

Levi hozzájárulását munkámhoz, mégpedig úgy, hogy én alig
vettem észre. Tettek azonban valami olyant – mindegyikük a
maga módján –, ami még ennél is fontosabb: hagyták a művet
létrejönni, sőt még szították is iránta táplált odaadásomat. Aki
maga is megbirkózott már olyan feladattal, mint amilyen az
enyém volt, tudhatja, olykor milyen árat kellett fizetniük. Nem
is tudom, hogyan hálálhatnám meg nekik.

Berkeley, California
1962. február

T. S. K.

10. Luhn

I. BEVEZETÉS: A TUDOMÁNYTÖRTÉNET SZEREPE

A tudománytörténet, ha többnek tekintjük anekdoták és kronológiai adatok tárházánál, gyökeresen átalakíthatja jelenlegi tudományfölfogásunkat. Mindmáig maguk a tudósok is nagyrészt kész tudományos eredményekből merítették elképzelésüket a tudomány mibenlétéről. Ezeket az eredményeket a klasszikusokból, újabban pedig kézikönyvekből meríti a tudósok minden új nemzedéke, amikor elsajátítja szakmája gyakorlatát. Ezek a könyvek azonban oktató és nevelő célzattal íródtak, s a belőlük származó tudományfogalom nem alkalmasabb a nagy eredmények kialakulási folyamatának érzékeltetésére, mint egy turistának szánt brosúra vagy nyelvkönyv valamilyen nemzeti kultúra megismertetésére. Az itt következő tanulmányban megpróbáljuk kimutatni, hogy a fent említett kézikönyvek lényegében félrevezetnek bennünket. Célunk egy egészen más tudományfogalom körvonalazása, amelynek forrása magának a kutatói tevékenységnek a története.

Ennek az új koncepciónak a kialakulása viszont még a tudománytörténet segítségével sem következhet be egyhamar, ha a történeti adatok feltárását és alapos vizsgálatát továbbra is főként azért végezzük, hogy megválaszolhassuk a tudományos szövegekből adódó történelmietlen sztereotípiák által fölvetett kérdéseket. E közlemények például gyakran valahogy azt sejtetik, hogy a tudomány tartalmát kimerítik a bennük leírt megfigyelések, törvények és elméletek. Ugyanezek a könyvek szinte mindig azt a benyomást keltik, hogy a tudományos módszerek kizárólag olyanok, mint a kézikönyvben közölt adatok összegyűjtésénél alkalmazott manipulatív eljárások, valamint azok a logikai műveletek, amelyeket ezeknek az adatoknak a könyv elméleti általánosításaival való összekapcsolására felhasználtak. Az ennek eredményeként kialakuló tudományfogalom már magában foglalja a tudomány lényegét és fejlődését illető alapvető következtetéseket is.

Ha a tudomány az általánosan elfogadott munkákban összegyűjtött tények, elméletek és módszerek halmaza, akkor tudósok mindazok, akik – sikeresen vagy sikertelenül – igyekeztek valamivel hozzájárulni ehhez a sajátos halmazhoz. A tudomány fejlődése pedig olyan folyamattá töredezik szét, amely az egyes elemek összekapcsolódásával a tudományos eljárások és ismeretek egyre növekvő tárházává válik. A tudománytörténetnek az lesz a feladata, hogy évkönyveiben rögzítse e folytonos gyarapodás részleteit és a felhalmozódásukat gátló akadályokat. A tudomány fejlődésével kapcsolatban eszerint a történelemnek két fő feladata van. Egyrészt, tisztáznia kell, hogy az egyes korok tudományában szereplő tényeket, törvényeket és elméleteket ki és mikor fedezte föl, illetve találta föl. Másrészt, le kell írnia és meg kell magyaráznia a modern tudományos kézikönyvek alkotórészeinek még gyorsabb felhalmozódását késleltető rengeteg tévedést, mítoszt és babonát. Sok kutató tűzött ki ilyen célokat, és néhány még mindig ezt teszi.

