

STEPHEN TOULMIN:

A TUDOMÁNYOS ESZMÉK FEJLŐDÉSE

(Foresight and Understanding (An enquiry into the Aims of Science),
Hutchinson of London, 1961. c. könyv 6. fejezete pp. 99–115)

A tudomány nem értelmes számítógép, hanem az élet egy darabja. Törekvéseinek vizsgálatához kezdve mindenekeelőtt két dolgot kell tennünk: először életszerűen kell definiálnunk a tudósokat foglalkoztató közös intellektuális feladatokat, valamint elméleti magyarázataik típusait; másodsor fel kell vetnünk azt a problémát, hogy hogyan különböztethetjük meg a jó elméleteket a rossztól és a jobb ötleteket, hipotéziseket, vagy magyarázatokat a rosszabbaktól.

Az egyik népszerű válasznak, a „prediktivista” ábrázolásnak a vizsgálatából indultunk ki. Rövid úton kiderült, hogy ez az ábrázolás nem elégíti ki minden igényünket. A tudósok csak véletlenszerűen foglalkoznak „előrejelzési eljárásokkal”; és a „jövöbelátás” minden kielégítőbb felfogása is inkább a megmagyarázás gondolatát teszi lehetővé, mintsem definiálna. A tudomány központi célkitűzései inkább a megértés szükségességével kapcsolatosak – a természeti mozgást éppen nem előreláthatóvá, hanem felfoghatóvá kívánják tenni –, s ez racionális összefüggések kutatását jelenti olyan fogalmak segítségével, amelyek révén az események folyama érthetővé válik. Ennek megfelelően két kérdést helyezünk vizsgálódásunk középpontjába: „Milyen gondolati és okfejtési minták vezetnek a tudományos megértéshez?”, és „Milyen tényezők határozzák meg, hogy két rivális elmélet vagy magyarázat közül melyik szolgálja a dolgok teljesebb megértését?”

Az első kérdés az alapfogalmakkal, avagy a „természetadta” fogalmakkal állított szembe bennünket, melyek meghatározzák azt, hogy egy tudós mit tekint „magától értetődő”-nek, vagy „természetes”-nek. Rámutatam, hogy a tudomány fejlődésének minden egyes szakaszán a magyarázat bizonyos formái az emberek szeme előtt úgy jelennek meg, mint amelyek teljesen érthetőek. Magától értetődőnek fogadja el. pl. Arisztotelész, Galilei és Newton a mozgástípusok standardját, noha e típusok különbözőek, és az olyan eszméket is, mint amilyen a „tisza szubsztancia” vagy a „tipikus életciklus”. A tudós kiindulhat féltucatnyi különböző eszmei struktúrából vagy folyamatból, de ezeket ilyen vagy olyan úton működésbe kell hoznia, ha a természeti folyamatot érthetővé akarja tenni.

A logikus számára e magyarázó fogalmak különleges problémát jelentenek. Egyrészt a fogalmak az idők folyamán, a felfedezések és tapasztalatok fényében változnak és fejlődnek; úgy, hogy „empirikus” fogalmakként kell definiálnunk őket, – a kifejezés meglehetősen tág értelmében. Másrészt ezek a fogalmak közvetlenül nem konfrontálhatók a megfigyelések és kísérletek eredményeivel. Maguknak kell saját értéküket hosszabb idő folyamán bizonyítaniuk, s a bizonyítás módja még további elemzésre vár. Bár e fogalmak a történelem folyamán változnak, – az egyes tudós számára – ezek mégis „előre megalkotott” fogalmak: előzetesen kigondoltak, melyeket csak ezt követően alkalmaznak sajátos tudományos problémákra.

Mégis, ha e koncepciókról, mint „előregyártottakról” beszélünk, egy megszorítást kell tennünk, mivel ezek csak a szó teljesen értelmetlen értelmében „prekonceptiáltak”. A tudósok okkal elővigyázatosak, az „előre kialakított ideákkal” szemben, s büszkék arra, hogy a természetet az objektivitás szellemében közelítik meg. Ha valaki kísérleti eredményét illetően előregyártott elképzelésekkel lép be a laboratóriumba, vagy az obszervatóriumba, a tudósok szerint ezzel befolyásolja a vizsgálatot. Ha valaki úgy dönt, hogy, mondjuk a disznók tudnak repülni, ez az elképzelés őt, mint tudományos megfigyelőt diszkvalifikálja. Bejárja a világot, hogy bizonyítékot szerezzen apriori vélekedésének alátámasztására, s addig megy, míg olyan hízőra nem akad, mely leugrik ólja tetejéről, bizonyítva ezzel a kutató állítása helyességét. Eddig a pontig a tudósok álláspontja kétségtől helytálló: a természetet a laboratóriumban, vagy a szabadban vallatva hagyni kell, hogy maga adja válaszait mindenféle sugalmazás nélkül.

