

MESZTER

Az Osiris Kiadó és a Láthatatlan Kollégium egyetemi
tankönyvsorozata

A kötet megjelenését támogatta a Ford Alapítvány.

Sorozatszerkesztők

Babarczy Eszter, Erdélyi Ágnes

TUDOMÁNY- FILOZÓFIA

Budapest
1998

Osiris Kiadó
Láthatatlan Kollégium

igaznak nevezni nem más, mint ismét állítani. Talán nem igaz, s talán erre rá is jövünk, de bárhogyan legyen is, nincs elméleten kívüli igazság, nincs magasabb rendű igazság, mint az, melyre jogot formálunk, vagy melyre aspirálunk, miközben a világra vonatkozó rendszerünket belülről javítgatjuk. Ha a mienk lenne az imént elképzelt két legjobb rivális elmélet egyike, feladatunk az lenne, hogy ragaszkodjunk saját törvényeink igazságához és a másik elmélet hamisságához azoknál a pontoknál, melyeknél a kettő ellentmond.

Ennek kissé kultúrrelativista hangzása van. Ezen az úton azonban paradoxonokhoz jutunk. Az igazság, mondja a kulturális relativizmus képviselője, kultúrákhoz kötött. Amennyiben azonban ez így lenne, akkor a kultúrrelativistának a saját kultúráján belüli igazságát abszolútnak kellene tekintenie. Nem hirdetheti a kulturális relativizmust anélkül, hogy ne haladná meg, és nem haladhatja meg anélkül, hogy ne kelljen feladnia.

Végül gondolkodjunk el a következő fantáziajátékon. Tegyük fel ismét, hogy létezik a világnak két rivális rendszere, amelyeket minden tapasztalat egyformán alátámaszt, amelyek egyformán egyszerűek, és nem egyeztethetők össze predikátumaik rekonstrukciója által. Tegyük fel továbbá, hogy fölismerjük empirikusan ekvivalens voltukat. Vajon továbbra is csak az egyik elméletet fogadhatjuk el, és a másikat el kell utasítanunk valamilyen irracionális elkötelezettségből fakadó, redukálhatatlan egzisztencialista döntés alapján? Egy ilyen kérdésben furcsán hat az irracionális elkötelezettség, és azt hiszem, van jobb megoldás is. Ez az a különleges helyzet, ahol jól tesszük, ha a nyílt dualizmust választjuk. A rivális elméletek közötti oszcilláció amúgy is a természettudományok bevett eljárása, ez ugyanis csak annyit jelent, hogy az alternatív hipotéziseket is megvizsgálják és értékelik. Ahol pedig soha nem is lesz választási kritérium, ott egyszerűen mindkét rendszert és diskurzust szabadon alkalmazhatjuk, csak egyértelműen jelezniük kell, hogy melyik játékot játsszuk. Az egyértelmű jelek alkalmazása esetén két egymásra redukálhatatlan és egymásnak nem ellentmondó elmélettel van dolgunk.

Fordította: Ambrus Gergely

THOMAS
S. KUHN

MIK IS AZOK A TUDOMÁNYOS FORRADALMAK?

Majd húsz esztendeje már, hogy először tettem különbséget a tudományos fejlődés általam különbözőnek vélt két típusa, a normál és a forradalmi között.¹ A legtöbb sikeres tudományos kutatás első típusú változást eredményez, s ennek természetét jól fejezi ki a standard kép: a normál tudomány szolgáltatja azokat a téglákat, melyeket a tudományos kutatás az idők végezetéig hozzáadogat a tudományos tudás egyre magasodó épületéhez. A tudományos fejlődés e kumulatív felfogása jól ismert, s tekintélyes módszertani irodalom kialakulásában játszott szerepet. Mind e felfogás, mind az ennek jegyében létrejött módszertani elképzelések a jelentős tudományos tevékenység nagy részére alkalmazhatók. A tudományos fejlődésnek azonban van egy nem kumulatív fajtája is, s azok az epizódok, melyek ennek példái, kivételes rálátást nyitnak a tudományos megismerés egy centrális összetevőjére. Visszatérve egy engem régóta izgató problémához, megpróbálok hát néhány ilyen látószöveget megnyitni, előbb a forradalmi változás három példájának leírásával, majd a bennük közös három jellegzetesség rövid tárgyalásával. A forradalmi változásoknak kétségtelenül vannak más közös jellegzetességeik is, de ez a három elégséges alapot biztosít a mostanában engem foglalkoztató elméletibb jellegű elemzésekhez, melyeket e tanulmány végén – némiképp kifejtetlenül – fel is fogok használni.

Mielőtt hozzáfognék az első, részletesen tárgyalt példához, azok kedvéért, akik nem ismerik az általam használt fogalmakat, hadd próbáljam megvilágítani, minek a példájáról is van szó. A forradalmi változást részben a normál változástól való különbözőségével definiálom, a normál változás pedig, mint már utaltam rá, az, mely a korábbi tudás gyarapodását, szaporodását, kumulatív kiegészülését eredményezi. A tudományos törvények például rendszerint e normál folyamat termékei: Boyle törvénye illusztrálja, hogy miről van szó. E törvény fölfedezői korábban is rendelkeztek a gáznyomás és térfogat fogalmaival, valamint a nagyságuk meghatározásához szükséges eszközökkel. Az a fölfedezés, hogy adott gázmennyiség nyomása és térfogata konstans hőmérsékletnél változatlan, egyszerűen hozzáadódott az arról való tudáshoz, hogy hogyan viselkednek ezek az

¹ Kuhn, Th. S.: *The Structure of Scientific Revolutions*. 2. jav. kiad. Chicago: University of Chicago Press, 1969. A könyv először 1962-ben jelent meg. (Magyarul: *A tudományos forradalmak szerkezete*. Budapest: Gondolat, 1984. Ford.: Bíró Dániel.)

előzetesen ismert² változók. A tudományos haladás túlnyomórészt ilyen normál kumulatív jellegű – de nem halmozom a példákat.

A forradalmi változások másfélék, és sokkal problematikusabbak. Idetartoznak az olyan felfedezések, melyek nem illeszthetők be a korábban használt fogalmi keretbe. Egy ilyen felfedezéshez vagy ennek asszimilálásához meg kell változtatni azt a módot, ahogy valaki a természeti jelenségek egy bizonyos tartományát leírja, vagy ahogy erről gondolkodik. Ilyen jellegű volt Newton második mozgástörvényének fölfedezése (az ilyen esetekre talán jobb szó lenne az „invenció”). Az erő és tömeg e törvényben alkalmazott fogalmi különbözőnek a törvény bevezetése előtt használtaktól, s maga a törvény lényegi szerepet játszott az új fogalmak definiálásában. Teljesebb, de primitívebb példát ad a ptolemaiosziról a kopernikuszi asztronómiára való átváltás. A váltást megelőzően a Nap és a Hold bolygók voltak, a Föld pedig nem. Utána viszont a Föld bolygó volt, mint a Mars és a Jupiter, a Nap csillag volt, a Hold pedig egy újfajta égitest: mellékbolygó. Az efféle változások nem egyszerűen a ptolemaioszi rendszer egyedi hibáinak korrekciói voltak. Miként a newtoni mozgástörvényekre való átváltás, ezek sem csupán a természeti törvények, hanem azon kritériumok megváltozását is jelentették, melyeken keresztül e törvények egyes terminusai a természethez kapcsolódtak. Továbbá, e kritériumok részben az őket bevezető elmélettől fügtek.