Az utóbbi években azonban a tudománytörténészek egy része érzi, hogy egyre nehezebben képes eleget tenni azoknak a feladatoknak, amelyeket a fejlődést az ismeretek és eljárások felhalmozódásával azonosító felfogás rájuk ró. Egy növekedési folyamat krónikáiként ráébrednek, hogy a további kutatások nem könnyebbé, hanem nehezebbé teszik az ilyenfajta kérdések megválaszolását. Mikor fedezték fel az oxigént? Ki fogalmazta meg először az energia megmaradásának elvét? Akadnak, akik egyre inkább sejtik, hogy ezek egyszerűen helytelen kérdéskérdések. Talán a tudomány nem is egyes felfedezések és feltalálások felhalmozódása révén fejlődik! Emellett ugyanezek a történészek mind nagyobb nehézségekbe ütköznek, amikor a régi megfigyelésekben és meggyőződésekben el akarják választani a „tudományos” elemet attól, amit elődeik rögtön „tévhitnek” és „babonának” kiáltottak ki. Mennél alaposabban vizsgálják – mondjuk – az arisztotelészi dinamikát, a flogisztónkémiát vagy a kalorikus termodinamikát, annál biztosabban érzik, hogy ezek a valaha általánosan elterjedt természettudományos nézetek egészükben nem voltak kevésbé tudományosak, és nem voltak inkább az emberi idioszinkrázia termékei, mint a ma divatosak. Ha ezeket az elavult hiedelmeket mítosznak nevezzük, akkor mítoszokat teremthetnek ugyanolyan módszerek, és az emberek hihetnek bennük ugyanolyan okokból, mint amilyenek ma-

napság tudományos ismereteket eredményeznek. Ha pedig tudománynak tartjuk őket, akkor a tudomány mai nézeteinkkel teljesen összeegyeztethetetlen hitelemeket tartalmaz. E lehetőségek közül a történésznek az utóbbit kell választania. Az idejélmúlt elméletek nem eleve tudománytalanok, pusztán azért, mert elvetették őket. Ez a választás viszont megnehezíti, hogy a tudomány fejlődését növekedési folyamatnak tekintsük. Mikor a történelmi kutatás megmutatja az egyes találmányok és felfedezések elkülönítésének nehézségeit, egyszersmind megrendíti azt a hitet, hogy ezek a tudományért tett egyéni erőfeszítések összegeződve valamiféle felhalmozódási folyamatot eredményeznek.

Míndezek a kételyek és nehézségek a tudománytörténelmi kutatások forradalmához vezettek, habár ez a forradalom még a kezdeteinél tart. A tudománytörténészek fokozatosan – gyakran anélkül, hogy teljesen a tudatában lennének – kezdenek újfajta kérdéseket föltenni, és kezdenek többféle – sokszor éppenséggel nem kumulatív – fejlődési sorokat földeríteni a tudományban. Ahelyett, hogy azokat a maradandó hatásokat keressék, amelyekkel valamely régebbi tudomány hozzájárult mai fölényes tudásunkhoz, megkísérlik e tudományt történelmi hűséggel a maga korában bemutatni. Nem az érdekli őket például, hogy miként viszonyulnak Galilei nézetei a modern tudományos felfogáshoz, hanem inkább az, hogy miként kapcsolódnak az ő nézetei saját környezetének – tanárainak, kortársainak és közvetlen utódainak – nézeteihez. Továbbá, e kör és a hasonló közösségek elgondolásait következetesen olyan – a modern tudományétól rendszerint nagyon is eltérő – nézőpontból vizsgálják, amely legalkalmasabb belső koherenciájuk megragadására, és leginkább megfelel sajátosságaiuknak. Ha a tudományt a fenti törekvéseket kifejező művek kínálta nézőpontból szemléljük (ennek az iránynak talán legjobb példái Alexandre Koyré írásai), akkor merőben más képet kell alkotnunk róla, mint a régebbi történetírói hagyomány alapján. Így, legalább közvetve, ezek a történelmi vizsgálódások fölvillantják egy új tudománykép lehetőségét. Munkánk az a célja, hogy az új tudománytörténet néhány következményének kifejtésével körvonalazzuk ezt az új tudományképet.

