

THOMAS S. KUHN:

AZ ÚT A NORMÁL-TUDOMÁNYHOZ

(The Structure of Scientific Revolutions, The University of Chicago Press, Chicago–London, 1962. c. könyv 2. fejezete pp. 10–22.)

A „normál-tudomány” olyan kutatást jelent, mely szorosan egy vagy több múltbéli tudományos eredményen alapul, olyan eredményeken, amelyeket egy adott tudományos közösség egy időre további tevékenységének alapjaként ismer el. Manapság alapfokú és szaktudományos kézikönyvek összegezik ezeket az eredményeket, ha nem is mindig eredeti formájukban. A kézikönyvek részletesen ismertetik az elfogadott elmélet felépítését, sikeresnek bizonyult alkalmazási területei vagy ezek egy részét, és ezeket példaszerűen bemutatott megfigyelésekkel és kísérletekkel vetik egybe. Mielőtt az ilyen típusú könyvek a tizenkilencedik század elején népszerűvé lettek (ami a később kibontakozott tudományokban még későbbi fejlemény), hasonló funkciókat töltött be a tudomány sok híres klasszikusa. Arisztotelész Fizikája, az Almageszt Ptolemaiosztól, Newton Principiája és Optikája, Franklin Elektromossága, Lavoisier Kémiaja és Lyell Geológiája – hosszú ideig implicit módon ilyen művek határozták meg az elkövetkező kutatógenerációk számára az adott kutatási terület legitim problémáit és módszereit. Két lényeges jellemző tette őket alkalmassá erre. Eredményeik újszerűsége képes volt elhódítani a követők egy kitartó csoportját a tudományos tevékenység versengő irányzataitól. Egyszersmind eléggé nyitottak voltak ahhoz, hogy a kutatók újonnan kirajzolódó csoportja számára mindenféle megoldásra váró problémát hagyjanak.

Az ilyen tudományos teljesítményeket a továbbiakban „paradigmának” nevezem, s ez az elnevezés szorosan kapcsolódik a „normál-tudomány” fogalmához. Azt szeretném ezzel az elnevezéssel kifejezésre juttatni, hogy a tudományos gyakorlat bizonyos bevett példái – melyek magukban foglalnak törvényt, elméletet, alkalmazást és kutatási eszközöket – modellként szolgálnak a későbbiekben a tudományos kutatás különböző koherens tradíciói számára. Olyan tradíciókra gondolok, amelyeket a történészek a „ptolemaioszi (vagy ’kopernikuszi’) asztronómia”, „arisztotelészi (vagy ’newtoni’) dinamika”, „korpuszkuláris vagy hullám-optika” és hasonló címszavakkal jellemezik. A kezdő kutatót ilyen paradigmák – a felsoroltaknál többnyire jó-

val specializáltabbak – tanulmányozása készíti fel arra, hogy beilleszkedjen abba a tudományos közösségbe, ahol később dolgozni fog. Minthogy ott olyan emberekhez csatlakozik, akik tudományszakjuk alapjait ugyanazon konkrét modellekből tanulták, későbbi tevékenysége csak ritkán vezet nyílt szakításhoz az alapproblematikát illetően. Olyan emberek együtteséről van szó tehát, akiknek a kutatása mindannyiuk által elfogadott paradigmákon alapul, akik elkötelezték magukat a tudományos gyakorlat ugyanazon szabályai és mintaképei mellett. Ez az elkötelezettség és az így létrejövő látszólagos konszenzus az előfeltétele a normál-tudomány létrejöttének, vagyis egy meghatározott kutatási tradíció genezisének és folytatódásának.

Mivel esszémben a paradigma fogalma gyakran helyettesíti a megszo-
kott fogalmak sorát, többet kell szólnunk bevezetésének okairól. Miért elő-
sődleges a konkrét tudományos eredmény – mint a szakmai elkötelezettség
locus-a – a különböző, abból elvonatkoztatható fogalmakhoz, törvények-
hez, elméletekhez és nézőpontokhoz képest? Milyen értelemben alapvető
egység a közösen elfogadott paradigma a tudományos fejlődés kutatója szá-
mára, méghozzá olyan egység, amely nem bontható le olyan elemi logikai
alkotókra, amelyek helyette funkcionálhatnak?

