura zajednice'"². Ona, naime, ne odgovara nikakvim eksplicitno izraženim vjerovanjima vezanim za pojedinu disciplinu, već se mora shvatiti kao, posebna upotreba znanstvenog jezika kojim se znanstveni jezik distancira od svakodnevne jezične prakse, gubi simbolički karakter i svodi se na kontroliranu kodifikaciju značenja kojom se u znanstvenim terminima impliciraju vjerovanja konkretne zajednice znanstvenika. To značenje

² Douglas Lee Eckberg and Lester Hill: The Paradigm Concept and Sociology: A Critical Review, *American Sociological Review* 1979., Vol. 44, str. 925-937.

je najbliže upotrebi pojma paradigme u smislu kodifikacije teorija³, ali se od tog shvaćanja značajno razlikuje po tome što "disciplinarnu matricu" ipak ne treba shvatiti kao jedno osviješteno polazište koje daje pravu težinu ulozi konceptualnih problema u izgradnji teorije, što je značenje paradigme kao osnove za kodifikaciju teorija, već prije kao jedan splet prešutno dogovorenih problema i mogućih solucija za njihovo razrješenje. Disciplinarnu su matrice uvijek implicitne i nikada posve artikulirane, što ih stavlja van mogućnosti znanstvene rasprave i one uvijek pripadaju onome što Kuhn označava kao koherentnost istraživačke tradicije znanstvene zajednice, ili intuitivno znanje o pravilima koje implicira neka paradigma.

U literaturi se vrlo često o ovoj implicitnoj vezi između paradigme i znanstvene zajednice govori kao o strukturalnom aspektu paradigme. Za razliku od njenog kognitivnog aspekta koji se odnosi na same nivoe značenja pojma paradigme, strukturalni aspekt se odnosi na samu sociološku bazu Kuhnove pozicije, ističući značenje znanstvene zajednice i značenje zajedničkih vjerovanja njenih članova kao ona strukturalna obilježja koja vrše permanentni pritisak u smjeru negativne determinacije ili ograničavanja znanstvenika na okvire paradigme kojoj pripadnošću baš toj zajednici pripada. Nažalost, Kuhn nigdje posebno ne određuje taj pojam zajednice definirajući njegove granice, odnosno kriterije koje neka skupina mora zadovoljiti da bi se mogla tretirati kao znanstvena zajednica. To je razlog da ne znamo da li je ta znanstvena zajednica određena životom znanstvenika u istom gradu, njihovim pripadanjem istoj jezičnoj zajednici, državnim granicama, ili nečim drugim. No, bez obzira na to, nesumnjivo je daje ideja "disciplinarnu matricu kao specifične supkulture znanstvene zajednice" zanimljiva sa sociološkog stanovišta i sigurno je daje zanimljivo pitati koliki su utjecaji određenog podneblja, jezične zajednice, stručnih društava, određene jezika i vjerovanjima, omeđene znanstvene javnosti na vjerovanja pojedinog znanstvenika. Također bi bilo zanimljivo saznati kako suvremena sredstva komunikacija, tisak, televizija, Internet, prevođenje knjiga, slučajevi interdisciplinarnih istraživanja, vrše utjecaj na ova vjerovanja. Kako je nesumnjivo da ti utjecaji postoje, pitanje je mogu li

³ Robert K. Merton: *O teorijskoj sociologiji*, CDD, Zagreb, 1970.

se ta vjerovanja smatrati do te mjere rigidnim (otpornim na promjene) kako ih je Kuhn opisao.

Najrestriktivnija upotreba pojma paradigme i ono čime joj je stvarno pripisana rigidnost, rezervirana je međutim za nivo značenja paradigme koji Kuhn zove "primjer". Pod pojmom "primjera" Kuhn misli na "inicirajući, konkretni problem i njegovo rješenje, koje student susreće od samog početka svog znanstvenog obrazovanja, a koje ga kasnije kao znanstvenika neprestano usmjerava preko znanstvenih tekstova, istraživačkih izvješća. To je ono prešutno znanje o tome kako se nešto radi, i što se radi kada se to nešto radi. To je ono što bismo mogli razumjeti kao život određen tradicijom, ali bez svijesti da se radi o tradiciji, već naprosto određen u djelovanju prešutnim znanjem o tome "kako nešto treba raditi". Upravo obzirom na tu određenost "tradicijom" ovo značenje pojma paradigme učvršćuje rigidnost tog pojma sve do međusobne nesumjerljivosti ili nemogućnosti komunikacije među paradigrama.