Ha ilyesféle referenciális változások kísérik egy elmélet vagy törvény megváltozását, akkor a tudományos fejlődés nem lehet igazán kumulatív. Nem juthatunk a régitől az újhoz egyszerűen azáltal, hogy hozzáadunk valamit a már tudotthoz. Nem tudjuk igazán leírni sem az újat a régi szótárral, sem pedig vice versa. Vegyük szemügyre a következő vegyes mondatot: „A ptolemaioszi rendszerben a bolygók a Föld körül keringenek, míg a kopernikuszi rendszer bolygói a Nap körül.” Szigorú értelemben véve, ez a mondat inkohérens. Az első „bolygó” terminus ptolemaioszi, a második kopernikuszi értelemben szerepel, s a kettő különbözőképpen kapcsolódik a természethez. Nincs a „bolygó” terminusnak olyan egyértelmű olvasata, mely e vegyes mondatot igazá tenné.

Az ilyen vázlatos példák persze csupán utalások arra, ami a forradalmi változásnál történik. Ezért a következőkben néhány részletesen kidolgozott példát mutatok be, kezdve azzal, mely egy generációval ezelőtt felhívta figyelmemet a forradalmi változásra. Az arisztotelésziről a newtoni fizikára való átváltásra gondolok, melynek csupán egy kis, a

² Az „előzetesen ismert” kifejezést C. G. Hempel vezette be, megmutatva, hogy a megfigyelési és teoretikus terminusok megkülönböztetését involváló vitákban ez sok esetben ugyanazt a célt szolgálja, mint a „megfigyelési” (lásd különösen *Aspects of Scientific Explanation* című munkáját, New York: Free Press, 1965. p. 208. skk.). Kölcsönveszem ezt a kifejezést, mivel az „előzetesen ismert” terminus fogalma lényegileg történeti, s a logikai empirizmusbeli használatra fontos átfedése utal a tudományfilozófia hagyományos és újabb, történeti megközelítésmódja között. Főleg a logikai empiristák által a fogalomalkotás és a teoretikus terminusok definiálása problémáinak tárgyalásához kifejlesztett, gyakran elegáns apparátust vehetné át egészében a történeti megközelítésmód, s használhatná fel az új fogalmak alkotásának és új terminusok definiálásának (mely rendszerint egy új elmélet bevezetésével összefüggésben történik) elemzésére. A megfigyelési/teoretikus dichotómia egy fontos része fejlődéselméleti megközelítésű tárgyalásának szisztematikusabb módját dolgozta ki Joseph D. Sneed (*The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht: Reidel, 1971. pp. 1–64., 249–307.). Wolfgang Stegmüller megvilágította és kiterjesztette Sneed kísérletét azzal, hogy megalkotta a teoretikus terminusok hierarchiáját, melynek minden szintjét egy határozott történeti elmélet keretében vezette be (*The Structure and Dynamics of Theories*. New York: Springer, 1976. pp. 40–67., 196–231.). A lingvisztikai szintek így kialakult képe érdekes párhuzamot mutat a Michel Foucault által tárgyalttal (*The Archeology of Knowledge*. Ford.: A. M. Sheridan Smith. New York: Pantheon, 1972).

mozgás és a mechanika köré csoportosítható része vizsgálható itt, s még az is csak vázlatosan. Mi több, beszámolóm megfordítja a történeti rendet, s nem azt írja le, mire volt szükségük az arisztoteléanus természetfilozófusoknak ahhoz, hogy eljussanak a newtoni fogalmakhoz, hanem azt, mire volt szükségem nekem mint newtoni szellemben kiképzett gondolkodónak ahhoz, hogy eljussak az arisztoteléanus természetfilozófia fogalmaihoz. Egyszerűen kijelentem, hogy az út, melyen én az írott szövegek segítségével visszafelé haladtam, nagyjából ugyanaz, mint az, melyet a korábbi tudósoknak – nem szövegek, hanem a természet vezetésével – előrefelé kellett megtenniük.

1947 nyarán, végzős fizika szakos egyetemistaként, a mechanika fejlődéséről próbáltam esettanulmányt írni egy, a tudományról szóló, de nem tudománnyal foglalkozóknak szánt kurzushoz. Ekkor olvastam először Arisztotelész néhány fizikai tárgyú írását, s – egyáltalán nem meglepő módon – fejemben a korábban olvasott newtoni mechanikával közelítettem Arisztotelész szövegeihez. A kérdés, melyre választ kerestem, az volt, mennyi mechanikát tudott Arisztotelész, s mennyinek a fölfedezését hagyta Galileire, Newtonra és másokra. A feladat e megfogalmazása után igen hamar rájöttem, hogy Arisztotelész jóformán egyáltalán nem értett a mechanikához. Minden utódaira, főként a XVI–XVII. századiakra maradt. E konklúzió standardnak számított, s elvileg lehetett volna helyes is. Én azonban zavarónak találtam, mivel olvasatomban Arisztotelész nemcsak a mechanikáról nem tudott semmit, de félelmetesen rossz fizikusnak is mutatkozott. Úgy tűnt, hogy írásai – különösen a mozgással kapcsolatban – tele vannak hajmeresztő logikai és megfigyelési hibákkal.

E konklúziók valószínűtlenek voltak. Végül is Arisztotelész volt az ókori logika mindenki által tisztelt kodifikátora. Műve, halála után majd kétezer évig, ugyanazt a szerepet töltötte be a logikában, mint Eukleidészé a geometriában. Emellett Arisztotelész gyakran rendkívül pontos természetmegfigyelőnek bizonyult. A biológiában különösen leíró munkái szolgáltattak olyan modelleket, melyek a XVI. és XVII. században centrális jelentőségűek voltak a modern biológiai tradíció kialakulása szempontjából. Hogyan hagyhatta oly szisztematikusan cserben őt jellegzetes tehetsége, mikor a mozgást és a mechanikát tanulmányozta? Másfelől, ha tehetsége így cserbenhagyta, miért vették halála után oly sok évszázadon át annyira komolyan fizikai írásait? Ezek a kérdések nem hagytak nyugodni. Azt könnyű volt elhinni, hogy Arisztotelész megbotlott, de azt nem, hogy a fizika területére lépve teljesen összeroskadt. Nem lehetséges-e, hogy én követtem el hibát, s nem Arisztotelész – tettem föl magamnak a kérdést. Hátha szavai nem mindig jelentették neki és kortársainak ugyanazt, mint nekem s az én kortársaimnak.