Az általunk említett „természetadta” fogalmak azonban nem ebben az értelemben jelennek meg. Befolyásuk már korábban érződik. Bár engednünk kell, hogy a természet maga adja válaszait vallatásunkra, a kérdések megfogalmazói mégis mi vagyunk. Az általunk feltett kérdések pedig szükségképpen függenek az előzetes elméleti meggondolásoktól. Ez esetben nem az előítéletes hittől, hanem inkább az előzetesen kialakított fogalmakkal van dolgunk: ha meg akarjuk érteni a tudomány logikáját, el kell ismernünk, hogy az efféle „prekonceptiók” elkerülhetetlenek és hasznosak – feltéve, hogy kellőképpen kipróbáljuk őket, s tapasztalatainknak megfelelően változtatunk rajtuk. Ha a prekonceptiókat nem úgy fogjuk fel amire szolgálnak, akkor nem tudjuk értékelni tudományos elképzeléseink valóságos jellegét, s azokat az intellektuális problémákat sem, melyek elődeinket foglalkoztatták, akiknek művein keresztül fokozatosan kifomálódtak saját elképzeléseink.

Csak egy járható útja van annak, hogy valaki tisztán lássa saját szemüvegét: levenni azt. Lehetetlen egyszerre látni a szemüveget s ugyanezzel a szemüveggel nézni is. A tudomány alapvető fogalmaival kapcsolatban felmerülő nehézségek ehhez hasonlíthatnak. A világot e fogalmakon keresztül látjuk olyannyira, hogy elfelejtjük, milyen is lenne a világ nélkülük: ragaszkodásunk fogalmainkhoz más lehetőségek iránt vakká tesz bennünket. Mégis, fogalmaink fejlődésének, növekedésének helyes felfogásához csak akkor juthatunk el, ha készek vagyunk nem gondolni rájuk. Bizalmunkat beléjük helyezni csak azért – és oly mértékben – jogos, amennyiben az alternatívák között folyó versenyben bebizonyították értéküket. Ha korábban az emberek sohasem gondolkodtak volna másképp mint mi, akkor mi magunk is csak a tradicionális szokás pusztá elfogadói lennénk. Csak akkor fogjuk megérteni saját elképzeléseink érdemeit, ha ahelyett, hogy adottnak vesszük őket, készek vagyunk az alternatívákat annak tekinteni amik, és felismerni, hogy a használhatatlanok miért bizonyultak annak.

A 4. fejezetben vizsgált történet szolgáljon itt illusztrációként. Számos tudománytörténeti munkában a kémia 1650 előtti fejlődésének ábrázolása élesen elüt a korai kozmológia és dinamika történetéről kialakított képtől. Mára már jól feltérképezték és megértették azokat az utakat, melyek Babiloniától, és Ióniától Athénen, Alexandrián és Bagdadon keresztül Kopernikuszig és utódaiig vezettek; ennek eredményeként a történészek a gondolkodás történetének erről az ágáról összefüggő és elfogadható képet tudnak nyújtani. Az anyagról szóló elmélet esetében viszont nem rendet, hanem ellenkezőleg, káoszt találunk: esetlegesen jelentkező ötleteteket, melyek sajnálatraméltó tévedések és kerülőutak során át az ingoványba vezetnek, s ettől csak a 17. századi korpuszkuláris filozófusok menekültek meg.

Mindezek után vizsgáljuk meg, vajon helyes-e a kezdeteket káoszként ábrázolni? Az illetékes történészek többnyire erősen elkötelezték magukat a szervetlen kémikus nézőpontja mellett, és könnyebbnek találták, ha figyelmüket az eszméknek csak egy korlátozott körére összpontosítják. Ma azonban világossá vált, hogy az anyag Newton és Boyle előtti teoretikusai az esztek többségében teljesen eltérő intellektuális síkon gondolkodtak, s amíg saját atomista előfeltevéseinket félre nem tesszük, csak hiábavaló próbálkozások történhetnek elmélkedéseik elemzésére. A korai gondolkodók közül sokak számára az anyagi változás mindenekelőtt fiziológiai problémát jelentett. Csak az elmúlt századok során fordították meg az emberek a gondolkodás irányát, s kezdték magukat a fiziológiai folyamatokat immár kémiai fogalmakkal magyarázni. E lehetőség – hogy ne mondjuk: szükségesség – komoly megalapozást igényelt. Mégis, napjainkban már olyannyira hozzá-

szoktunk az új képhez, hogy immár nehéz lenne „visszafelé gondolkodnunk”, s a természetes változás világát a korábban élő emberek szemével látnunk. Azok szemével, akik számára az összevetés természetes tárgya az élő szervezet volt, a maga jellegzetes születés–ifjúkor–érettség–hanyatlás ciklusával. Ez valószínűleg az egyik oka annak, hogy az anyag elméletének 1650 előtti története a visszatekintésben miért tűnik oly kaotikusnak és esetlegesnek.