Međutim, ovo značenje je istovremeno i najproblematičnije od sva tri navedena. Teško je, naime, vjerovati daje znanstveno nastojanje moguće kao "rutina", odnosno vjerojatnije je da se znanstvenik prema "primjerima" kao konkretnim "inicirajućim problemima i anticipiranim rješenjima", odnosi stvarno kao prema tradiciji. Odnositi se prema nekom činitelju ne naprosto tako da se "čini kao što se prije činilo" već kao prema tradiciji, znači zauzeti stav, osvijestiti u sebi da se to upravo tako činilo kako se činilo, od prešutnog znanja doći do svjesnog znanja i kritičkog odnosa. Po mom mišljenju primjena znanstvene metode zahtijeva kritički odnos prema vlastitim i tuđim pojmovima, prema vlastitim i tuđim instrumentima mjerenja i logičkim shemama. To zapravo znači da znanstvenici uvijek iznova definiraju pojmove, odnosno konstruiraju mjerne instrumente. A ako je to tako, onda "primjer" ostaje značajan za znanstveno nastojanje. On vrši funkciju usmjeravanja, ali ne slijepog i ne na "rutinu", već samo u smislu rasvjetljavanja horizonta spoznatog kako bi se lakše određivale granice i prepreke koje tek treba prijeći. Ukratko, po mom mišljenju, ako u znanosti postoji tako nešto kao što je Kuhново razumijevanje paradigme kao "primjera", ono naša znanstvena nastojanja ne vodi slijepo i "rutinski", već tumačeći horizont znanošću obuhvaćenog iskustva utječe na naše razumijevanje djelujući dakle, hermeneutički.

Hermeneutički ovdje znači da se ne radi o metodi i o logičkom određivanju valjanog promišljanja, već o razumijevanju za koje se ne može dati nikakav poseban napatuk, odnosno za koje je nemoguće iznaći valjane kriterije valjanosti. U tom smislu svako moguće razumijevanje koje ovdje nastaje jednako je valjano, premda može biti različito heuristički vrijedno. Naime, po mom mišljenju, jedan od ključnih problema Kuhnovog promišljanja paradigme kao "primjera" jest u tome što on kao prešutno znanje sugerira ideju o nesvjesnom usvajanju modela i metode pristupa problemima, pristupa koji se nakon što je nesvjesno usvojen primjenjuje na novo područje istraživanja gdje bi trebao generirati nove probleme i sugerirati njihova rješenja, a metode koje generiraju probleme izvan pretpostavljenog područja rješenja, dakle, one koje generiraju anomalije, nužno zahtijevaju vlastito osvješćivanje. Kako svi modeli i sve njima pripadajuće metode neprestano nailaze na anomalije, sasvim je izvjesno da oni nužno upućuju znanstvenika na to da ih pokuša reinterpretirati.

U odnosu na primjere može se Kuhnu uputiti još jedan značajan prigovor, usko povezan s prethodnim. Kuhn, naime nije objasnio kako nastaju anomalije s obzirom na upotrebu "primjera", točnije rečeno kako je moguće da "iniciranje konkretnih problema i anticipacija njihovih rješenja", rigidni kakvim ih Kuhn zamišlja, uopće proizvedu anomalije koje ćemo kao takve prepoznati, ako su oni ništa više nego prešutno znanje. Naime, zar anomalija neće prije dovesti u pitanje način postavljanja problema, dakle metodu, nego anticipirano rješenje, dakle teoriju. Ako je to tako, ili ćemo se prema primjerima odnositi kritički, ili nećemo priznati nikakvih anomalija.