Ettől az érzéstől hajtva tovább töprengtem a szövegen, s gyanúm végül megalapozottan bizonyult. Íróasztalomnál ültem, előttem kinyitva Arisztotelész *Fizikája*, kezemben négyzsinű toll. Tűnődve bámultam ki szobám ablakán – máig őrzöm a képet, mely szemem előtt volt. Ekkor hirtelen új rendbe álltak össze fejemben a töredékek, s egyszerre minden a helyére került. Leesett az állam, mivel Arisztotelész egyszerre valóban rendkívül jó fizikusként jelent meg, de olyanként, amilyennek lehetőségességéről sohasem álmodtam. Most már értettem, miért mondta, amit mondott, s miért tisztelték annyira. Azok az állítások, melyek azelőtt hajmeresztő tévedéseknek tűntek, most legrosszabb esetben kissé pontatlan találatoknak látszottak egy életerős és egészében sikeres tradíción belül. Ez a tapasztalat (a részletek hirtelen újrendeződnek, s új módon állnak össze) a forradalmi változás első általános jellemzője, melyet további példák megvizsgálása után fogok taglalni. Bár a tudományos forradalmak sok apró tennivalót hagynak, a centrális változás nem tapasztal-

ható apródonként, nem lépésenként megy végbe. Inkább egy viszonylag hirtelen, struktúrálatlan átalakulás, melyben a tapasztalat áradatának egy része másként rendeződik el, s megmutat olyan mintázatot, amelyek azelőtt nem voltak láthatók.

Hogy mindezt kissé konkrétabbá tegyem, hadd illusztráljam most, mit tartalmazott Arisztotelész fizikájának a szöveget értelmessé tevő olvasata. Az első illusztráció sokak számára ismerős lesz. Amikor a „mozgás” terminus felbukkan Arisztotelész fizikájában, nem csupán egy fizikai test helyzetének megváltozására, hanem az általában vett változásra referál. A helyváltoztatás, mely Galilei és Newton mechanikájának kizárólagos tárgya, Arisztotelész számára csupán a mozgás számos alkategóriájának egyike. A mozgások közé tartozik a növekedés (a makk átalakulása tölgyfává), az intenzitás módosulása (egy vasrúd áthévílése) s számos más, általánosabb minőségi változás (betegből egészségessé válás). Ennek következtében (bár Arisztotelész észreveszi, hogy a különféle alkategóriák nem minden vonatkozásban hasonlóak) a mozgás felismerése és elemzése szempontjából releváns, alapvető jellemzőknek alkalmazhatónak kell lenniük mindenféle változásra. Bizonyos értelemben ez nem pusztán metaforikus; a mozgás minden fajtáját hasonlóan, egyetlen természetesen családot alkotónak tekinti.³

Arisztotelész fizikájának egy második – az elsőnél nehezebben felismerhető, de annál fontosabb – aspektusa a minőségek központi szerepe fogalmi rendszerében. Ezen nem egyszerűen azt értem, hogy célja a minőség vagy a minőség változásának magyarázata, hiszen ezt másféle fizikák is megtették. Arra gondolok inkább, hogy az arisztotelészi fizika megfordítja az anyag és minőség – számunkra a XVII. század közepe óta standard – ontológiai hierarchiáját. A newtoniánus fizikában a test anyagrézecskekből áll, s minőségét az anyagrézecskek elrendezési módja, mozgása és kölcsönhatása határozza meg. Arisztotelész fizikájában viszont az anyag majdhogynem mellőzhető. Neutrális szubsztátum csupán, mely mindenütt jelen van, ahol test létezhetne – vagyis mindenütt, ahol van tér vagy hely. Bárhol, ahol e neutrális szubsztátum (egyfajta szivacs) megfelelően át van itatva individuális identitást biztosító minőségekkel, mint hő, nedvesség, szín stb., ott meghatározott test, szubsztancia létezik. A változás a minőségek, nem az anyag változása, például bizonyos minőségek eltávolítása és másokkal való helyettesítése valamely anyagban. Még bizonyos implicit megmaradási törvények is vannak, melyeket a minőségeknek láthatólag be kell tartaniuk.⁴

Arisztotelész fizikájának vannak más, hasonlóan általános aspektusai is, melyek némelyike igen fontos. Én azonban e kettő fölhasználásával közelítem meg az engem foglalkoztató problémát, s csupán mellékesen fogok megemlíteni egy másik jól ismert aspektust. Azt szeretném megmutatni, hogy amint felismerjük Arisztotelész látásmódjának ezen s más aspektusait, ezek elkezdnek összeállni, kölcsönösen megerősítik egymást, s így együttesen olyan jelentésre tesznek szert, mellyel egyenként nem rendelkeznek. Amikor megvilágosodott számomra Arisztotelész szövege, az általam éppen leírt új elemek s koherens összefüggésük ténylegesen egyszerre nyert értelmet.

³ Mindehhez lásd Arisztotelész *Fizikáját*. V. könyv, 1–2. fejezet (224a21–226b16). Vegyük észre, hogy Arisztotelésznek van a mozgásnál átfogóbb változások fogalma. A mozgás a szubsztancia megváltozása, valamiből valamivé válás (225a1). A változás azonban tartalmazza a keletkezést és pusztulást, azaz a semmiből valamivé s a valamiből semmivé válást is (225a34–225b9), s ezek nem mozgások.

⁴ Vö. Arisztotelész: *Fizika*. I. könyvvel, s főként *A keletkezésről és pusztulásról* című művének II. könyv, 1–4. fejezeteivel.

Kezdjük a kvalitatív fizika imént vázolt fogalmával. Mikor a mindenütt jelen levő, neutrális anyaghoz rendelt minőségek meghatározásával analizálunk egy bizonyos tárgyat, az egyik meghatározandó minőség a tárgy helyzete, vagy Arisztotelész terminológiájával: a tárgy helye. Így a pozíció – miként a nedvesség vagy forróság – a tárgy minősége, mely megváltozik, ha a tárgy mozog vagy mozgattatik. A helyváltoztató mozgás (newtoni értelemben ez maga a mozgás) tehát Arisztotelész szerint minőség- vagy állapotváltozás, nem pedig állapot, mint Newton számára. S pontosan a minőségváltozásként való fölfogás az, ami lehetővé teszi, hogy a mozgást besoroljuk a másféle változások – például makkból tölgyfa, betegségből egészség – közé. Ez a besorolás az arisztotelészi fizikának az az aspektusa, melyből kiindultam, de az utat ugyanígy végigjárhattam volna a másik irányban is. A mozgás változásként való fölfogásának és a kvalitatív fizikának a koncepciója mélyesen összefüggőnek, majdhogynem azonosnak bizonyult. Ez a részek összeillő, összefonódó voltának első példája.