A tudománynak mely jellegzetességei domborodnak ki e kísérlet során? Elsőként, legalábbis a tárgyalás sorrendjében első-

anomáliát tár föl, amely ismételt próbálkozások után sem egyeztethető össze a szakmai várakozásokkal. A normál tudomány újra meg újra utat téveszt így vagy másképp. Amikor pedig ez bekövetkezik – azaz amikor a szakmabeliek már nem hagyhatják figyelmen kívül a tudományos gyakorlat meglevő hagyományát felbomlasztó anomáliákat –, akkor rendkívüli kutatások kezdődnek, amelyek végül új kötelezettségek vállalására, a tudományos kutatás új alapjának kidolgozására készítetik a szakmabelieket. A szakmai elkötelezettségek ilyen változásai rendkívüli események; ezeket nevezzük ebben a munkában tudományos forradalmaknak. A tudományos forradalmak a normál tudomány hagyományhú működésének hagyománytörő kiegészítései.

A tudományos forradalmak legszembetűnőbb példái a tudomány fejlődésének azok a nevezetes eseményei, amelyeket már ezelőtt is gyakran forradalomnak tekintettek. Ezért a IX. és X. fejezetben, ahol először vizsgáljuk közvetlenül a tudományos forradalmak lényegét, Kopernikusz, Newton, Lavoisier és Einstein nevével kapcsolatban fogunk foglalkozni a tudomány fejlődésének nagyobb fordulópontjaival. A természettudomány történetének ezek az eseményei minden egyébnél világosabban tárják föl, hogy mik is tulajdonképpen a tudományos forradalmak.

Mindegyik tudományos forradalom elkerülhetetlenné tette, hogy a közösség elvesse a hagyományos tudományos elméletet egy vele összeegyeztethetetlen másik kedvéért, következésképpen mindegyik megváltoztatta a tudományos vizsgálódás számára hozzáférhető kérdések körét és azokat a kritériumokat, amelyek alapján a szakma eldönti, hogy mi tekinthető értelmes problémának és mi jogos problémamegoldásnak. Mindegyik úgy átalakította a tudományos képzelőerőt, hogy azt kell mondanunk: maga a tudományos munka színterét képező világ alakult át. Mindezek a változások az őket szinte mindig kísérő vitákkal együtt adják a tudományos forradalmak meghatározó sajátosságait. Ezek a jellegzetességek egyértelműen kiderülnek például a newtoni vagy a kémiai forradalom tanulmányozása során. Munkám egyik alaptétele viszont, hogy e sajátosságok sok más, nem olyan nyilvánvalóan forradalmi jellegű esemény vizsgálatával is megragadhatók. Bár a tudósok sokkal kisebb körét érintették, Maxwell egyenletei éppoly forradalmiak vol-

tak, mint Einsteinéi, és ennek megfelelően legalább akkora ellenállásba ütköztek. Más új elméletek kidolgozása rendszeresen és jó okkal ugyanilyen ellenhatást vált ki néhány olyan tudósból, akiknek a szakterületére illetéktelenül betörték. E szakemberek számára az új elmélet a normál tudomány addigi gyakorlatát irányító szabályok megváltozását jelenti, ezért elkerülhetetlenül rossz fényt vet sok, általuk már sikeresen elvégzett tudományos munkára. Ez a magyarázata annak, hogy az új elmélet – bármily szűk legyen is alkalmazásának köre – ritkán vagy sohasem pusztán adalék a már ismerthez. Teljes feldolgozásához át kell alakítani a korábbi elméletet és újra kell értékelni az előző helyzetet; e valóságos forradalmi folyamat ritkán egy ember műve, és sohasem megy végbe egyik napról a másikra. Nem csoda, hogy a történészek nehezen állapítják meg a pontos időhatárait ennek a hosszú folyamatnak, amelyet szóhasználatuknak megfelelően elszigetelt eseményként fognak fel.