Gomilanje anomalija, po Kuhnovu mišljenju izaziva krizu. Za vrijeme krize znanstvenici počinju shvaćati ozbiljno alternativne paradigme i ako jedna od tih alternativa dokaže da je empirijski mnogo uspješnija nego prethodna paradigma, tada se po Kuhnovu mišljenju zbiva znanstvena revolucija koja ustoličuje novu paradigmu, čime počinje drugi period normalne znanosti. Međutim, pitanje koje se mora postaviti jest otkud sad najednom te alternativne paradigme, da li su one tu bile sve vrijeme, a ako jesu tko ih je i gdje razvijao, ili su se tek sada pojavile? Ako su se tek sada pojavile, kako i otkuda su nastale? Izvjesno je da su nastale u kritičkoj oporbi spram vladajuće

paradigme, ali kako i zašto je najednom došlo do ove kritike i da li je došlo najednom ili postepeno? To su međutim pitanja na koja nećemo naći odgovore kod Kuhna.

Pa ipak, pored svih ovih i inih kritičkih opservacija ima prilično toga što je vrijedno u Kuhnovom pristupu. On jasno prepoznaje da su i ostali tipovi teorije, osim empirijske, kognitivno i heuristički značajni. Ističući kvazi-metafizičku pretpostavku kao osnovu na kojoj počiva svaka verifikacija teorije, Kuhn zapravo ukazuje na vezu teorija s konceptima pomoću kojih su teorije kao teorije izvedene, čime se pojam teorije postavlja znatno šire od uobičajenog izjednačavanja znanstvene i empirijske teorije. Nadalje, Kuhn je korektno odbacio shvaćanje o znanstvenom progresu kao jednolinijskom kumulativnom procesu, međutim i pored svoje velike snage, Kuhnov model znanstvenog progressa pati kako od konceptualnih teškoća na koje smo ukazali, tako i od nekih čisto empirijskih teškoća. Tako su npr. Feyerabend⁴ i mnogi drugi iznijeli povijesne netočnosti Kuhnovih uvjeta pokazujući da je svaki glavni period u povijesti znanosti okarakteriziran istovremenom koegzistencijom brojnih suparničkih paradigmi, od kojih ni jedna ne ostvaruje hegemoniju nad područjem, odnosno pokazujući da je takovih perioda u povijesti znanosti koje Kuhn opisuje kao "normalnu znanost" teško i gotovo nemoguće naći. Nije samo "normalna znanost" bila meta ovih kritika, brojni prigovori su se odnosili i na Kuhnov pojam "nesumjerljivosti" ili nemogućnosti komuniciranja među paradigama s argumentima o neprestanom i kontinuiranom raspravljanju među znanstvenim zajednicama o temeljnim pretpostavkama svake paradigme. Brojne su kritike također upućene arbitrarnosti Kuhnove teorije kriza, naime, teškoći oko određenja točke krize, ili "dovoljnog" broja anomalija.

Premda se u samom Kuhnovom radu fokusiraju "tvrde" prirodne znanosti, a malo se kaže o "mekim" društvenim znanostima, ovaj teorijski model razvoja znanostije imao znatan utjecaj na metateoriju društvenih znanosti. Pojam paradigme, premda nastao primjenom sociološke analize na djelatnost prirodnih znanosti, je upravo mnogim autorima u društvenim znanostima, čim su saznali za njega, izgledao

⁴ Paul Feyerabend: *Consolations for the Specialist*, objavljeno u: *Criticism and the Growth of Knowledge*, uredili Lakatos i Musgrave, Cambridge University Press, Cambridge, 1970.