Mielőtt rátérnék e problémák elvontabb magyarázatára, néhány konk-
rét példával szeretném bemutatni a normál-tudományt és a paradigmák mű-
ködését. A két egybekapcsolódó fogalom tisztázását segíti annak figyelem-
be vétele is, hogy létezik olyan tudományos kutatás, mely nem igényel pa-
radigmákat, legalábbis olyan egyértelmű és kötelező paradigmákat, mint a
fentebb megnevezettek. A paradigma kidolgozása és az ezáltal lehetővé tett
alaposabb kutatásokhoz való eljutás minden tudományos területen a fejlődés
érettségének a jele.

Ha a történet az összefüggő jelenségek bármely tetszőleges csoport-
jára vonatkozó tudományos ismeretek történeti eredetét kutatja, valószínű-
leg az itt a fizikai optika történetével illusztrált modell valamilyen változa-
tával találkozunk majd. A mai fizikai kézikönyvekben az áll, hogy a fényt
fotonok adják, azaz olyan quantum-mechanikai egységek, amelyek a hullám-
ok és a részecskék bizonyos jellemzőivel bírnak. A kutatás ennek megfele-
lően, vagy méginkább annak a jóval kidolgozottabb és matematikai jellem-
zésnek megfelelően halad előre, amelyből a fenti szokványos megfogalma-
zás is ered. A fénynek ez a jellemzése azonban alig fél évszázadra tekinthet
vissza. Mielőtt Planck, Einstein és mások révén e század elején megszületett
volna, a fizikai irodalom azt tanította, hogy a fény keresztirányú (tranzver-
zális) hullámmozgás, mely tan egy a Young és Fresnel tizenkilencedik szá-

zad eleji fénytani írásaiból származtatott paradigmában gyökerezik. De még csak nem is a hullámelmélet volt az első olyan magyarázat, amelyet valaha az optikai tudomány szinte valamennyi művelője elfogadott. A tizenhét század folyamán e terület számára a paradigmát Newton Optikája szolgáltatta, mely azt tanította, hogy a fény anyagi testecskekből áll. Abban az időben a fizikusok bizonyítékot kerestek azon nyomásra vonatkozóan, amit a fényrészecskék szilárd testeknek ütközve fejtettek ki¹ (mint-hogy ilyen, a hullámelmélet korai követőinek nem állt rendelkezésére).

A fizikai optika paradigmáinak ezek az átalakulásai tudományos forradalmak, az érett tudomány szokásos fejlődési módja, hogy egymás után térnek át az egyik paradigmáról a másikra, forradalom útján. Nem ez a helyzet azonban a Newton munkásságát megelőző időszakban, és itt bennünket épp ez a szembeállítás érdekel. A távoli antikvitástól a tizenhetedik század végéig egyetlen időszakban sem rendelkeztek általánosan elfogadott nézettel a fény természetéről. Ehelyett számos egymással versengő iskola és alirányzat létezett, melyek többsége az epikuroszai, arisztotelészi vagy platonai elmélet egyik vagy másik variánsa körül formálódott. Az egyik csoport a fényt olyan részecskéknek tartotta, melyek anyagi testekből erednek; a másik számára a fény azon médium módosulása volt, mely a test és a szem közt közvetít; egy további csoport pedig a fényt e médium és valamiféle a szemből jövő áramlás kölcsönhatásaként magyarázta; mindemellett még számos kombináció és változat létezett. Az iskolák mindegyike valamilyen metafizikai rendszerhez kapcsolódásából merítette erejét, s mindegyik paradigmatis megfigyelésként emelte ki az optikai jelenségeknek azt a sajátos csoportját, melyre saját elmélete a leginkább magyarázatot tudott adni. Más megfigyeléseket *ad hoc* eszmefuttatásokkal intéztek el, vagy megoldatlan problémaként a jövőbeni kutatás számára hagyományozták őket.