Azonkívül a tudományos élet eseményei közül nem is kizárólag az elmélet megújítása van forradalmi hatással az érintett területen működő szakemberekre. A normál tudományt irányító elkötelezettségek nemcsak azt határozzák meg, hogy milyen entitásokat tartalmaz a világmindenség, hanem közvetve azt is, hogy melyeket nem tartalmaz. Ebből következik – egyébként erről még részletesebben kell majd szólnunk –, hogy például az oxigén vagy a Röntgen-sugarak fölfedezése nem pusztán egy újabb adalék a tudós világához. Végül ez lesz a fölfedezés eredménye, de csak azután, ha a tudományos közösség már átértékelte a hagyományos kísérleti eljárásokat, megváltoztatta a felfogását a régóta ismert entitásokról, és folyamatosan átalakította a világ megértését szolgáló elméleti rendszerét. Tudományos tény és tudományos elmélet nem különíthető el kategorikusan, legfeljebb talán a normál tudomány valamely önmagában vett hagyományán belül. Ezért a váratlan felfedezés jelentősége nem csupán tényszerűségében rejlik, s az alapvető ténybeli vagy elméleti újítások a tudós világát minőségileg is átalakítják és mennyiségileg is gyarapítják.

Az itt következő tanulmányban a tudományos forradalmak lényegének ezt a tágabb értelmezését körvonalazom. A fogalomnak ez a kiterjesztése kétségkívül eltér megszokott használatától. Én azonban gyakran egyszerű felfedezéseket is forradalmiként fogok jellemezni, ugyanis éppen az teszi fontossá szá-

ként az, hogy sok tudományos kérdés egyetlen helyes megoldása sem adódik közvetlenül magukból a módszertani irányelvekből. Bárki, aki megtanulja, hogyan kell vizsgálni az elektromos és kémiai jelenségeket, ha járatlan ezek terén, de tudja, hogy a tudomány szerint milyenek kell lenniük, több, egyformán jogosult, viszont egymással összeegyeztethetetlen eredményre juthat. Hogy e jogos lehetőségek közül ténylegesen mely következtetésekre jut, valószínűleg más területeken szerzett korábbi tapasztalataitól, kutatómunkájának esetlegességeitől és egyéni alkatától függ. A csillagokra vonatkozó hiedelmek közül például melyeket használja fel, amikor kémiával vagy elektromossággal foglalkozik? Az új kutatási területhez illő sok elképzelhető kísérlet közül melyiket hajtja végre először? És az ekkor kirajzolódó összetett jelenség mely mozzanatait tartja elsősorban alkalmasnak a kémiai változás vagy az elektromos affinitás lényegének tisztázásához? Az egyén számára mindenképp, és olykor a tudományos közösség számára is, az ilyenfajta kérdésekre adott válasz többnyire lényegi meghatározója a tudományos fejlődésnek. A II. fejezetben például elmondjuk majd: a legtöbb tudomány fejlődésének korai szakaszát az jellemezte, hogy állandóan több eltérő természetszemlélet versenyzett egymással, melyek mindegyike részben a tudományos megfigyelés és módszer előírásaiból származott, és nagyjából összeegyeztethető is voltak velük. Ezeket az eltérő iskolákat nem az alkalmazott módszer valamilyen hibája különböztette meg – mind „tudományosak” voltak –, hanem valami, amit csak így lehet jellemezni: az egyes iskolák összehasonlíthatatlan módokon látták a világot és a világban folytatható tudományos munkát. A megfigyelésnek és a tapasztalatnak lehet és kell messzemenően korlátoznia az elfogadható tudományos meggyőződés körét, másképp nincs tudomány. Egyedül a megfigyelés és a tapasztalat azonban nem döntheti el valamely sajátos tudományos meggyőződés milyenségét. Az adott tudományos közösség által bizonyos időszakban elfogadott vélekedések létrejöttében mindig közrejátszik egy látszólag önkényes, személyes és történeti esetlegességekből összeálló mozzanat.