kao obećani alat baš za izučavanje društvenih znanosti. Tako je Searle (1972.) upotrijebio ovaj Kuhnov pojam u lingvistici, a Stanfield (1974.) u ekonomiji. Kuhnova perspektiva ipak je najsnažniji odjek imala u svom vlastitom ishodištu, u sociologiji. Nedugo nakon izlaska iz tiska Kuhnovog najznačajnijeg rada *The Structure of Scientific Revolutions*, Robert Friedrichs tiskao je prvi važan rad iz Kuhnove perspektive *A Sociology of Sociology* (1970.). Od tada pojavilo se prilično mnogo radova u ovoj maniri, stoga spomenimo samo one najranije, kao stoje rad Lodahla i Gordona (1972.), Friedrichsa (1972.), Effrata (1972.), Phillipsa (1973.), Ritzera (1975.), Eisenstadta i Curelarea (1976.), Snizeka (1976.), Strassera (1977.), Burrela i Morgana (1979.) i mnogih drugih od kojih ću spomenuti samo neke naše autore, a to su Šušnjić (1971.), Šćepanović (1976.) i Kuvačić (1977.). Ovdje bi se moglo nanizati još mnogo imena autora čiji su se radovi pojavili u osamdesetim i devedesetim godinama, ali i brojnost navedenih sasvim je dostatna da možemo zaključiti kako je nesumnjivo da je zadnja tri desetljeća Kuhnova teorija znanstvenog progressa dominirala sociologijom.

Sociolozi koji su, i pored svih gore navedenih slabosti i nejasnoća, pojam paradigme doživjeli kao obećani alat za promišljanje odnosa socioloških teorija i socioloških orijentacija, u svom pokušaju analitičke upotrebe pojma paradigme najčešće su reducirali ili zanemarili neke od nivoa značenja koje je pojmu pripisao Kuhn. Posebno se na udaru njihove revizije našao nivo značenja koje Kuhn naziva "primjer".

Odbijanje razumijevanja paradigme kao "primjera" i tretiranje paradigmi kao otvorenih za međuparadigmatski dijalog nije slučajno; to su naime bile upravo glavne točke i najčešće mete kritike Kuhnovog koncepta, kritike na osnovi kojih su nastali neki drugi Kuhnom inspirirani koncepti znanstvenog progressa, koncepti koji su po mom mišljenju mnogo primjereniji za analiziranje statusa sociologije, odnosno, pozicije socioloških teorija od gore opisanih pokušaja upotrebe Kuhnovog radnog okvira koji u odnosu na sociologiju može samo konstatirati njenu "znanstvenu nezrelost".

Odbijanje određenog nivoa značenja Kuhnovog pojma paradigme zapravo nije drugo do njegovo odbacivanje; to je odbacivanje Kuhnovog pojma čak i onda kada se pojam paradigme kao takav i dalje upotrebljava. Pojam paradigme, naime, i nije izvorno Kuhnov, a ono

što je u pojmu paradigme izvorno Kuhnovo su upravo nivoi značenja koji taj pojam određuju na sasvim specifičan način. Upravo zato je odustajanje od pojedinog nivoa značenja koje Kuhn daje pojmu paradigme u stvari odustajanje od Kuhnovog pojma paradigme.

Kao što smo mogli vidjeti, za Kuhna je znanost u svom temelju društveni pothvat. Znanstvenici su pripadnici konkretne znanstvene zajednice u kojoj nastaju važni uvjeti za održavanje i zadržavanje ove pripadnosti. U znanstvenoj zajednici nastaje opća podanička privrženost pojedinoj znanstvenoj paradigmi koja predstavlja "čitavu konstelaciju uvjerenja, vrijednosti, tehnika itd., koje dijele članovijedne date zajednice". Članstvo u zajednici uključuje suglasnost s njenim pogledom na svijet i s njenom koncepcijom o tome što čini znanost i kako se ona mora raditi. Najhitniji u ovom kontekstu je stav da se za zajednicu smatra da posjeduje takvu temeljnu bit kao stoje kriterij za istinu, verifikaciju, valjanost, objektivnost i potvrdu znanja.

Među ove, gore navedene kriterije, svakako treba dodati i razumijevanje same dane paradigme kao progresu, jer znanstvena zajednica koja je uspjela uspostaviti svoju paradigmu u smislu navedenih kriterija za istinu, verifikaciju, valjanost, objektivnost i potvrdu znanja, neće, po Kuhnovom mišljenju, nikada kao grupa reći: "... da je rezultat njene pobjede bilo nešto manje od progresu."