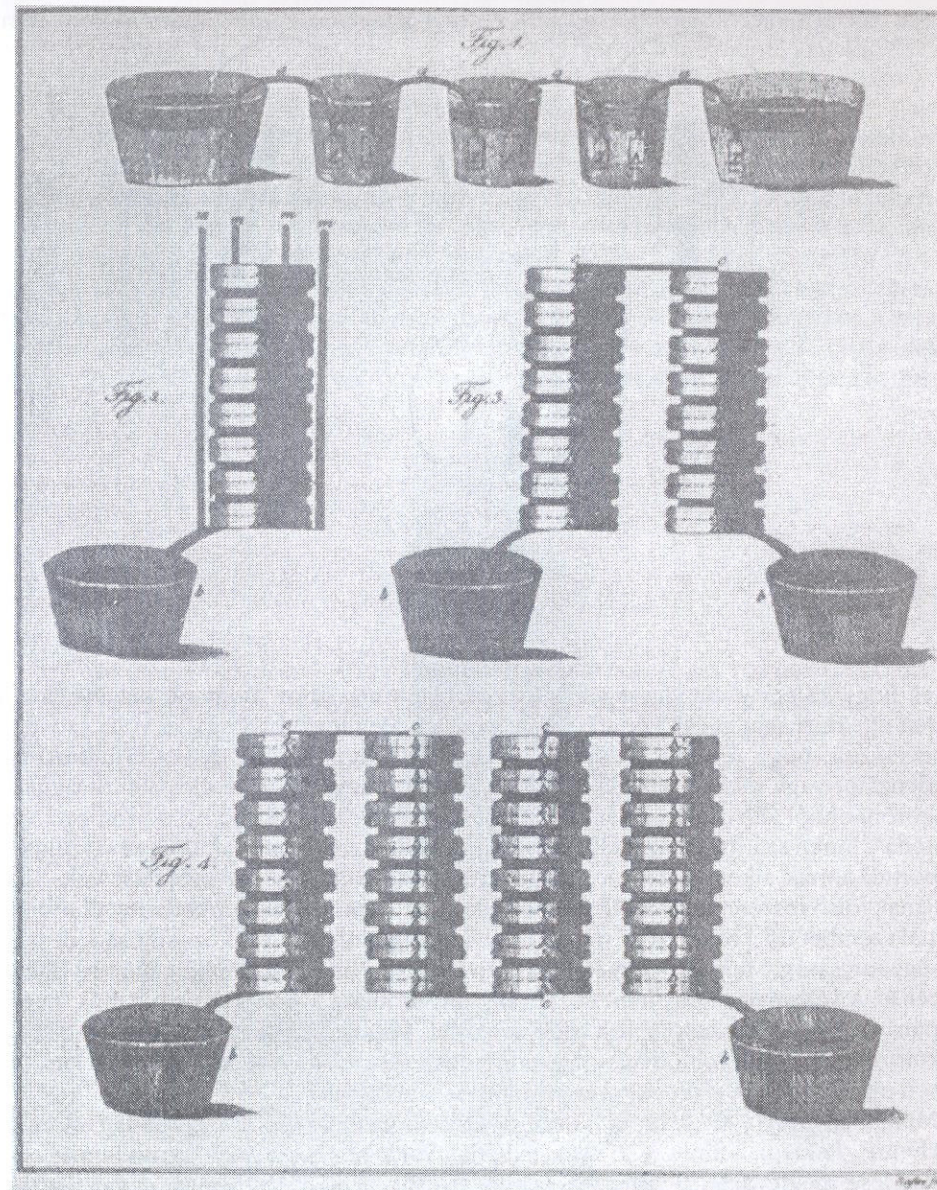
Ha ennyi már világos, akkor kezd megvilágosodni Arisztotelész fizikájának egy másik – elkülönülten szemlélve rendszerint nevelésnek tűnő – aspektusa is. A legtöbb minőségváltozás (főként az organikus világban) aszimmetrikus – legalábbis ha nincs külső beavatkozás. A makk természetének megfelelően tölgyfává fejlődik, de fordítva ez nem történik meg. A beteg ember gyakran magától meggyógyul, de külső tényező szükséges (vagy úgy hisszük, hogy szükséges) ahhoz, hogy megbetegedjen. Minőségek egy bizonyos összessége, a változások egy bizonyos végpontja jelenti a test természetesen állapotát, azt, melyet magától elér, s azután nyugalomba jut. Ugyanennek az aszimmetriának kell jellemeznie a helyzet megváltozását, a helyváltoztató mozgást. S valóban így is van: az a minőség, melyre egy kő vagy egy nehéz test próbál szert tenni, az univerzum középpontjában való elhelyezkedés, míg a tűz természetes pozíciója a periférián van. Ezért zuhannak a kövek a centrum felé, míg akadályba nem ütköznek, s ezért lobog az ég felé a tűz. Természetes tulajdonságaikat realizálják, ugyanúgy, mint növekedésével a makk. Az arisztotelészi tan újabb – kezdetben furcsa – része kezd helyére találni.

Egy darabig folytathatnánk így tovább az arisztotelészi fizika individuális darabkájának helyükre illesztését az egészben. Ehelyett azonban egy végső illusztrációval lezárom az első példa tárgyalását. Arisztotelésznek a vákuumról vagy úrról szóló tanítása különösen világosan mutatja, hogy számos, külön-külön önkényesnek tűnő tétel hogyan támogatja és erősíti egymást. Arisztotelész azt állítja, hogy úr nem lehetséges; ezt arra alapozza, hogy maga a fogalom inkohérens. Mostanra már nyilván világos, miért gondolja így. Ha a pozíció minőség, s ha a minőségek nem létezhetnek anyagtól elválasztottan, akkor mindenütt lennie kell anyagnak, ahol van hely, tehát mindenütt, ahol lehetne test. Ez azonban azt jelenti, hogy a térben mindenütt lennie kell anyagnak: az úr, az anyag nélküli tér fogalmának státusa olyan, mint, mondjuk, a négyszögletes kör.⁵

⁵ Az érvt rekonstruáló vázlatomból hiányzik egy elem: Arisztotelésznek a *Fizika* IV. könyvében, épp a vákuum problémájának tárgyalása előtt kifejtett, a helyre vonatkozó elgondolása. Arisztotelész szerint a hely mindig valamely test helye, pontosabban egy tartalmazó vagy körülvevő test belső felszíne (212a2–7). Következő témájához fogva, Arisztotelész ezt mondja: „Mivel az úrt (ha egyáltalán létezik) úgy kell elgondolnunk, mint helyet, melyen lehetne, de nincs test, világos, hogy így elgondolva, az úr egyáltalán nem létezhet, sem mint elkülöníthetetlen, sem mint elkülöníthető.” (214a16–20). (A Philip H. Wickstead és Francis M. Cornford-féle Loeb Classical Library-fordításból idézek. Ez egy olyan verzió, mely a *Fizika* e nehéz aspektusa vonatkozásában mind szövegét, mind kommentárjait tekintve, számomra a legtöbbnél világosabbnak tűnik.) Szövegem következő bekezdésének befejező része megmutatja, hogy nem pusztán tévedés az érv ezen vázlatában a „hely” „pozíció”-val való helyettesítése.