Ezek az iskolák az idők folyamán valamennyien hozzájárulást tudtak adni a fogalmak, jelenségek és technikák azon *corpus*-ának a létrejöttéhez, amelynek alapján később Newton a fizikai optika első, többé-kevésbé egyetemesen elfogadott paradigmáját kidolgozta. Bármely olyan definíció, amely ezeknek az iskoláknak legalábbis a kreatívabb tagjait nem veszi be a tudósról alkotott fogalomba, egyúttal kizárja onnan ezek modern követőit is. E régi kutatók is igazi tudósok voltak. Mégis, ha valaki áttekinti a Newton előtti fizikai optika történetét, könnyen arra a következtetésre juthat, hogy ha a terület kutatói tudósok voltak is, tevékenységük eredménye nem ütötte meg a tudomány mércéjét. Minthogy nem állt rendelkezésükre az alap-állítások semmilyen közösen elfogadott együttese, a fizikai optikát tárgyalva

minden szerző szükségesnek érezte, hogy tudományát alapjaitól kezdve építse újjá. Ilyenformán a bizonyító megfigyelések és kísérletek megválasztása viszonylag szabadon történhetett, hiszen nem létezett a módszereknek és az e tárgyhoz sorolt jelenségeknek egy olyan standard készlete, melynek alkalmazása és magyarázata minden fénytannal foglalkozó szerző számára kötelező érvényű lett volna. Ilyen körülmények között a születő tudományos munkák gyakran épp annyit foglalkoztak eltérő irányzatok képviselőivel, mint magával a természettel. Ez a jellegzetesség nem egy alakuló, kreatív tudományágnál ma is fellelhető, és nem is összeegyeztethetetlen számottevő felfedezések, meglátások létrejöttével. A Newton utáni fizikai optika és a legtöbb mai természettudomány fejlődése azonban nem ilyen szabályok szerint alakul.

A villamosság kutatásának története a tizenyolcadik század első felében jóval konkrétabb és ismertebb példát szolgáltat annál, miként fejlődik egy tudomány, mielőtt első egyetemesen elfogadott paradigmájára szert tenne. A korszakban majdnem annyi nézet dívott az elektromosság természetéről, ahány jelentősebb kísérletező volt, olyan kutatók mint Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollett, Watson, Franklin és mások. Az elektromosságról alkotott sokféle felfogás azonban megegyezett abban, hogy mindegyikük annak a mechanikus-korpuszkuláris filozófiának egyik vagy másik változatából származott, mely a korszak egész tudományos életét meghatározta. Továbbá valamennyi felfogás valódi tudományos elméletekbe illeszkedett, vagyis részben kísérleti és megfigyelési alapokra épülő elméletekbe, amelyek legtöbbször meghatározták a további kutatás alá veendő problémák kiválasztását és interpretációját is. Mégis, noha valamennyi kísérlet villamosági kísérlet volt, s noha a legtöbb kutató ismerte a többiek munkásságát, elméleteik csak nagyon távoli rokonságot mutattak.³

Az elméletek egy korai csoportja, a tizenhetedik századi gyakorlatot követve, a vonzást és a sűrűlési áramképződést tekintette alapvető villamosági jelenségnek. E csoport hajlamos volt a taszítást valamiféle másodlagos hatásként kezelni, mely valamiféle mechanikai jellegű visszahatásnak köszönhető, a Gray által újonnan felfedezett elektromos vezetés jelenségének megvitatását és rendszeres kutatását pedig halogatni igyekezett, amennyire csak lehetett. Más „elektrikusok” (e megjelölés saját maguktól származik) a vonzást és taszítást egyként az elektromosság elemi megjelenési formáiként kezelték, s ennek megfelelően módosították felfogásukat és kutatásaikat. (Valójában ez a csoport meglepően kis létszámú – még Franklin elmélete sem magyarázta teljesen két negatív töltésű test kölcsönös taszítását.) De az

elektromos vezetési jelenségek magyarázatában – leszámítva a legegyszerűbb eseteket – e csoport (ugyanannyi) nehézséggel küszködött, mint a megelőző. Egy újabb, harmadik csoport viszont épp ezekből a jelenségekből indult ki, az elektromosságot valamilyen vezetőkön keresztül áramló „folyadékknak” és nem valamely nem-vezetőből eredő „kicsapódásnak” tekintve. Ők tehát akkor kerültek nehéz helyzetbe, amikor elméletüket a vonzási és taszítási effektusokkal próbálták összebékíteni. Csak Franklin és közvetlen követőinek munkássága révén jött létre egy olyan elmélet, mely a legtöbb felsorolt jelenségre magyarázatot tudott adni, s ezáltal az elkövetkező „elektrikus” nemzedék kutatásai számára közös paradigmát nyújthatott.