Ez az önkényesség mozzanat azonban nem jelenti azt, hogy akadhat minden bevett meggyőződés nélkül tevékenykedő tudományos közösség; s nem is csökkenti annak fontosságát, hogy a csoport egy adott időpontban ténylegesen külön társu-

lássá szerveződik. Hatékony kutatás aligha kezdődhet mindaddig, amíg a tudományos közösség nem jut arra a meggyőződésre, hogy határozott választ talált az ilyenfajta kérdésekre: Melyek a világmindenséget alkotó alapvető entitások? Milyen kölcsönhatásban vannak ezek egymással és az értelemmel? Milyen kérdéseket tehetünk fel joggal ezekkel az entitásokkal kapcsolatban, és milyen eljárásokat alkalmazhatunk a válaszok keresése során? A tudományok, legalábbis az érett tudományok ilyen kérdésekre adott válaszai (vagy a válasz szerepét betöltő állítások) szilárdan beépülnek abba a tananyagba, melynek elsajátítása készíti elő és jogosítja fel hivatásukra a tudósjelölteket. A képzés egyszerre szigorú és merev, ezért e válaszok erősen befolyásolják a tudományos gondolkodást. Jórészt erre vezethető vissza a normál kutatási tevékenység sajátos hatékonysága, és többnyire ezzel magyarázható az ilyen kutatás iránya is. A III., IV. és V. fejezetben a normál tudomány keretében folyó kutatást végül is olyan kitartó és hiábavaló erőfeszítésként akarjuk jellemezni, amely a természetet a szakképzésből származó fogalmi keretekbe próbálja belekényszeríteni. Ugyanakkor azt a kérdést is föl fogjuk tenni, hogy lehetséges-e egyáltalán kutatás ilyen sémák nélkül, bármilyen szerepe van keletkezésükben és néha további fejlődésükben az önkényességnek.

Az önkényesség mozzanata mindenképpen jelen van, és ez is jelentősen hat a tudomány fejlődésére. Ezzel a VI., VII. és VIII. fejezetben fogunk foglalkozni. A normál tudomány – az a tevékenység, amellyel a legtöbb tudós szinte minden idejét eltölti – arra a feltevésre épül, hogy a tudományos közösség tudja, milyen a világ. A közösség vállalkozásának sikere nagyrészt azon múlik, hogy hajlandó-e megvédeni ezt a feltevést, akár komoly áron is. A normál tudomány például gyakran lényeges új felismeréseket sem enged érvényesülni, mivel ezek szükségképpen akadályoznák alapvető elkötelezettségei teljesítését. Ha viszont ezek az elkötelezettségek önkényes mozzanatot is tartalmaznak, akkor a normál kutatás lényegéből következik, hogy az új felismerés túlon túl sokáig nem fojtható el. Néha egy normál probléma makacsul ellenáll azoknak a támadásoknak is, amelyeket a megfelelő szakterület legképzettebb kutatói intéznek ellene, pedig ismert szabályok és eljárások segítségével megoldhatónak kellene lennie. Máskor egy normál kutatási célra szánt és szerkesztett berendezés nem a várt módon viselkedik, olyan