Iz ovoga slijedi zaključak da istina za Kuhna nije ništa drugo do jedna voluntaristički određena konstrukcija pojedinačne znanstvene zajednice u smislu da uspon do istine odgovara paradigmatom skladu standarda zajednice, a ne kao što se to obično smatra u okviru "zdravog razuma" i "pozitivističkog intelektualnog miljea" demonstraciji korespondencije pojmovno teorijskog mišljenja s "objektivno danom" realnošću. Istina tako postaje stvar konsenzusa, a kako to sam Kuhn kaže "član jedne zrele znanstvene zajednice je nalik na tipičnu osobu Orwellove 1984., žrtva povijesti koja je iznova pisana od strane trenutačno vladajućih sila". Ako ovu sugestiju uzmemo ozbiljno ono što je tada važno za teoriju nije to kako ona odgovara nekom pretpostavljenom (shvatili ga mi kao proizveden ili kao već dan) svijetu realnosti, odnosno svijetu "činjenica", već kako ona (teorija) odgovara paradigmi. Afirmiranje shvaćanja da paradigma određuje čak i tako ključne elemente znanstvenog istraživanja kao

što su "znanstvene činjenice" uzima se vrlo često kao jedan od najznačajnijih Kuhnovih doprinosa sociologiji znanja, odnosno, kao jedna od najznačajnijih kritika pozitivizma sa aspekta sociologije znanja⁵. Ako paradigme sugeriraju ne samo koje probleme treba rješavati, već i anticipiraju vjerojatna rješenja ovih problema, odnosno daju preporuke što raditi kada ova rješenja nisu nađena, to zapravo znači da paradigme uspostavljaju "činjenice".

Implikacija ove ideje je uvjerenje da teorije možemo kategorizirati slijedeći paradigme u kojima su one smještene⁶, što je sa svoje strane vjerojatno, uvjetovalo gore navedene pokušaje kategoriziranja socioloških paradigmi kako bi se dobio uvid u opsežne i brojne teorijske razlike u suvremenoj sociologiji. Međutim, ovo je išlo protiv Kuhbove intencije, budući da koncept paradigme kako ga je Kuhn razradio ne samo što zahtijeva da u "normalnoj znanosti" dominira jedna paradigma, već smatra nemogućim uspostavljanje međuparadigmatskog dijaloga, jer: "ljudi koji zastupaju nesumjerljive poglede treba smatrati članovima različitih jezičnih zajednica, a njihove probleme komunikacije analizirati kao probleme prevođenja", a "prevesti neku teoriju ili pogled na svijet na vlastiti jezik ne znači učiniti ih svojom vlastitošću". Ukratko, teorijski uvid u brojne i opsežne teorijske razlike u sociologiji nemoguće je dobiti primjenom pojma paradigme jer: ako jedna paradigma - otkuda razlike, ako ima više paradigmi - mi smo osuđeni razumjeti samo teorije one paradigme kojoj silom prilika pripadamo.

Iz ovoga je očigledno zašto se Kuhn ne slaže s Popperom i Lakatosom kada oni tvrde da je moguće ustanoviti kritički eksperiment koji treba odlučiti koja je od dviju teorija bliža istini. Za Kuna je to besmisleno, posebno kada su te teorije generirane iz različitih paradigmi. Ovo je tako sve dok paradigma određuje čak i tako fundamentalan stav kao stoje konstatiranje "činjenica"⁷.

Većina kritičara Kuhbove koncepcije slaže se u stavu daje najveći nedostatak ove koncepcije teza o monopolskom položaju vladajuće paradigme, naime, teza o nemogućnosti istovremenog postojanja u

⁵ A. J. Lally: *Positivizam and its Critics*, objavljeno u *New Directions in Sociology*, D. C. Thorns (ur.) Rowman and Littlefield, Totowa, New Jersey, 1976., str. 176.

⁶ John Wilson: *Social Theory*, Prentice-Hall, New Jersey, 1983.

⁷ A. J. Lally: *Positivizam and its Critics*, objavljeno u *New Directions in Sociology*, D. C. Thorns (ur.) Rowman and Littlefield, Totowa, New Jersey, 1976., str. 58.

ravnopravnom statusu više paradigmi, s čime je povezana tvrdnja o nesumjerljivosti među paradigama. Kuhn naime paradigmi, kao što kaže Martins⁸, pripisuje svojstvo "psihološke jedinstvenosti".