A dinamika történetében kisebb mértékben ugyan, de ugyanezzel a folyamattal találkozunk. A 2. és a 3. fejezetekben szembeállítottuk egymással Arisztotelész és Kopernikusz, valamint Galilei és Newton eltérő fogalmait a természetes mozgásról. Kopernikusz még szinte minden tekintetben az ókori gondolkodók és főként Arisztotelész követője. Számára éppúgy, mint Arisztotelész szemében az égitestek természetes mozgása egyenletes körkörös mozgás volt. Ezzel szemben Newton a természetes mozgásnak már teljesen eltérő paradigmáját alkalmazza munkáiban: s ez, noha még mindig egyenletes sebességű, de inkább egyenes vonalú, mintsem körkörös irányú mozgás. A tehetetlenségi mozgás koncepciója a maga idejében majd egy évszázadig vitatott volt; Newton ennek ellenére már adottnak tekintette. Űgy tűnik, nem ismerte fel, hogy e vonatkozásban mily radikálisan eltért valamennyi elődjétől. Olyannyira nem, hogy szinte azt sugalmazza, maguk az ókoriak is bizonyára ugyanúgy gondolkodtak, mint ő.

„*Nem tudjuk* miként magyarázták az ókoriak azt a kérdést — írja —, hogy a bolygók e szabad terekben miként maradtak bizonyos határokon belül, és mi térítette le őket arról az egyenes vonalú pályáról, amelyet magukra hagyatva követniök kellett volna, s miért tértek át a köralakú pályákon történő szabályos keringésre... A mozgás törvényeiből következően biztos ugyanis, hogy e hatásoknak egy vagy más erő működéséből kifolyólag kellett bekövetkezniük.

Mesterkéltnél ember esetében a téma elegáns bevezetése érdekében alkalmazott tettett tudatlanságnak tekinthetnénk mindezt. Newton-nál azonban e feltételezésnek nincs alapja; és szavai inkább azt bizonyítják, hogy milyen gyorsan képesek az emberek egy új világképet, mint „második természet” elfogadni.

Intellektuális szemüvegünk láthatatlan voltának további hatása is lehetséges. Nemcsak a korábbi gondolkodók sajátos fogalmainak és tanainak, de vizsgálódásuk általános jellegének megértését is lehetetlenné teheti számunkra. Ez a hatás is könnyen illusztrálható: példának vehetjük azokat a lekicsinylő hangú, harmadlagos forrásokra épített munkákat, amelyeket a tudományos forradalmat megelőző napok gondolkodástörténetéről olvas-

hatunk. „Mit gondoltak akkoriban az emberek? Miért hunyták be szemüket a kísérleti módszer előnyei felett? Hogyan remélhették, hogy pusztá érvelés útján, anélkül, hogy elhagyták volna dolgozószobáikat, eredeti tudományos eredményekhez jutnak, aminek következtében fejtegetéseik az előítéletek, kótyagosság és metafizika keverékeivé lettek?” Gyakran bírálják hasonló módon a „tudomány-előtti” tudósokat, akik olyan dolgokat mulasztottak el megtenni, ami nem is volt az ő dolguk. Amint azt az alábbiakban bemutatom, e korai természetfilozófiai vizsgálódások ugyanis — melyeket mint „tudomány-előttieket” félresöpörnek, — válójában elengedhetetlenül szükségesek voltak. Szerepük abban állt, hogy megtisztították a teret és sokat összegyűjtöttek azokból a kötőgerendákból és épületfákból, amelyekből a maga idején az általunk ismert tudomány létrejött.

Mutassuk be két példán, milyen könnyű is korábbi gondolkodókat indokolatlanul dicsérni, vagy bírálni. Vegyük először a görög természetfilozófusokat: azokat a Kisázsia városaiban, majd később Athénban élő embereket, akik, eléggé felismerhetően, a mai tudományossághoz hasonló módon kezdtek elmélkedni a természetről. Esméikben elgondolkozva két, egymással ellentétes kísértésnek vagyunk kitéve. Tanításaikban olyan gondolati rendszereket találunk, amelyek több évszázaddal később tudományos eredményekre vezetnek, s ez azzal a hatással lehet ránk, hogy „zseniális anticipátorok”-nak nevezzük ki őket. Gyakran éri ilyen elismerés pl. Demokritoszt, az atomistát. A Dalton és Heisenberg között eltelt száz év folyamán az atom elméletét sokan mint a természetre vonatkozó legmélyebb és legalapvetőbb igazságot tartották számon; olyannyira, hogy az a valaki, aki ezt Dalton előtt már több mint kétezer évvel kimondta, tudományos géniusznak tűnt.³A hullám-mechanika fejlődését követően a helyzet valamelyest változott. A klasszikus atomizmus ekkor már halott, és az elméleti fizikusok komolyan mérlegelhetik, hogy vajon az úgynevezett „fundamentális részecskék” nem lehetnének-e helyettesíthetők matematikai szingularitásokkal az erőterekben. E felfogásban sokkal több a közös a sztoikusok folytonossági elméleteivel, mint Demokritosz csiszolatlan atomizmusával.