momra a fogalom kiterjesztését, hogy ezáltal a felfedezések szerkezete és a forradalom – például: a kopernikuszi fordulat – között összefüggést állapíthatok meg. Az eddigi tárgyalásmód már jelzi, hogyan építem majd föl az alább következő kilenc fejezetben a normál tudomány és a tudományos forradalom egymást kiegészítő fogalmát. A könyv többi részében még három megoldatlan fő kérdésre próbálok válaszolni. A XI. fejezetben, a kézikönyvekkel kapcsolatos hagyományokat fejtegetve, azt boncolgatom, hogy régebben miért voltak oly nehezen felismerhetők a tudományos forradalmak. A XII. fejezet a régi, normál tudományos tradíció védelmezői és az új irányzat hívei közötti forradalmi versenyt írja le. Azt a folyamatot gondolom át tehát, amelynek a tudományos kutatás elméletében fel kell váltania a szokásos tudományfelfogásunkból jól ismert verifikációs és falszifikációs eljárások helyét a tudományos kutatás elméletében. Valójában csak a tudományos közösség egyes csoportjai közötti versenynek mint történeti folyamatnak az eredménye lehet, hogy elvetnek egy addig elfogadott tudományos elméletet, és elfogadnak egy újat. Végül, a XIII. fejezetben felteszem majd a kérdést: hogyan egyeztethető össze a forradalmakon át zajló fejlődés a tudomány haladásának látszólag egységes jellegével? E kérdést illetően azonban itt a válasznak csak a fő körvonalait vázolhatjuk föl; ez a megoldási kísérlet a tudományos közösség jellegzetességeire támaszkodik, s még sok további anyaggyűjtést és tanulmányozást igényel.

Gondolom, egyes olvasók már föltették a kérdést: elvezethet-e egyáltalán a történeti jellegű kutatás a fogalmi rendszer olyanfajta átalakulásához, mint amilyent itt javasoltunk? Ismert dichotómiák egész sora azt sugallja, hogy ez lehetetlen. Túlon túl biztosak vagyunk abban, hogy a történetírás tisztán leíró tudomány. A most előadott tételek azonban jórészt értelmező jellegűek, sőt akad köztük normatív állítás is. Ezenkívül sok általánosításom a tudósok szociológiájára vagy szociálpszichológiájára vonatkozik; legalább néhány következtetésem pedig hagyományosan a logikához vagy az ismeretelmélethez tartozik. Sőt úgy tűnhet, hogy az előző bekezdésben megsértettem a „felfedezés kontextusa” és „az igazolás kontextusa” közötti különbségtevés napjainkban oly elterjedt elvét. A különböző területek és vonatkozások ilyen keveredése lehet-e másnak a jele, mint a mélységes zűrzavaré?

Tekintve, hogy szakmai intellektuális képzésben nagy szerepe volt az ilyen és hasonló megkülönböztetéseknek, nagyon is tisztában vagyok jelentőségükkel és hatékonyságukkal. Hosszú évekig feltételeztem, hogy a tudomány lényegéről adnak eligazítást, és még mindig hiszem, hogy – megfelelően átdolgozott formában – fontos mondanivalójuk van számunkra. Valahányszor azonban megpróbáltam – akár csak nagyjából – az ismeretek szerzésének, elfogadásának és alkalmazásának valószínűségi körülményeire vonatkoztatni őket, rendkívül problematikusnak bizonyultak. Most már úgy látszik, hogy ezek a megkülönböztetések inkább éppen azokra a kérdésekre adott válaszok hagyományos rendszerének szerves részei, amelyek megoldására szánták őket, semmint elemi logikai vagy módszertani disztinkciók; az utóbbi esetben ugyanis megelőznék a tudományos ismeretek elemzését. Az összefüggésnek ez az önmagába záródása egyáltalán nem érvényteleníti, de egy elmélet részeivé teszi őket, és ezért alávethetők ugyanolyan szabályos vizsgálatoknak, mint amilyeneket más elméleti területeken alkalmaznak. Feltéve, hogy tartalmuk több pusztán absztrakciónál, ezt a tartalmat fel is kell fedezni, ha megfigyeljük, alkalmazhatók-e ezek a disztinkciók azokra az adatokra, amelyeknek a megmagyarázására valók. Elképzelhető-e, hogy ne a tudománytörténet legyen az egyik kútfője azoknak a jelenségeknek, amelyekre – a jogos várakozások szerint – alkalmazhatóknak kell lenniük a tudást vizsgáló elméleteknek?