U odstupanju od Kuhnovog pojma paradigme i posebno u odstupanju od paradigmi pripisane "psihološke jedinstvenosti" nastala su drugačija viđenja znanstvenog progressa. Od ovih različitih reinterpretacija Kuhna najzanimljiviji su "Istraživački programi" Imrea Lakatosa i "Istraživačke tradicije" Larrya Laudana.

Kao odgovor na Kuhnov pokušaj Imre Lakatos je razvio jednu paradigmi alternativnu teoriju "Istraživačkih programa". Istraživački programi sastoje se iz tri elementa:

1. "Tvrdo jezgro" (ili negativna heuristika) koje je sačinjeno od onih temeljnih pretpostavki koje ne mogu biti odbačene ili modificirane bez odricanja od samog istraživačkog programa.
2. Pozitivna heuristika" koja sadrži djelomično artikulirane nizove sugestija ili aluzija o tome kako mijenjati, modificirati, sofisticirati naše specifične teorije kada ih želimo potvrditi.
3. Treći element su same teorije koje su dane kao serije teorija T1, T2, T3 itd., gdje svaka slijedeća teorija rezultira iz dodavanja pomoćnih klauzula prethodnoj teoriji. Takve teorije su specifično iskazivanje generalnog istraživačkog programa (Lakatos, 1970., 133-135.)

Lakatos dijeli istraživačke programe na progresivne i regresivne, pri čemu je progres, prije svega, određen posjedovanjem većeg "empirijskog sadržaja" ili "većeg stupnja empirijske podrške".

Ono što je u Lakatosevoj teoriji "istraživačkih programa" najvažnije je njegova tvrdnja kontra Kuhnove "psihološke jedinstvenosti paradigmi", odnosno, tvrdnja o mogućnosti postojanja nekoliko alternativnih istraživačkih programa u isto vrijeme u istoj domeni. Lakatos također ne insistira na tome da mi možemo objektivno komparirati relativan progres međusobno takmičećih istraživačkih programa, što je po njegovom mišljenju prilično jednostavno s obzirom na kriterije za progres koji su sadržani u empirijskom sadržaju i stupnju empirijske podrške.

⁸ H. Martins: The Kuhnian Revolution and Its Implication for Sociology, objavljeno u T. J. Nossiter, A. H. Hanson and S. Rokhan: *Imagination and Precision in the Social Science*, Faber & Faber, London, 1972.

Kuhnu se često prigovaralo da nije riješio odnos između paradigmi i teorija. Lakatos je ovaj prigovor "relativno" otklonio, međutim način na koji je on riješio međusobni odnos teorija koje pripadaju jednom istraživačkom programu zaslužuje ozbiljan prigovor. Lakatos, naime, određuje relaciju između svake teorije i njenih nasljednika u istraživačkom programu kao relaciju koja je određena dodavanjem novih pretpostavki ili semantičkom reinterpretacijom termina iz prethodne teorije. To, kako upozorava Larry Laudan, znači da dvije teorije mogu biti u istom istraživačkom programu samo ako jedna od njih slijedi iz druge⁹.

Međutim, najznačajnija kritika upućena Imreu Lakatosu i njegovoj teoriji "istraživačkih programa" je ona upućena od Lerrya Laudana. Lakatosevoj tvrdnji o nemogućnosti racionalnog izbora među istraživačkim programima, čime je zapravo istaknuta bliskost pojma "istraživačkog programa" Imrea Lakatosa i pojma "Paradigme" Thomasa Kuhna.

Kuhnu se često predbacuje daje analizom strukture znanstvenih revolucija radikalno relativizirao spoznajnu ulogu znanosti, ukazujući na njezinu ovisnost o vjerovanjima društvene grupe a ne o ontološkoj istini izučavane prirode. Međutim, ne treba zaboraviti da je Kuhn evolucionist i da on vjeruje u razvojni slijed teorija koje su međusobno povezane svojim porijeklom. Što više Kuhn je uvjeren da ukoliko razmatramo bilo koje dvije teorije koje pripadaju jednoj liniji razvoja možemo lako sastaviti popis kriterija koji bi neangažiranog promatrača osposobio da uvijek razlikuje raniju od novije teorije. Među najkorisnije takve kriterije, po Kuhnovom mišljenju, spadali bi:

- točnost predviđanja, posebno onih kvantitativnih,
- ravnoteža između ezoteričkog i svakidašnjeg predmeta,
- broj različitih riješenih problema,
- jednostavnost,
- raspon i kompatibilnost s drugim specijalnostima,

itd.