Az érv erős, de premisszája önkényesnek látszik. Úgy véljük, Arisztotelésznek nem kellett volna a pozíciót minőségnek tekinteni. Talán így van, de már észrevettük, hogy ez a koncepció alapozza meg a mozgás állapotváltozásként való fölfogását, s fizikájának más aspektusai is összefüggenek vele. Ha létezhetne űr, akkor az arisztoteléanus univerzum vagy kozmosz nem lehetne véges. Csakis az anyag és a tér koextenzív volta miatt végződhet a tér ott, ahol az anyag végződik, a legkülső szféránál, melyen kívül egyáltalán semmi sincs, se tér, se anyag. Ez a tan ugyancsak nélkülözhetőnek látszhat, de a csillagszférának a végtelenig való kiterjesztése problémákat okozna az asztronómiában, mivel a legkülső szféra forgása mozgatja a csillagokat a Föld körül. Már korábban egy másik, még centrálisabb nehézség támad. Egy végtelen univerzumnak nincs centruma – bármely pont éppannyira centrum, mint bármely másik –, s így nincs olyan természetes pozíció, melynél a kövek és más nehéz testek realizálnák természetes minőségüket. Vagy, másképpen fogalmazva (úgy, ahogyan Arisztotelész ténylegesen fogalmaz), űrben a test nem tudhatná, hol van a természetes helye. Egy test csakis azért képes megtalálni azt a helyet, ahol természetes minőségei teljes egészükben realizálódnak, mert a közbenső anyagon keresztül kapcsolatban van az univerzum valamennyi pozíciójával. Az anyag jelenléte biztosítja a térnek struktúráját.⁶ Így az űr arisztoteléusi fölfogása elleni támadás egyben a természetes helyváltoztató mozgásról szóló elméletét s az ókori geocentrikus asztronómiát is fenyegetné. Lehetetlen Arisztotelésznek az űrre vonatkozó nézeteit „korrigálni” anélkül, hogy fizikájának nagyrésztét újrakonstruálnánk.

Bár egyszerűsítőek és nem teljesek, e megjegyzések megfelelően illusztrálják, hogyan osztja föl és írja le a jelenségvilágot az arisztoteléusi fizika. S ami ennél fontosabb, azt is jelzik, hogyan kapcsolódnak össze a leírás elemei egy olyan integrált egészé, melyet a newtoni mechanikához vezető átalakulásnak szét kellett bontania s át kellett alakítania. E megjegyzések további kifejtése helyett áttérek második példámra, mely a XIX. század elejére visz bennünket. Az 1800-as év, egyebek mellett, azért figyelemre méltó, mert ekkor fedezte fel Volta a galvánelemet. E felfedezést Sir Joseph Banksnek, a Royal Society elnökének írott levélben jelentette be.⁷ A levelet publikálásra szánta, s mellékelte hozzá az 1. ábrán látható illusztrációt. A modern szemlélő számára van valami furcsa ezen az ábrán, habár a furcsaságot még a tudománytörténészek is ritkán veszik észre. Ha a diagram alsó kétharmadában elhelyezkedő valamelyik úgynevezett (korong-) „oszlop”-ot nézzük, akkor alulról fölfelé haladva először egy darab cinket (Z), majd egy darab ezüstöt (A) s egy darab nedves itatóspapírt, azután ismét cinket – és így tovább – látunk. A cink, ezüst, nedves itatós sorozat egész számú többszöröse alkotja az oszlopot, mely Volta eredeti illusztrációján nyolc részből áll. Most tegyük föl, hogy az iménti részletezés helyett valakit megkértünk volna, pillantson a diagramra, majd tegye félre, s reprodukálja emlékezetből. Szinte bizonyos, hogy azok, akik akár a legelemibb fizikai ismeretekkel rendelkeznek, cink (vagy ezüst), majd nedves itatós, végül ezüst (vagy cink) sorozatot rajzoltak volna. Az elemekben, mint valamennyien tudjuk, a folyadék a két különböző fém között van.

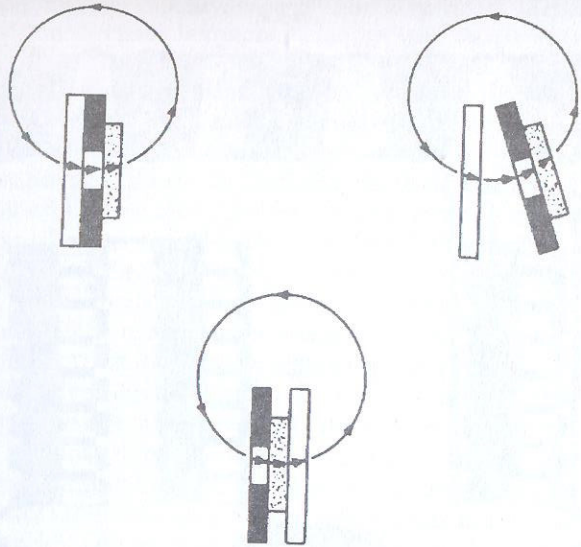


1. ábra

Ha valaki észreveszi ezt a cserét, s Volta szövegeit segítségül hívva elgondolkodik rajta, valószínűleg hirtelen rájön, hogy Volta és követői számára az elem alapegységét képező cella két, egymással érintkező fémből áll. Az áramforrás a fémes érintkezőfelület, a két fém csatlakozása, melyről Volta korábban megállapította, hogy elektromos feszültség (melyet a mai angol nyelv „voltage”-nek nevezne) forrása. A folyadék szerepe eszerint egyszerűen

⁶ Ehhez, s a vele szorosan összefüggő érvekhez lásd Arisztotelész: *Fizika*. IV. könyv, 8. fejezet (különösen 214b27–215a24).

⁷ Alessandro Volta: On the Electricity Excited by the mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds. *Philosophical Transactions*, 90. 1800. pp. 403–431. Lásd erről: T. M. Brown: The Electric Current in Early Nineteenth-Century French Physics. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 1. 1969. pp. 61–103.