Eltelkintve olyan területekről, mint a matematika és csillagászat, ahol az első szilárd paradigmák még az őstörténet idejéből származnak, és olyanoktól is, mint a biokémia, melyek már érett szakterületek osztódása és újrakapcsolódása révén keletkeztek, a fentebb vázolt helyzetek történelmileg tipikusnak tekinthetők. Elnézést kérve azért a szerencsétlen leegyszerűsítésért, hogy tágabb történeti folyamatokat én is egyetlen és némileg önkényesen választott névvel – pl. Newtonéval vagy Franklinéval jelölök meg, – hasonló módon úgy foglalnám össze állításomat, hogy például a mozgás Arisztotelész előtti tanulmányozását, a statikáét Archimédész előtt, a hő vizsgálatát Black előtt, a kémiáét Boyle és Boerhaave előtt, s a történeti geológiáét Hutton előtt hasonló alapvető nézeteltérések jellemezték. A biológia egyes területein – például az öröklődéssel kapcsolatos kutatásokban – az első egyetemesen elfogadott paradigmák még újabb keletűek; az pedig nyitott kérdés marad, vajon mely társadalomtudományról mondható el, hogy rendelkezik-e egyáltalán ilyen paradigmával. A történelem tanúsága szerint rögzös út vezet a szilárd kutatási konszenzushoz.

A történelemből tudhatjuk meg azt is, mi okozza ennek a fejlődési útnak a nehézségeit. Paradigma, vagy paradigma-jelölt hiányában mindazok a tények, amelyek hozzátartozhatnak egy adott tudományág fejlődéséhez, egyformán relevánsnak tűnhetnek. Ennek eredményeként az anyaggyűjtés a kezdetekben sokkal inkább taláalomra végzett munkát jelent, mint azt a későbbi tudományos fejlődés sejteti. Továbbá mivel ilyenkor az információk egyetlen típusának sem lehet mélyebb, további vizsgálatra ingerlő jelentősége, a kezdeti anyaggyűjtés rendszerint az összegyűjthető adatok gazdagságára korlátozódik. Az így összeálló ténykészlet tartalmaz esetleges megfigyeléseknek és kísérleteknek köszönhető adatokat, valamint olyan ezoterikusabb információkat, amelyek hagyományos mesterségekből, gyakorlati területekről, például a gyógyászat, a naptárkészítés, a kohászat tapasztalatai-

ból származnak. Minthogy e mesterségek olyan adatok hozzáférhető forrásai, amelyeket véletlenszerűen felfedezni aligha lehetett volna, a technológia gyakran játszott meghatározó szerepet új tudományok létrejöttében.

Noha az ilyenféle adatgyűjtés nagy jelentőséggel bírt számos fontos tudomány kezdeténél, ha megvizsgáljuk például Plinius enciklopédikus írásait, vagy Bacon és követői tizenhetedik századi természetrajzait, láthatjuk, hogy ezek ingoványos talajra vezetnek. Nehéz az ilyen alapon keletkezett irodalmat tudományosnak nevezni. A baconi hő-, szín-, szél-, bányászat- „tanok” tele vannak helyenként igen becses információval. De olyan tények kerülnek bennük szomszédságába, melyek egyik része később igen fontosnak bizonyulnak (pl. keverés útján történő hevítés), másik része azonban (pl. a trágyadombok hője) hosszú időre túl komplex marad ahhoz, hogy bármiféle elméletbe be lehessen illeszteni.⁴ Továbbá, minthogy minden leírás szükségképpen egyoldalú, a tipikus természetrajz rettentően körülményes felsorolásaiból gyakran éppen azok a részletek maradnak ki, melyeket a későbbi tudósok megvilágító jelentőségűnek tartanak. Így például a villamosság korai „tanai” közül szinte egyik sem említi, hogy az a reszelék, amelyet magához vonzott a dörzsölt üvegrúd, hamarosan ismét leperog a rúdról. A jelenség ugyanis akkoriban mechanikainak tűnt és nem elektromosnak.⁵ Sőt, minthogy az alkalmi adatgyűjtőnek ritkán áll rendelkezésére idő és szükséges eszköz, hogy kritikus legyen, a természetrajzok a fentiekhez hasonló leírások mellett gyakran szerepeltetnek olyanokat, mint mondjuk az antiperisztázisszal (vagy hűtéssel) való hevítés, aminek nyilván nem adhatunk hitelt.⁶ Csak nagyon ritkán, mint a korai statika, dinamika és geometriai optika eseteiben, szólnak az előzetesen megalapozott elmélet irányítása nélkül összegyűjtött tények kellő világossággal ahhoz, hogy az első paradigma kialakulását lehetővé tegyék.