⁹ Larry Laudan: *Progress and Its Problems; Towards a Theory of Scientific Growth*, Routledge & Kegan Paul, London and Henley, 1977., str. 77.

Kuhnova pozicija dakle nije relativistička. Za njega znanstveni je razvoj, kao i biološki, jednosmjernan i nepromjenjiv proces. Kasnije znanstvene teorije su za rješavanje zagonetki u onim često sasvim drugačijim sredinama na koje se primjenjuju bolje od ranijih. Nije evolucija ono što je za Kuhna sporno već je to razumijevanje evolucije kao koherentnog pravca ontološkog razvoja koji je usmjerena prema unaprijed utvrđenim i znanim ciljevima.

Kuhnovo razumijevanje evolucije znanosti slijedom znanstvenih revolucija izloženo u knjizi *Struktura znanstvenih revolucija*, dokinulo je klasično razumijevanje znanstvenog napretka u kojem je svaki novi stupanj evolucijskog razvoja predstavljao savršeniju realizaciju jednog plana koji je bio prisutan od samog početka. To je upravo ono evolucijsko stajalište koje je, kao svoju vlastitu ideju evolucije a za razliku od Lamarcka, Chambersa, Spencera i njemačkih prirodnih filozofa, izložio Darwin (1859.) odbacujući teološku evoluciju, tojest razumijevanje evolucije kao procesa koji je usmjeren prema unaprijed, Božjim planom ili razumijevanjem prirode, zacrtanom i određenom cilju. I baš kao što Darwin u *Porijeklu vrsta* ne priznaje nikakav skup ciljeva, bilo Božjih ili prirodnih, tako i Kuhn sagledava razvoj znanosti tijekom kojeg se ne priznaje nikakavjednom uspostavljeni skup ciljeva i uvjerenja. Ijednako tako kako je tojednom bilo nakon Darwinowe artikulacije evolucijske teorije, tako se i nakon Kuhnove eksplikacije povijesti znanosti mi ponovo danas pitamo: Što mogu značiti "evolucija", "razvoj" i "napredak" u odsutnosti specificiranog cilja? Ovi termini se ponovo ijošjednom iznenada čine proturječnima sami po sebi.

Zagreb, rujan 1999.

Vjekoslav Afrić

Kazalo pojmov i imena

A

ad hoc 25,42,90,95
Alfonso X 80
Arhimed 28, 133
Aristarh 86
Aristotel 16, 23, 28, 36, 60, 78, 78-80,
83, 128-135, 129, 130, 131, 132, 134,
141,151,157,214

B

Bacon, Sir Francis 28, 31,179
Black, J. 28, 81
Boyle, R. 28,40,53, 150-152
Brahe, Tycho 38, 165

C

Clairaut 93
Coulomb, C. 33,40-41,45,47,48

D

Dalton, J. (i/ili Daltonova kemija) 90,
117,138-143,148,150,189,201
Darwin 180
Darwin, C. 32, 160, 180, 189
De Broglie, L. 167
Descartes, R. 53, 60, 115,130, 136,
157, 158, 203

E

Einstein, A. 25,56,91-92,95,98,
101-102, 109, 110, 112-113, 118,
151, 158-159, 162, 172, 174, 189,
192,214
elektricitet 17,26-27,29,30-34,59,
72-73,84,116-118,127-128,188
esencijalna napetost 91
ezoterični problemi 36

F

flogiston 64-71,81-83,91,97,110-111,
113,117,131,165
Franklin, B. 23, 26, 27, 30, 32, 73,
128, 131