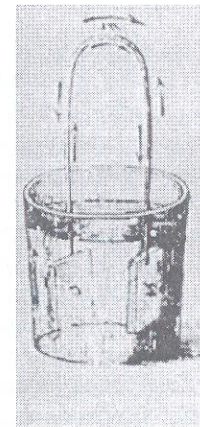
2. ábra

annyi, hogy az egyik alapegységet úgy kapcsolja a másikhoz, hogy ne keletkezzen az eredeti effektust semlegesítő érintkezési potenciál. Még tovább vizsgálva Volta szövegét, észrevesszük, hogy új felfedezését az elektrosztatikához sorolja. A két érintkező fém kondenzátor vagy leideni palack, de olyan, mely önmagát tölti föl elektromossággal. A fémkorongokból álló oszlop tehát leideni palackok összekapcsolt sorozata vagy „battéria”. Innen származik az elektromosságra alkalmazott „battéria” kifejezés (szűkítés a csoportról annak alkotórészeire). Ezt megerősítendő, vessünk egy pillantást Volta diagramjának felső részére, mely az általa „pohárkoroná”-nak nevezett elrendezést illusztrálja. Ezúttal szembeötlő a modern elemi tankönyvek diagramjaihoz való hasonlóság, de ismét van egy furcsaság. Miért csak egy fémszál van a szélső poharakban? Miért állít be Volta két fél cellát? A válasz ugyanaz, mint az előbb. Volta számára a poharak nem cellák, hanem csupán a cellákat összekötő folyadék tartályai. Maguk az elemek a két fémből álló patkóforma idomok. Volta diagramján nincsenek fél cellák. A szélső poharak látszólag üresen maradt helyeit vélnénk mi kapcsolódási pontoknak.

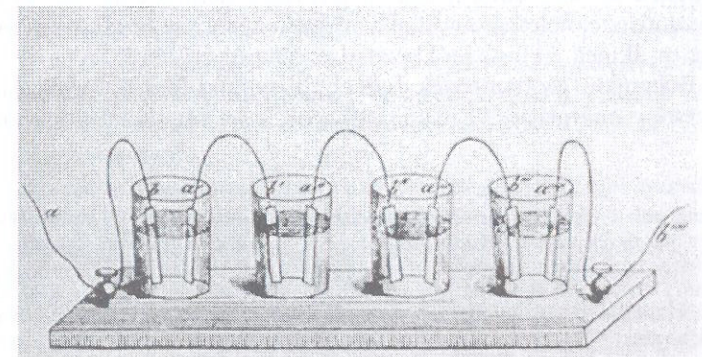
Miként az előző példában, itt is számos következménye van annak, ha így tekintünk az elemre. Például, (amint a 2. ábra mutatja) Volta nézőpontjának a modernnel való felcserélése megfordítja az áram folyásának irányát. A modern elem rajza (az alsó a 2. ábrán) úgy deriválható Voltából (bal felső), hogy azt mintegy kifordítjuk (jobb felső). Ennek eredményeként az, ami azelőtt az áram elemen belüli folyásának számított, most külsőnek számít, s vice versa. A Volta-féle diagramon az áram külső folyása a fekete fémtől a fehérhez halad, így a fekete a pozitív pólus. A modern diagramon mind az áram folyásának iránya, mind a polaritás megfordul. Konceptuálisan azonban sokkal fontosabb, hogy az átalakítás következtében megváltozik az áram forrása. Volta számára a két fém érintkezési felülete volt a cella lényegi része, s szükségképpen ez volt a cella által termelt

áram forrása. Azzal, hogy az elemet kifordítottuk, a folyadék s annak a két fémmel érintkező felülete lett a lényegi rész, s az áram forrása az e felületeknél kialakuló kémiai hatás. Mikor rövid ideig mindkét megközelítésmód egyidejűleg a színen volt, az első kontaktuselméletként, a második az elem kémiai elméleteként volt ismert.

Ezek az elem elektrosztatikus felfogásának csupán a legnyilvánvalóbb következményei, s a többiek közül néhány még közvetlenebb fontossággal bírt. Volta fölfogása háttérbe szorította a külső kör konceptuális szerepét. Amit mi külső körnek tekintünk, az egyszerűen a kisülés levezetésére szolgált, mint a leideni palack rövid köre, mely a földre vezetett. Ennek következtében a korai elemábrázolások nem tüntetik föl a külső kört, hacsak valami speciális hatás nem keletkezik ott, mint amilyen az elektrolízis vagy a drót fölmelegedése. Ekkor azonban nagyon gyakran az elemet nem ábrázolják. A modern elemábrázolások csak az 1840-es évektől kezdenek rendszeresen megjeleníteni az elektromosságról szóló könyvek lapjain. Amikor ez rendszeressé válik, föltüntetik a külső kört



3. ábra



4. ábra

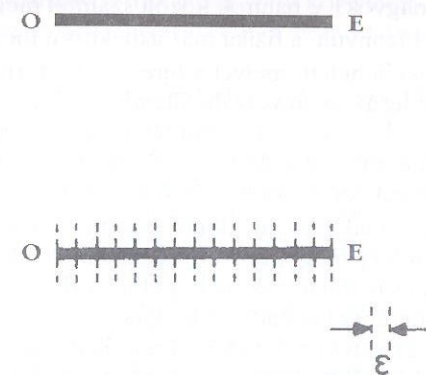
vagy az annak csatlakoztatására szolgáló explicit pontokat is.⁸ A 3. és 4. ábra mutatja a példákat.

Végül, az elem elektrosztatikus fölfogása az elektromos ellenállás ma standardnak számítótól nagyon különböző fogalmához vezet. Van – vagy e korszakban volt – az ellenállásnak egy elektrosztatikus fogalma. Adott keresztmetszetű szigetelőanyag ellenállását az anyag azon legkisebb hosszával mérték, melynél az még nem tört el vagy nem szivárgott (nem szűnt meg szigetelni), ha adott feszültségnek tették ki. Adott keresztmetszetű vezetőanyag ellenállását az anyag azon legkisebb hosszával mérték, melynél az még nem olvadt meg, ha adott feszültség alá helyezték. Az így fölfogott ellenállás mérhető, de az eredmények nem kompatibilisek Ohm törvényével. Ahhoz, hogy vele kompatibilis eredményeket kapjunk, az elemet és az áramkört inkább egy hidrosztatikus modell szerint kell elképzelni. Az ellenállásnak valami olyasminnek kell lennie, mint a csőben folyó víznél a sűrűdési ellenállás. Ohm törvényének asszimilálása egy efféle nem kumulatív változást kívánna meg, s részben ez az oka annak, hogy sok ember oly nehezen tudta elfogadni e törvényt, hogy egy darabig ez volt a kezdetben elutasított vagy figyelmen kívül hagyott fontos fölfedezés standard példája.

Itt befejezem második példámot, s azonnal hozzákezek a harmadikhoz, mely modernebb és technikai jellegűbb, mint az előzőek. Tartalmát tekintve vitatott, mivel a kvantumelmélet keletkezésének új, még nem mindenki által elfogadott változatát tartalmazza.⁹ A példa Max Plancknak az úgynevezett feketetest-problémával kapcsolatos munkájáról szól, s szerkezete a következőképpen anticipálható. Planck először 1900-ban oldotta meg a feketetest-problémát, a Ludwig Boltzmann osztrák fizikus által kifejlesztett klasszikus módszer segítségével. Hat évvel később egy kisebb, de jelentős hibát találtak levezetésében, így annak egyik, centrális elemét újra kellett gondolni. Mikor ez megtörtént, Planck megoldása működött, de radikálisan szakított a tradícióval. E szakítás végül más területekre is kiterjedt, s a fizika jelentős részének újragondolását eredményezte.