Ez az a helyzet, mely megteremti a tudományos fejlődés kezdeti szakaszaira jellemző iskolákat. Egyetlen természetrajz sem interpretálható elméleti és módszertani meggyőződések legalábbis implicit együttesének hiányában, mert csak ilyen nézetek teszik lehetővé a szelekciót, értékelést és kritikát. Ha a tények összegyűjtésében még nem játszik implicit módon szerepet az elképzelések ilyen rendszere – mert ha igen, akkor máris többről van szó, mint „puszta tényekről” –, akkor annak kívülről kell jönnie, talán egy kortárs metafizikustól, egy másik tudományágtól, vagy egy személyes és történeti véletlen nyomán kell megszületnie. Így nem csoda azután, hogy a tudományok fejlődésének kezdeti szakaszaiban különböző emberek, a jelenségek ugyanazon körét – bár nem mindig ugyanazokat a részleteket –

vizsgálva fölöttébb eltérő módon írják le és magyarázzák azokat. Épp az a meglepő – sőt ez a tudomány területeinek egyedülálló sajátossága –, hogy ezek a kezdeti nézeteltérések, legalábbis többségük valaha is el tud tűnni.

Ugyanis ezek a nézeteltérések itt jelentős mértékben eltűntek, meghozzá, úgy tűnik, egyszer s mindenkorra. Eltűnésüket pedig rendszerint a paradigma-előtti periódus egyik iskolájának győzelme idézi elő, mely iskola a saját jellemző vélekedései és prekoncepciói alapján kiemel bizonyos részleteket a rendezetlen és túl nagyméretű kezdeti információkészletből. Jól példázzák ezt azok az elektrikusok, akik az elektromosságot folyadéknek tartották, s ezért különös hangsúlyt helyeztek a vezetés problémáira. Ez a hit, mely aligha hozható összhangba a vonzási és tasztítási hatások ismeretes sokféleségével, közülük többeket az elektromos folyadék palackozása ötletének kieszeléséhez vezetett. Törekvéseik közvetlen gyümölcse volt a Leyden korsó, egy olyan eszköz, melynek kifejlesztése sohasem valósulhatott volna meg a természet rendszertelen, taláalomra folytatott vizsgálata nyomán, és amit két kutató egymástól függetlenül konstruált meg az 1740-es évek elején.⁷ Az elektromosság terén végzett kutatásainak kezdeteitől fogva fölöttébb érdekelte Franklint ez a furcsa és bizonyos szempontból rendkívül tanulságos műszer magyarázata. E területen elért sikere szolgáltatta a leghatékonyabbat azon érvek közül, amelyek elméletét paradigmává tették⁸ noha még korántsem tudott az elektromos tasztítás valamennyi ismert esetére magyarázatot adni. Hogy egy elméletet paradigmaként elfogadjanak, jobbnak kell tűnnie valamennyi versenytársánál, de nincs szüksége arra (s ezt valójában soha sem teljesíti), hogy minden olyan tényre magyarázatot adjon, amelyekkel konfrontálható.

A franklini paradigma az elektrikusok egész táboránál ugyanazt a szerepet töltötte be, amit korábban az elektromosság folyadék-teóriája követőinek kutatásaiban játszott. Kijelölte, mely kísérleteket lenne érdemes folytatni, s melyeket nem, mert azok az elektromosság másodlagos vagy nyilvánvalóan túl komplex megnyilvánulásainak irányába vezetnének. Csak-hogy a paradigma e funkciót jóval hatékonyabban töltötte be, részben mert az irányzatok közötti vita befejezése véget vetett az alapkérdések folytonos újratárgyalásának, részben pedig mert az a hit, hogy jó nyomon járnak, ösztönözte a kutatókat pontos, részletekbe menő és kimerítő kutatásra.⁹ Megszabadulván azon kényszerűségtől, hogy minden fajta elektromos jelenséggel foglalkozzanak, az elektrikusok egyesült csoportja a jelenségek egy kiválasztott szűkebb körét jóval részletesebb vizsgálat alá vetette, speciálisabb eszközöket kifejlesztve e célra, s ezeket messze következetesebben és rend-