Másrészt, ha az ókori görög természetfilozófusok vizsgálati módszereit, s nem azok eredményeit vesszük szemügyre, az igazságtalan alábecsülés kísértésébe eshetünk. Modern módszertani szempontból tekintve általánosításaik vakmerőek, a kísérleti eljárások jelentőségét nem ismerik, érvelésük feülletes. Miért mutattak például a görög filozófusok oly csekély törekvést arra, hogy elméleteiket az egészséges megfigyelés alapjára helyezték? A Szokrátész előttiekre gondolok itt, — vagy legalábbis arra, amit róluk tudunk —; hiszen Arisztotelészről aligha beszélhetünk ily elmarasztalóan.

Ez a kritika is a legfontosabbat téveszti szem elől. Mielőtt az ember színre léphet, és teljesen kialakult elméletek közül választhat, először fel kell tárnia azokat a lehetőségeket, melyeket az elmélet különböző elképzelhető *típusai* kínálnak. Végülis nem lehetetlen, hogy bizonyos „elméletvázlatokat” tényleges kidolgozás nélkül elveszünk: az elgondolásnak ugyanis igéretesnek kell lennie ahhoz, hogy a kidolgozás részleteihez és a kipróbáláshoz hozzáfogjunk. Sok görög filozófus munkássága kétségtől e kezdeti szakaszt képviseli; és mondanivalójuk gyakran rendkívül éleselmjű. Előrevetítették egyebek között a tudományos magyarázat legtöbb általános típusát, melyek az elkövetkező évszázadok során jól szolgálták a tudomány ügyét. Röviden megfogalmazva: az, amit a görögök elértek, nem a dolgok valódi természetének, hanem a természet ésszerű ábrázolása lehetőségének megvilágítása volt. Egyértelműen megmutatták a különböző megközelítési módok között rejlő rendkívüli lehetőségeket és korlátokat: olyannyira, hogy alapvető anyagelméleti eszmefuttatásaik még mindig iránymutatóak lehetnek egy olyan fizikus számára, mint Werner Heisenberg.

A középkori természetfilozófusok is régen kiérdemelték már, hogy védelmet kapjanak az irreleváns kritikával szemben. Gyakran söprik őket félre a tudomány polemizáló történészei, mint „unalmas szofistákat”, akik átörökítették Arisztotelész tévedéseit, elmulasztván a való világ közvetlen tanulmányozását. Kevésbé előítéletes kutatók újabban teljesen más képhez jutottak. Lehet, hogy a skolasztikus filozófusok szörszálhasogatók voltak, de jó célt szolgáltak ezzel. Ahol Arisztotelész csak a változás általános elméletét hagyta, amely nem kínált többet, mint a mechanika pusztá megalapozását, a 14. századi matematikusok elsőként dolgozták ki fontos különbségek egész tárházát: így a lineáris és nem-lineáris, az átlagos és a pillanatnyi sebesség közötti különbséget.

Ők dolgozták ki az egyenletes gyorsulás első kielégítő definícióját, és bizonyították a definícióból következő legfontosabb tételeket, – közöttük Galilei számára oly lényegeset is: mely szerint egy egyenletesen gyorsuló test nyugalmi helyzetéből kiindulva az idő négyzetével arányosan jár be távolságokat.*

Kifejlesztették a megfelelő hőmérsékleti skála kialakításának mérési

*A vonatkozó összefüggés: $s = \frac{a}{2} t^2$, ahol s = megtett út; a = gyorsulás; t = idő. (a ford.)

és számítási alapelveit. Tegyük fel, hogy a különböző hőfokokat egy egyenesen ábrázolják, annak egy tetszőlegesen kiválasztott pontjából kiindulva, azután (de hallgassuk csak őket): „Adott két egységnyi 6 fokos víz, vegyünk további egy egységnyi 12 fokos vizet (ugyanazon ponthoz viszonyítva); ha összekeverjük a két vizet, a keverék hőmérséklete, ugyanazon viszonyítással nyolc fokos lesz, hiszen a hat és nyolc közötti távolság a fele annak a távolságnak, amely a nyolc és tizenkettő között van, éppúgy, amint egy egységnyi víz a fele a két egységnyinek.”