Kezdjük Boltzmann-nal, aki a tartályban nagy sebességgel mozgó s mind egymással, mind a tartály falaival gyakran ütköző apró molekulákból álló gáz viselkedését vizsgálta. Mások korábbi kísérleteiből Boltzmann ismerte a molekulák átlagsebességét (pontosabban sebességük négyzetének átlagát). Természetesen számos molekula az átlagnál sokkal lassabban mozgott, mások pedig sokkal gyorsabban. Boltzmann tudni akarta, hány százalékuk mozog, mondjuk, az átlagsebesség $1/2$ -ével, hány a $4/3$ -ával, s így tovább. Sem a kérdés, sem a válasz, melyet talált, nem volt új. Boltzmann azonban új úton, a valószínűségelméletből jutott el a válaszhoz, s ez az út alapvető jelentőségű volt Planck számára, akinek a munkáitól kezdve standardnak számít.

Jelenleg Boltzmann módszerének csak egy aspektusa fontos. Megvizsgálta a molekulák teljes kinetikus energiáját (E), majd hogy a valószínűség-elmélet bevezetését lehetővé



5. ábra

tegye, ezt az energiát képzeletben kis egységekre vagy sejtekre bontotta, melyek mérete ϵ volt (lásd az 5. ábrát). Ezután a molekulákat képzeletben véletlenszerűen elosztotta a sejtekbe, oly módon, hogy egy urnából számozott cédulákat húzott, majd kizárt minden olyan eloszlást, melyben az összenergia E -től különböző volt. Ha például az első molekula az utolsó sejtbe (energia E) kerülne, akkor az egyetlen elfogadható eloszlás az lenne, mely szerint az összes többi molekula az első sejtbe (energia O) kerülne. Világos, hogy egy ilyen eloszlás nagyon is valószínűtlen. Sokkal valószínűbb, hogy a legtöbb molekulának lesz értékelhető energiája, s a valószínűségelmélet segítségével megtalálható a legvalószínűbb eloszlás. Boltzmann megmutatta, hogyan hozható ez létre, s ugyanazt az eredményt kapta, mint amit ő és mások korábban problematikusabb eszközök segítségével állítottak elő.

1877-ben sikerült ily módon megoldani a problémát, s huszonhárom évvel később, 1900 végén Max Planck egy meglehetősen különböző problémára, a feketetest-sugárzásra alkalmazta e megoldást. Fizikai értelemben a probléma annak magyarázata, miként változik egy hevített test színe a hőmérséklet változásával. Gondoljunk például egy vasrúd sugárzására. Ahogy a hőmérséklet emelkedik, előbb hőt (infravörös sugárzás) ad le, majd sötétvörösön izzik, s azután lassanként vakító fehérré válik. Az elemzéshez Planck elképzelt egy sugárzással, azaz fényvel, hővel, rádióhullámokkal stb. teli tartályt vagy üreget. Föltette, hogy az üregben számos „rezonátor” is van (képzeljük őket apró elektromos hangvilláknak, melyek egy bizonyos frekvenciájú sugárzásra érzékenyek, más frekvenciákra pedig nem). E rezonátorok energiát nyerne a sugárzásból, s Planck kérdése az volt: hogyan függ a rezonátor által felvett energia a frekvenciától? Milyen az energia frekvenciaeloszlása a rezonátorokon?

Így megfogalmazva, Planck problémája nagyon hasonló volt Boltzmannéhoz, s Planck Boltzmann valószínűségi technikáját alkalmazta rá. Mondhatnánk, a valószínűségelmélet segítségével próbálta megállapítani, hogy a rezonátorok milyen hányada kerül egy-egy sejtbe, ugyanúgy, ahogy Boltzmann a molekulák eloszlási arányát megállapította. Megállapítása jobban egyezett a kísérleti eredményekkel, mint bármely más akkori vagy azóta ismert, de váratlanul kiderült, hogy Boltzmann és az ő problémája között van egy különbség. Boltzmann problémájánál az ϵ -nek (a sejt mérete) sok különböző értéke lehet, anélkül, hogy az eredmény változna. Noha a megengedett értékek korlátozva voltak (nem

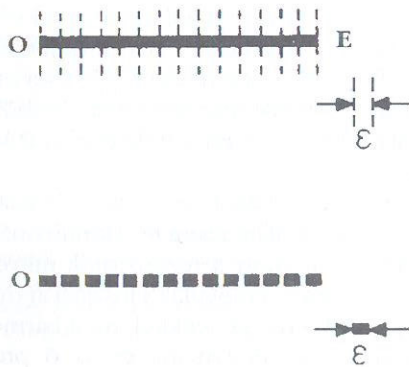
⁸ Az illusztrációk A. de la Rive: *Traité d'électricité théorique et appliquée*, 2. kötetéből valók (Párizs: J. B. Baillière, 1856), a 600. és 656. oldalról. Szerkezetileg hasonló, de vázlatos ábrázolások találhatók Faradaynek az 1830-as évek elején végzett kísérletei között. Én az elektromosságról szóló elérhető szövegek alapos áttekintése után választottam az 1840-es éveket, mint azt a korszakot, melyben az ilyen ábrázolások standarddá váltak. Egy szisztematikusabb kutatásnak különbséget kellett volna tennie az elem kémiai elméletére adott angol, francia és német válaszok között.

⁹ A teljes kifejtés és az evidenciák megtalálhatók *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894–1912*. című könyvemben (Oxford and New York: Clarendon and Oxford University Presses, 1978).

lehetek túl kicsik vagy túl nagyok), e határok között számuk mégis végtelen volt. Planck problémája különbözőnek bizonyult: a fizika más aspektusai meghatározták az ε -t, a sejt méretét. Csak egyetlen értéke lehetett, melyet a híres $\varepsilon = hv$ formula adott meg, ahol v a rezonátor frekvenciája, h pedig az az univerzális állandó, mely később Planck nevét kapta. Planckot persze gondolkodóba ejtette a sejt méret meghatározottsága, noha volt egy határozott sejtése, melyet megpróbált kidolgozni. Eltekintve azonban ettől a rejtélytől, a problémát megoldotta, s megközelítésmódja Boltzmannéhoz nagyon hasonló maradt. Különösen igaz ez a jelen vonatkozásban döntő pontra: a teljes E energia ε nagyságú sejtekre való felosztása mindkét megoldásban statisztikai célokat szolgáló képzeletbeli fölosztás volt. A molekulák és rezonátorok bárhol elhelyezkedhettek a vonal mentén, s a klasszikus fizika standard törvényei vonatkoztak rájuk.