szerebben használva, mint azt az elektrikusok korábban valaha is tehették. Ettől fogva az adatgyűjtés és az elmélet finomítása tudatosan irányított tevékenységgé vált. Ennek megfelelően emelkedett az elektromosság kutatásának hatékonysága és eredményessége, bizonyosággal szolgálván Francis Bacon éleselméjű módszertani dictumának egy társadalmi változatához: „Az igazság könnyebben jön létre a hibából, mint a zürzavarból.”¹⁰

Röviden érintenünk kell, miként hat egy paradigma kialakulása az adott területen kutató csoport struktúrájára. Amikor egy természettudomány fejlődésében egy egyén vagy csoport először teremt olyan szintézist, mely képes magához vonzani az elkövetkező generáció kutatóinak többségét, a régebbi irányzatok, iskolák fokozatosan eltűnnek. Eltűnésüket részben tagjaiknak az új paradigma mellé történő átállása okozza. De mindig akadnak emberek, akik a régi nézetek egyikéhez-másikához ragaszkodnak, őket egyszerűen kiveti magából a szakma, munkájukat semmibe veszi. Az új paradigmával együtt jár az adott terület új és szigorúbb definíciója. Azok, akik vonakodnak vagy képtelenek munkájukat ehhez igazítani, vagy elszigetelődnek, vagy valamely más csoporthoz csatlakoznak.¹¹ Az ilyen tudósok gyakran ott rekedtek azokon a filozófia tanszékeken, ahonnan a történelem folyamán a speciális tudományágak egy jelentős része különvált. Amint a fentiek sugallják, néha épp egy paradigma elfogadása az, amely szakmává, vagy legalábbis tudományággá formál egy olyan csoportot, amely korábban pusztán tanulmányozta a természetet (kivéve az olyanokat, mint a gyógyászat, a technológia és jog, melyeknél az alapvető *raison d'être* egy külső társadalmi szükségletben jelölhető meg), a szakfolyóiratok létesítése, a szaktársaságok megalapítása, és az a követelés, hogy külön helyet kapjon az iskolai tananyagban rendszerint összekapcsolódik azzal, hogy egy tudós-csoport első ízben fogad el egységesen valamilyen paradigmát. Legalábbis ez volt a helyzet az elmúlt másfél évszázadban, mely időszak kezdetén kialakult a tudományos specializálódás intézményi struktúrája, egészen a legutóbbi időkhöz, amikor a szakosodás külsőségei önálló presztízst nyertek.

A tudományos csoport szigorúbb definíciójának más következményei is vannak. Amint a tudós adottnak vehet egy paradigmát, többé már nem lesz szüksége arra, hogy munkáiban kutatásának tárgyát minden esetben egészen az alapelvektől kezdve építse fel, külön indokolva minden egyes bevezetett fogalmat. Ez a feladat a kézikönyvek szerzőire marad. Ha viszont már megvan a kézikönyv, a tudós ott kezdheti kutatását, ahol abbamaradnak annak magyarázatai: koncentrálnak a természeti jelenségek olyan részleteire és különösségeire, amelyek kifejezetten az ő csoportját érdeklik. S ez-

zel megváltozik kutatásáról adott közleményeinek hangvétele is. E változást részleteiben még nemigen tanulmányozták, modern végeredménye azonban valamennyiünk számára nyilvánvaló, és sokan egyféle elnyomás forrását látják benne. A tudósok már korántsem olyan könyvekben foglalják össze kutatásaik eredményeit, mint Franklin *Experiments ... on Electricity*-je, vagy Darwin *Origin of Species*-e, amelyek mindazok számára íródtak, akik érdeklődtek a tárgykör iránt. Ehelyett tömör közlemények jelennek meg, melyek kizárólag a szakmabelieknek szólnak, vagyis azoknak, akikről feltételezhető a közös paradigma ismerete, s akik a tapasztalat szerint egyedül rendelkeznek azzal a képességgel és tudással, hogy elolvassák és megértsék a nekik szóló dolgozatokat.