G

Galilei, Galileo 17,43,60,78,128-134,
141,148-149,198
Geologija 23, 34,60
gestalt prebacivanje 97, 121-125,127,
130, 132
godišnja stelarna paralaksa 38

H

Hutton, J. 28

J

jezik opažanja 134-135,138

K

Kelvin, Lord 60, 70, 104, 159
Kepler, J. 42,99, 161-162, 164
konceptualne ladice 19, 160
Kopernik 11, 20,78-81, 84-86,91,94,
95,104,126-127,138,158,161-165,
189,208
kriza 78-87,92,93-94,96-98,189-190
kumulativni proces 17,96,106
kvantna teorija 60-62,95, 100, 106,
119, 172, 194

L

Lavoisier, A. 20, 23, 36, 56, 65-68,
70-77, 80, 82, 91, 98, 100, 104, 117,
128, 130, 139, 151, 156, 157, 162,
166, 172
Leibniz, G.W. 60,83
leydenska boca 30, 72-73, 116, 128,
138
lunarno kretanje 42,51,93
Lyell, Sir Charles 23

M

Maxwell, J. C. 36, 52, 56, 60, 69, 78,
84-85,91,94, 117, 119, 190
Merkur 93, 164

N

napredak 31-32,49, 169-217
nepravilnosti 73-75, 78, 89, 90, 93-94,
94,111, 132,194-195
neuobičajena znanost 94-101
neusporedivost 114,122,157,159,
206-212
neutrino 38,99
Newton, Sir Isaac 20,23,24-26,38-40,
246

42-44, 51, 56, 60, 78, 79, 82, 83, 85,
90,91,93, 108-110, 112-119, 130,
148-149, 150, 157-159, 162, 166,
174, 189, 190, 196,214
normalna znanost 19, 23, 36-46, 92
nuklearna fisija 71

O

opažanje 123
opovrgavanje 21,89,92, 153, 155-156
optika 24-26, 29, 34, 51, 59, 98, 100,
106, 163,188
otkriće 64, 72, 107-108
otpor 73, 75, 95, 160

P

paradigma 23,27, 30-32, 35, 55-57,
190-199
izbor 105, 119-120
Pauli, W. 95
Planck, Max 25, 160,162
planet 37, 138
prešutno znanje 56, 200
Priestley, J. 64-68, 69, 70, 71, 77, 81,
91, 97, 99, 100, 128, 130, 159, 165
Ptolomej 23, 36, 78-80, 86, 94, 109,
125, 163, 164

Q

Quine.W.V. O. 8

različiti svjetovi 128,159
revolucije u znanosti 19-22, 103-109
111-113
rješavanje zagonetki 48-51

Roentgen, W. 68,69, 104
roentgenske zrake 68, 69, 70, 72, 104

S

Scheele, C.W. 64,66,81
slaganje 24,28
slaganje/konsenzus 162,170,181-182

U

udžbenici 145-147
Uran (planet) 125-127

V

Venera (planet) 163

W

Wittgenstein, L. 56,57

Z

znanstvena zajednica 175-180,185-190,
193-196
zrele znanosti 23, 36, 80

Posebno izdanje

Izdavač

Naklada Jesenski i Turk

Za izdavača

Mišo Nejašmić

Urednik izdanja

Vjekoslav Afrić

Prijevod i lektura

Mirna Zelić

Grafički urednik

Mario Ostojić

Izrada omota

Božesačuvaj

Tisak

Zrinski d.d., Čakovec

ISBN 953-222-068-2

UDK 1:001/001.38

KUHN, Thomas Samuel

Struktura znanstvenih revolucija / Thomas S. Kuhn ; < prijevod
Mirna Zelić>. - 2. izd. - Zagreb : Naklada Jesenski i Turk, 2002.
(Posebno izdanje)

Prijevod djela : The structure of scientific revolutions. - Bibliografske
bilješke uz tekst. - Kazalo.

ISBN 953-222-068-2

I. Znanost - Filozofsko gledište
420711031

Copyright © Naklada Jesenski i Turk

Naklada Jesenski i Turk, Vlaška 10, Zagreb, tel/fax: 01 48 16 574;

naklada@jesenski-turk.hr,

www.jesenski-turk.hr