Noha, ezek a tanok teljesen elvontak voltak, mintegy gondolkozási gyakorlatok, mégis az egyenletesen gyorsuló test mozgásában érvényesülő szabályokat matematikailag dolgozták ki, s nem tapasztalatilag bizonyították, és a keverék hőfokát olyan emberek becsülték meg, akik két évszázaddal a használható termométer megalkotása előtt éltek.

Értéktelen volt tehát munkájuk tudományos szempontból? Mivel elhanyagolták a kísérletezést, semmit sem értek el? Amennyiben ez a következtetésünk, megfelelkezünk mindarról, amit e szörszálhasogatónak mi magunk köszönhetünk. Hiszen ők alakították ki azt a tradíciót, melynek maga Galilei bizonyíthatóan örököse volt. Galilei kinetikai elmélete, „Két új tudomány” – c. munkájában, éppúgy az ő felfedezéseikhez kapcsolódik, mint ahogy Euklidész geometriája a korai görög mértantudósokéihoz. A középkori tételeket még javában oktatták Olaszországban, amikor Galilei tanulmányait folytatta, írásaiban ő maga továbbra is azokat a fogalmakat használta, amelyeket tőlük örökölt. Sőt, leírva híres kísérleteit – lejtős síkon guruló labdák stb. – munkásságának eredménye nem a középkori mechanikai elméleteinek megdöntése volt, hanem inkább az, hogy egy fizikus szellemében sikerült kimutatnia azon tételeknek a természet világra vonatkozó közvetlen érvényességét, amelyeket ők korábban elvont formában dolgoztak ki. Természetfilozófusok voltak ők, akik létrehozták azokat a gondolati alapokat, amelyekkel Galilei dolgozott: Galilei volt az a fizikus, aki ezeket az elgondolásokat magyarázataiban működésbe hozta, és feltárta alkalmazásuk terét.

Az, hogy a tudomány növekedése számos fázisban zajlik, s ezek mindegyike teljesen eltérő munkamódszereket követel, nem szabad, hogy megleljen bennünket. Hiszen a tudomány ügye több, mint a tények pusztá összeállítása: a tudomány intellektuális újraépítést és értelmezést is követel. A tényleges építést az anyag összegyűjtése; az anyaggyűjtést a rajzasztalon való részletes kidolgozás; ezt a tervezés koncepciójának kialakítása; és mind ezt a lehetőségek pusztá feltérképezése előzi meg. Nem csoda, hogy a tudo-

mány sok, az elmélet lehetséges formáinak olyan apriori tanulmányozását foglalja magában – és kell hogy magába foglalja, – amely a természet sajátlagos tényeinek közvetlen tekintetbevétele nélkül fejlődött.

Ezen apriori tanulmányaink természetesen nem vezetnek pozitív tudományos eredményre, ha az elmélet lehetséges formái végülis nem nyernek alkalmazást tényleges folyamatok magyarázatában. De mindenesetre részét, még hozzá legitim részét képezik a tudományos vizsgálatnak, jelenleg éppúgy, mint a megelőző századokban. Milyen elméletek engedhetők meg egyáltalán; adott területen milyen koncepciók tudnak feltehetően magyarázatot adni a tapasztalat ismert tényeire; miként kapcsolódnak különböző területek elméletei egymáshoz .. azok az emberek, akik az efajta spekulatív kérdéseken vitatkoznak, lényeges szerepet játszanak a tudomány fejlődésében teljesen függetlenül a fehércöpenyes laboratóriumi dolgozók odaadó munkásságától. Valójában a sikeres spekuláció hosszú távon nagyobb eredményekkel jár, mint a kísérletezés. A legnagyobb elismerés azoknak jut, akik alapvető eszmék új kereteit gondolják ki, s így a tudomány látszólag összefüggés nélküli ágait egyesítik. Isaac Newton, Clerk Maxwell, és Charles Darwin a legemlékezetesebbek, de nem mint nagy kísérletezők, vagy megfigyelők, hanem új intellektuális rendszerek kritikus és nagy képzelőerővel megáldott alkotói.

— . —

A tudományos gondolatot és gyakorlatot tehát úgy kell szemlélnünk, mint fogalmak és eljárások fejlődő testét. E fogalmak és módszerek, sőt maguk a tudomány meghatározó céljai is folyamatosan fejlődnek egy változó intellektuális és társadalmi környezetben. Ha hatékonyan és életszerűen akarjuk a tudományos eszmék történetét, vagy a tudomány módszereit és logikáját tanulmányozni, akkor ezt az evolúciós folyamatot komolyan kell vennünk. Egyébként, mint történészek abba a veszélybe kerülünk, hogy túlságosan elmerülünk a részletekben, egyes felfedezésekkel, tanokkal vagy személyekkel, anticipált eredményekkel és anekdotákkal foglalkozva. És, mint filozófusok oda juthatunk, hogy az élő tudományt, mely tanulmányunk tárgya, formális és holt absztrakcióval cseréljük fel, elmulasztván rámutatni, hogy e formális vizsgálódások eredményei miként kapcsolódnak ahhoz az intellektuális és gyakorlati tevékenységhez, melyet a tudósok munkásságuk során folytatnak. A pusztán kronológikus tudománytörténet és a pusztán formális tudományfilozófia ily módon ugyanazon fogyatékságban szenvednek; mindegyikük elmulasztja a kérdéses tudományos gondolatot annak