Napjaink tudományában a könyvek rendszerint vagy tankönyvek, vagy retrospektív elmélkedések a tudományos élet egyik-másik aspektusáról. A tudós, aki könyvet ír, inkább rontja mint öregbíti ezzel szakmai hírnevét. Csak a korábbi, paradigma-előtti fejlődési szakaszban játszottak a könyvek hasonló szerepet a tudományos teljesítmények világában, mint amelyet ma is betöltenek más alkotói területeken. És csak ezeken a területeken, ahol a könyv és a cikk maradt a kutatási eredmények közlési formája, csak itt olyan meghatározatlanok még a szakszerűség körvonalai, hogy az átlagember is képes lehet eredeti kutatási beszámolókat olvasásával követni a tudományos fejlődést. A matematikában és a csillagászatban a kutatási jelentések már az antikvitásban sem voltak érthetőek az általános műveltséggel bíró közönség számára. Hasonlóan ezoterikussá lett a késő-középkorban a dinamikai kutatás, és csak egy rövid időszakra nyerte vissza közérthetőségét a tizenhetedik század elején, amikor egy új paradigma váltotta fel azt, amelyik a középkori kutatást vezérelte. A villamossági kutatások eredményeit is egyre inkább le kellett fordítani a laikusok számára a tizennyolcadik század végétől kezdve, és a tizenkilencedik századra a fizika többi területe is szert tett erre az exkluzív szakszerűsége. Ugyanezen két évszázad során hasonló átalakulás figyelhető meg a biológia különböző ágazataiban. A társadalomtudományok egyes területein ez a változás épp napjainkban esedékes. Megszokott és jogos panasz, hogy egyre szélesedik az a szakadék, amely elválasztja a szaktudóst más területen kutató kollégáitól, ugyanakkor kevesen figyeltek fel e szakadék és a tudományos haladás belső mechanizmusai közötti lényeges összefüggésre.

Az antikvitás óta egyik kutatási ágazat a másik után lépi át azt a választóvonalat, mely az adott tudomány előtörténete és tényleges története között húzódik. Az érettség fokát persze ritkán érték el olyan hirtelenül és

egyértelműen, mint ahogy azt szükségszerűen sematikus leírásom sugallja. De nem beszélhetünk történelmi fokozatosságról sem: a változásokat nem feltétlenül magyarázhatjuk azon tudományos közeg fejlődésének egészével, amelyen belül megjelentek. Az elektromosságról író szerzők a tizennyolcadik század első négy évtizedében az elektromos jelenségekre vonatkozóan jóval több információval rendelkeztek, mint tizenhatodik századi elődeik. Az 1740-et követő fél évszázad során e listájukat csak kevés újfajta elektromos jelenség felfedezésével gazdagították. Mindazonáltal Cavendish, Coulomb és Volta elektromossággal foglalkozó írásai a tizennyolcadik század utolsó harmadában, úgy tűnik, fontos vonatkozásokban messzebb kerültek Gray, Du Fay sőt még Franklin munkáitól is, mint ezek a korai tizennyolcadik századi felfedezők a tizenhatodik századiaktól.¹² Valamikor 1740 és 1780 között jutottak el a villamosság kutatói először oda, hogy területük alapjait adottnak vehették. Ettől az időponttól kezdve kutatásaik egyre konkrétabb és mélyebb problémákra irányultak, eredményeik pedig egyre inkább a szakmabeliek számára írt cikkekben kerültek közlésre, s nem a szélesebb értelemben vett művelt világhoz szóló könyvekben. Csoportjuk is elérkezett arra a szintre, melyre már korábban eljutottak az antikvitás csillagászai, a mozgás középkori kutatói, a fizikai optika tizenhetedik századvégi, és a történelmi geológia tizenkilencedik század eleji tudósai. Sikertült olyan paradigmát kidolgozniuk, mely alkalmasnak bizonyult az egész csoport kutatásának irányítására. Aligha találhatunk pontosabb kritériumot egy új tudományág megszületéséhez.

JEGYZETEK

1. Joseph Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light, and Colours* (London, 1772), pp. 385–90.
2. Vaso Ronchi, *Histoire de la lumière*, fordította Jean Taton (Paris, 1956), i–iv. fejezetek.
3. Duane Roller és 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); és 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), vii–xii. fejezetek. A szövegben következő bekezdés néhány elemző részletét tanítványom, John L. Heilbron még publikálatlan munkájából vettem. Addig is, míg e munka közzé nem jelent meg, Franklin paradigmájának létrejöttéről szóló valamelyest átfogóbb és pontosabb leírást lásd: T. S. Kuhn, „*The Function of Dogma in Scientific Research*” c. munkában, in: A. C. Crombie (ed.), „*Symposium on the History of Science*”, University of Oxford, July 9–15, 1961”, publikáció előtt a Heinemann Educational Books, Ltd. kiadónál.