intellektuális környezetében elhelyezni, azért, hogy e sajátos kontextusban mutathassák ki azokat a mozzanatokat, melyek a kérdéses eszmék és vizsgálódások érdemeit adják.

Most már visszatérhetünk eredeti kérdéseinkhez. Azt kérdeztük, „Milyen érdemekkel bírjon a jó tudományos elmélet? Mely vonások tesznek egy elméletet versenyképessé riválisaival szemben?” Feladtuk az érdem valamiféle egyetlen kritériumának kutatását (mint pl. a sikeres előrejelzés), és eljött az ideje annak, hogy más irányban gondolkodjunk. E vizsgálatunk önmagában nem ad választ a kérdésre, de az interpretáció új irányt sugallja; s ezt az új gondolatmenetet követve, talán nem haszontalan összegezni fejtegetéseink általános tanulságait.

A tudományos eszmék egy élő és kritikai tradíciót képeznek. Nemzedékről nemzedékre hagyományozódnak, de a közvetítés folyamán módosulnak. 1850-ben, mondjuk Jones professzor fizikát tanít tehetséges ifjú diákjának, Smith-nek; s az ekképp közvetített gondolatok felismerhető elődei azoknak, melyeket 1880-ban Smith professzor tanít immár, az ifjú Robinsonnak. Mindegyik generációban állandósulnak bizonyos változások és egyúttal maguk is betagozódnak a tradícióba: a történész számára ez a folyamat jelenti a tudományban a „fejlődést”. A tudomány filozófusa szempontjából ugyanúgy: bizonyos új elméletek, riválisaik és előzményeik rovására, érdekesülnek a túlélésre; s a filozófus feladata azoknak a standardoknak az elemzése, melyek fényében az ilyen tudományos változatok értékesnek vagy éppen fogyatékosnak ítéltetnek. Az értéknek nincs egyetlen és egyszerű próbája, és a filozófus dolga nem az, hogy egy ilyen kritériumot a tudományra erőszakoljon; a történész sem bírálhatja joggal a korai tudósokat, mert nézeteik nem vágnak tökéletesen egybe az 1960-as évek tudományosságával. Hiszen a tudományos fejlődés csak akkor érvényesülhet, ha az emberi értelem kritikusán viszonyul a saját korában felmerült problémákhoz, az átgondolásra nyitott tapasztalatok és az evidenciák fényében.

A tudomány filozófusai és történészei közös feladatának szemléltetésére tehát egyebütt kell keresni analógiát – a darwini biológiában. A tudományos eszmék fejlődésében, a fajok evolúciójához hasonlóan, a változás a változatok szelektív öröklődéséből következik. Jones professzor 1850-es fizika előadásai és Smith professzor 1880-as előadásai között harminc év telt el, melynek során minden egyes, a kialakult tradícióban változást hozó elgondolásra legalább egy tucat kísérleti elképzelés jutott. Hiszen az elfogadott és elődeik helyét elfoglaló változatoknál sokkal nagyobb a használhatatlannak bizonyult, elutasítottak száma. A kérdés tehát az, hogy „Mi tesz tudo-

mányos eszméket jóvá, miként győzedelmeskednek riválisak felett?”, s ez röviden így ültethető át a darwini formulába: „Mi adja számukra a túlélés erejét?”

Ez az újrafogalmazás egyben új kérdésekhez és lehetőségekhez vezet. Induljunk ki abból – amint az a biológiából ismeretes –, hogy egy adott változás, mely előnyös egy bizonyos faj számára, meghatározott környezetben, egyáltalán nem előnyös más faj számára, sőt, más környezetben még ezen faj számára sem az. Így a tudományban, bizonyos elméleti lépés értékes lehet a problémák egy meghatározott csoportjának megközelítésében, míg ugyanez a lépés egy másik területen vagy más szituációban akár a fejlődés korlátjának is bizonyulhat. Láttunk erre példát a korábbiakban, amikor azt mutattuk be, hogy ugyanazon fejtegetések, melyek hasznosak voltak a fény elmélete szempontjából, nem jutottak szerephez a gravitációs elméletben; vagy gondoljunk azokra az elméleti eljárásokra, melyek fölöttébb haszontalanok voltak a kémiában, de később eredményeket hoztak a genetikában.

Ismételjük, az élő fajok nem azáltal maradnak fenn és fejlődnek, mert megfelelnek valamiféle egyetlen evolúciós követelménynek, hanem azért, mert a korábbi formák meglévő változatai közül csak ezek felelnek meg sikeresen a környezet sokoldalú követelményeinek. Elvontan könnyű kitalálni lehetséges „előnyöket”: elképzelni például, milyen haszonnal járna az ember számára, ha szárnyai lennének, melyekkel repülni tudna. Ez esetben relevánsabb azt mérlegelni, mit kellene fizetnünk a szárnyakért: így például a formátlan mellcsontot, mely a repüléshez szükséges. Csak ha ezt is figyelembe vesszük, akkor kezdenénk megérteni, hogy a fennálló szituációban a túlélő fajok miért nem „adaptálódtak még jobban” a tényleges szintnél.

Hasonló probléma vetődik fel a tudomány logikájában. Egy adott tudományos elmélet érdemeit elszigetelten szemlélve az ember könnyen elvont, de irreleváns ambíciók vonzásába kerül. Miért ne osztályozzuk a rivális teóriákat, egy skála fokozataival kifejezésre juttatva értékeiket? Miért ne alakítsuk ki a konfirmáció elméletét, a megerősítés számítását, mely által numerikus formában demonstrálhatnánk az egyik elmélet felsőbbbbségét a másikkal szemben? A túlformalizált tudományfilozófiának ez a legfőbb álma; a megvalósítás reményei azonban erősen korlátozottak. Két rivális hipotézis néha lehet olyan rokon egymással, hogy viszonylagos értékük valóban számítható: amit e téren tenni lehet, azt a matematikai statisztika „szignifikancia próbái” megteszik. De ez csak abban az esetben áll fenn, ha nem merülnek fel valóban bonyolult elméleti problémák. Látókörünk bővítésével és

olyan szituációk mérlegelésével, melyek olyan fogalmi újításokat követelnek, ahol több követelménynek kell eleget tenni, a tudományos elméletek „evidens osztályzatának” ötlete megvalósíthatatlanná válik.

Filozófusok néha azt állítják, hogy empirikus megfigyelések egy véges rendszere mindig végtelen számú hipotézissel magyarázható. E nézet alapja az az egyszerű megfigyelés, hogy véges számú pont ismeretében végtelen számú matematikai függvény fogalmazható meg. Ha a „magyarázat” nem volna több, mint függvények adott pontokhoz való igazítása, akkor e tannak nyilván lenne némi jelentősége a tudományos gyakorlat szempontjából. Valójában a tudós problémája nagyon eltérő: egy számos igényt támasztó intellektuális helyzetben az ő tipikus feladata az, hogy új felfedezéseket illesszen be örökölt gondolatrendjébe, anélkül, hogy szükségtelenül veszélyeztetné elődei intellektuális eredményeit. E probléma komplexitása teljesen különbözik a függvénymeghatározásától: a tudós számára nem hogy nem létezik a végtelen számú megoldási lehetőség, melyek közül csak választania kell, de sokszor az is zseniális ötletként, isteni szikraként hat, ha akár csak egyetlen egyet megtalál. A tudós tehát joggal válaszolhatja a logikusnak azt, amit a francia festő, Courbet válaszolt állítólag egyszer a kritikusoknak: „már az is elég nehéz, hogy az ember egyáltalán egy képet fessen, hát még egy jó képet”. A tudós jogosan válaszolhatná ugyanezt a formális logikusnak.

Az evolúciós elmélettel való párhuzam problémánk általunk nem várt aspektusaiban is hasznosítható. Hogy egyetlen példát mondjunk: egy örökölhető változat néha először csak véletlenül jelenik meg egy bizonyos populációban, akkor még anélkül, hogy birtokosai számára különösebb előnyt jelentene; ugyanezen változat később azonban rendkívül értékes lehet a leszármazottak számára, a környezetben bekövetkezett változások miatt. Egy vonás, melynek eredetileg nem volt értéke, ily módon válik jelentőssé teljesen előre láthatatlanul. A tudományban is találkozhatunk e jelenség analógiájával. Az „elemszám” fogalma adja a klasszikus példát erre. A kémiai anyagok sorbarendezése és táblázatba foglalása során, Dalton utódai az „atomsúlyt” az adott elem alapvető jellegzetességeként kezelték. A kémiai elemeket az atomsúly szerint felsorakoztatva, célszerűnek bizonyult e rendszeren belüli helyüket jelezni, ehhez index-számokat használtak. Így egy adott anyag elemszáma eredetileg nem volt több, mint e listán éppen soron következő sorszám. Ha csak húsz vagy huszonöt elem lett volna kilencven vagy annál több helyett, indexbetűket lehetett volna használni index-számok helyett, s az a hely, melyet egy sajátos elem a Mengyelejev-féle táblázaton elfoglal, saját „elembetűjével” lett volna jelezhető.