4. V. ö. a hő természetrajzát Bacon *Novum Organum*-ában, *The Works of Francis Bacon*, Vol. VIII, ed. J. Spedding, R. L. Ellis és D. D. Heath, (New York, 1869), pp. 179–203.
5. Roller and Roller, op. cit., pp. 14, 22, 28, 43. Csak az itt felsorolt legutolsó hivatkozásban említett művet követően ismerik el általánosan, hogy a taszítás egyértelműen elektromos jelenség.
6. Bacon, op. cit., pp. 235, 337 szerint: „Az enyhén meleg víz könnyebben fagy meg, mint a teljesen hideg.” E furcsa megfigyelés korábbi történetének részleges leírását lásd: Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics* (New York, 1941), iv. fejt.
7. Roller and Roller, op. cit., 00–51–54.
8. A nehéz esetet a negatív töltésű testek kölcsönös taszítása jelentette, melyre vonatkozóan lásd: Cohen, op. cit. pp. 491–94, 531–43.
9. Meg kell említenünk, hogy Franklin elméletének elfogadása nem vetett teljesen véget minden vitának. 1759-ben Robert Symmer ugyanennek az elméletnek egy két-folyamatos változatával állt elő, s ezután hosszú évekig megoszlott az elektrikusok tábora afelett, hogy az elektromosság egyetlen vagy kettős folyamként jellemezhető. De az ekörül folyó viták csak megerősítik azt, amit fentebb mondtunk arról, hogy miként egyesíti egy általánosan elismert teljesítmény a szakmát. Az elektrikusok, noha nézeteik továbbra is megoszlottak e ponton, hamarosan eljutottak ahhoz a következtetéshez, hogy az elmélet két verziója között kísérleti úton különbséget tenni nem lehet, vagyis, hogy ezért azok egyenértékűek. S ezután mindkét irányzat kiaknázhatta, és ki is aknáztá a franklini elmélet által nyújtott új lehetőségeket. (ibid., pp. 543–46, 548–54.)
10. Bacon, op. cit., p. 210.
11. Az elektromosság története kiváló példát szolgáltat, amit Priestley, Kelvin és mások pályájának felidézésével lehetne tovább szaporítani. Franklin írja, hogy Nollet, aki a század közepén, a kontinensen a legbefolyásosabb szakembere volt a villamosságban, „megérte, hogy szektájában az utolsó helyre szorult, leszámítva Mr. B.-t – növendékét és közvetlen famulúsát” (Max Farrand (ed.), *Benjamin Franklin's Memoirs* (Berkeley, Calif., 1949), pp. 384–86.) Érdekesebb azonban egész iskolák szívóssága a szakszerű tudománytól való fokozódó elszigeteltségük közepette. Ilyen például az asztrológia esete, mely valaha a csillagászat szerves része volt. Vagy említhetjük a korábban oly tisztelt „romantikus” kémia tradíciójának túlélését a tizennyolcadik század végén, tizenkilencedik század elején. E hagyományt tárgyalja Charles C. Gillispie, in: „*The Encyclopédie and the Jacobin Philosophy of Science: A study in Ideas and Consequences*”, *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett Madison, Wis., 1959), pp. 255–89; és „*The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory*”, *Archives internationales d'histoire des sciences*, XXXVII (1956), 323–38.
12. A Franklin utáni idők fejleményei közt szerepel a póluskereső műszer érzékenységeinek roppant megnövekedése, az első megbízható és általánosan elterjedt eljárások, műszerek kialakítása és az elektromos feszültség újonnan pontosított fogalmával való kapcsolata, valamint az elektrosztatikus erő kvantifikációja. Mindezekre lásd: Roller and Roller, op. cit., pp. 66–81; W. C. Walker, „*The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century*”, *Annals of Science*, I (1936), 66–100; és Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität* (Leipzig, 1884), I. rész, iii–iv. fejezetek.