Kezdetben tehát az elemszámnak nem volt tudományos jelentősége.

Ha egy tudós azt mondta volna: „valaminek kell léteznie, ami 1 a hidrogén, 6 a szén és 8 az oxigén esetében – mi az?” – kérdését, mint valami fantáziálást sópörték volna félre; mintha valaki, aki megfigyelte, hogy a *Primula Veris* a 325. számú faj egy adott florában, azt kérdezné, mi az ami 325 a kankalinnál. A későbbi kutatás azonban teljesen eltérő státuszt adott az elemszám fogalmának. Az izotópok felfedezésével és a Bohr–Rutherford elmélet révén megszűnt pusztá indexszám lenni és az atom valódi „tulajdonságává” vált – sőt, elméleti szempontból jóval fontosabb tulajdonsággá, mint az atomsúly. Ugyanis azonosították az atommag pozitív elektromos töltésének mérőszámával, ami adott kémiai anyag valamennyi atomjára nézve azonos, még az izotópok esetében is, noha azok valamelyest eltérő atomsúllyal bírnak. Így lett a pusztá számjegyből, elméleti forradalom által, császár.

Ami pedig a jövőt illeti, hogy miként fog a tudomány fejlődni, s miként változnak eszméi és célkitűzései, e téren nem láthatunk többet előre, mint a fajok biológiai jövője esetében. A jövő embere új igényeket támaszthat tudományos munkájával szemben, s talán, mint érdektelent, törölhet néhányat azon követelményekből, melyeket mi még fontosnak tartunk. Az eset természetéből következően az ember aligha tehet többet annál, hogy mint pusztá lehetőséget állítja ezt: hiszen az alkotás szférájában előrelátni egy lehetőséget bármily részletességgel annyit tesz, mint félig megte-remteni azt. Az a fajta változás, amelyet a legkönnyebben tudunk elképzelni, egyszerűen csak bevégez egy olyan folyamatot, mely már szemmel láthatóan elkezdődött: például fizikai elméletek könnyebben vehetők komolyan, ha egyéb értékeikhez pótlólagosan a „programozhatóság” is kapcsolódik – vagyis ha csak modern elektromos számítógépeken futtathatók le. S nem kétséges, hogy ha e pótlólagos követelmény mindig kielégíthető anélkül, hogy feláldoznánk azon értékeket, elvárásokat, melyeket a fizikával szemben már ezelőtt is támasztottunk, ez nyilvánvalóan értékes előny lesz.

Mint valamennyi nagy kritikai tevékenység, a tudomány sem egy, hanem számos, egymáshoz kapcsolódó célt követ: amennyire csak lehetséges, e célokat egymással harmóniában kell kielégítenie, és joga van új célok kitűzésére. Bármely tevékenység történelme, amelynek hatótere ily sokat változik, számos szakaszra bomlik: sok legitim vizsgálódásra kellett vállalkozni, mielőtt a kísérleti igazolás modern ítélőszéke mai jelentőségére szert tehetett. A tudományos tevékenységben ma is a legkülönbözőbb tehetségekkel megáldott emberek számára nyílik lehetőség. Spekulatív képzelet, skrupulusz becsületesség, matematikai ismeretek, logikai világosság éppúgy, mint

kísérleti újítókészség és leleményesség: mindezek fontosak a legszélesebb értelemben vett tudomány sokoldalú törekvései szempontjából. E ponton látjuk a tudomány prediktivista ábrázolásának legsúlyosabb fogyatékoságát: azt a hamis benyomást kelti ugyanis, mintha a lehetőségek zártak lennének. Valamikor a hellén korban a tudósok feladataikat a matematikai előrejelzésre korlátozták: ami aztán következett, katasztrófális volt. Manapság többségünk számára a természet megértésének feladata jóval átfogóbb. Az előrejelzés egészében véve jó; de értelmeznünk kell, amit előrejelzünk. A tudomány fő mozgató ereje az a meggyőződés, hogy alapos és a képzelet által segített kutatás révén felépíthetjük fogalmi rendszerünket a természetről, mely fogalmi rendszer valamelyes jogot követelhet arra, hogy „valóság-hűnek” tekintsék. Ezért a tudománnyal szemben sohasem támaszthatunk kevesebbet, mint az alábbi hármas követelményt: magyarázó eljárásainak, (Kopernikusz szavaival élve) nemcsak a „számszerű adatokkal kell egybevágniuk”, hanem az adott korszak számára mindenképpen elfogadhatónak, és mindenesetre „abszolút” és „az elme számára tetszetős” interpretációknak kell lenniök.