A történet hátralévő része nagyon röviden elmondható. Az imént leírt munka 1900 végén készült el. Hat évvel később, 1906 közepén két másik fizikus bejelentette, hogy Planck eredménye nem állítható elő a Planck által leírt módon, az érv csekély, de abszolút döntő módosítására van szükség. A rezonátorok nem helyezkedhetnek el bárhol a folyamatos energiavonal mentén, hanem csakis a sejtek választóvonalainál. Ez azt jelenti, hogy egy rezonátornak lehet $0, \varepsilon, 2\varepsilon, 3\varepsilon, \dots$ stb. energiája, de nem lehet $(1/3)\varepsilon, (4/5)\varepsilon$ stb. Ha egy rezonátor energiája megváltozik, ez nem folyamatosan történik, hanem diszkontinuos ugrásokkal, melyek nagysága ε vagy az ε többszöröse.

E módosítások után Planck érve radikálisan más lett, de ugyanakkor nagyon is a régi maradt. Matematikai értelemben tulajdonképpen nem változott, aminek eredményeként Planck 1900-as tanulmányának évekig az volt a standard olvasata, hogy ez a későbbi modern érv leírása. Fizikai értelemben azonban azok az entitások, melyekre a levezetés referál, nagyon különbözőek. Nevezetesen, az ε elem a teljes energia felosztásának képzeletbeli egységéből elkülöníthető fizikai energiaatommá vált, melyből minden rezonátor rendelkezhet 0-val, 1-gyel, 2-vel, 3-mal vagy többel. A 6. ábra megpróbálja úgy visszaadni a változást, hogy jelezze az előbbi példám kifordított eleméhez való hasonlóságot. Az átalakulás ismét finom, alig észrevehető, de megint komoly következményekkel jár. A rezonátor ismerős, a standard klasszikus törvények szerint viselkedő entitásból fura teremtménnyé vált, melynek már maga a léte is összegegyeztetetlen a



6. ábra

fizika művelésének hagyományos módjaival. Mint közismert, az efféle változások folytatódtak a következő húsz évben, mivel hasonló, nem klasszikus jelenségeket találtak e terület más részein is.

Nem tesztek kísérletet e változások nyomán követésére, ehelyett utolsó példám egy olyan változás felidézésével zárom, mely ezen időszak elején történt. A korábbi példákat tárgyalva rámutattam, hogy a forradalmakat a terminusok (például „mozgás” vagy „elem”) természetéhez való kapcsolódási módjának megváltozása kísérte. Az utóbbi példában azonban maguk a szavak változtak, mégpedig oly módon, hogy az megvilágítja a fizikai szituáció azon vonásait, melyeket a forradalom tett szembetűnővé. Amikor Planck – 1909 körül – végül elfogadta, hogy a diszkontinuitással együtt kell élni, átváltott egy olyan szótárra, mely azóta standardnak számít. Ezt megelőzően a sejt nagyságú ε -re rendszerint úgy referált, mint energia-”elem”-re. 1909-ben ehelyett elkezdett következetesen energia-„kvantum”-ról beszélni, mivel a „kvantum” – ahogy a német fizikában e kifejezést használták – elkülöníthető elem, önmagában is létezni képes atomszerű entitás. Amíg az ε csak egy képzeletbeli részegység nagysága volt, addig nem kvantum, csupán elem volt. Ugyancsak 1909-ben Planck lemondott az akusztikai analógiáról. Az eredetileg „rezonátor”-ként bevezetett entitások most „oszillátorok”-ká váltak. E neutrális terminus olyan entításra referál, amely egyszerűen szabályosan ide-oda mozog. Ezzel szemben a „rezonátor” mindenekelelt akusztikus entításra utal, s kiterjesztve olyan vibrátorra, mely szabályszerűen reagál a stimuláció nagyságára, mozgásának intenzitása a stimuláció intenzitásának megfelelően erősödik vagy csökken. Annak, aki úgy vélte, hogy az energia diszkontinuosan változik, a „rezonátor” nem volt megfelelő terminus, s 1909-től Planck el is hagyta.

A szótár megváltozásával véget ér harmadik példám. A példák szaporítása helyett e tanulmányt azzal a kérdéssel zárom, hogy a forradalmi váltás milyen jellemzőit mutatták meg e példák. A válaszok három csoportba sorolhatók, s mindegyikről csak röviden szólok. A szükséges részletes tárgyalásra egyelőre még nem állok készen.

A tanulmány elején említettem a közös vonások első csoportját. A forradalmi változások valamiképp holisztikusak, azaz nem hajthatók végre részletekben, lépésről lépésre, s így különböznek a normál vagy kumulatív változásoktól, mint amilyen például a Boyle-törvény felfedezése. A normál változás során egyszerűen felülvizsgálunk vagy az eddigiekhez hozzáadunk egy általánosítást, anélkül, hogy a többi megváltozna. A forradalmi változás idején vagy el kell fogadni az inkohereciát, vagy egyidejűleg kell megváltoztatni számos, egymással összefüggő általánosítást. Ha ugyanezeket a változtatásokat egyenként hajtánák végre, akkor nem lenne stabil köztes állapot. Csak az általánosítások kezdeti és végső halmaza ad koherens beszámolót a természetről. Még harmadik, a kumulatív változashoz legközelebbi példában sem változtatható meg egyszerűen az ε energiaelem. Meg kell változtatni a rezonátor fogalmát is, mivel a szó szokásos értelmében vett rezonátorok nem viselkedhetnek úgy, ahogy ezek. Ahhoz, hogy ez az újfajta viselkedés lehetséges legyen, egyidejűleg meg kell változtatni, vagy meg kell próbálni megváltoztatni a mechanika és az elektromágnesesség elméletének törvényeit. Ugyanígy, a második példában nem változtathatjuk meg egyszerűen a fémek sorrendjére vonatkozó elképzelésünket. Meg kell változtatni az áram folyásának irányát, a külső kör szerepét, az elektromos ellenállás fogalmát stb. S hasonlóképp, az arisztotelészi fizika esetében nem lehet egyszerűen fölfedezni, hogy a vákuum lehetséges, hogy a mozgás állapot, s nem állapotváltozás. A természet számos aspektusának integrált képét kell egyidejűleg megváltoztatni.

Szorosan összefügg ezzel a példák egy második jellegzetessége. Ez az, amit régebben jelentésváltozásnak neveztem, s amit itt, kissé pontosabban, ama mód megváltozásaként írtam le, ahogy a szavakat és kifejezéseket hozzákapsoljuk a természethez, ahogy meghatározzuk a referenciát. Egy kissé azonban még ez a verzió is túlságosan általános. Miként a referenciára vonatkozó újabb tanulmányok hangsúlyozták, bármi, amit valaki egy terminus referenciájáról tud, hasznos lehet e terminusnak a természethez való hozzákapsolásához. Az elektromosságnak, sugárzásnak vagy az erő mozgásra gyakorolt hatásának valamely újonnan felfedezett tulajdonsága a továbbiakban (rendszerint más tulajdonságokkal együtt) igénybe vehető az elektromosság, sugárzás vagy erő jelenlétének meghatározásához s így a megfelelő terminus referenciájának kijelöléséhez. Az ilyen fölfedezéseknek nem kell forradalmiakkal lenniük, s rendszerint nem is azok. A normál tudomány is megváltoztatja a terminusok természethez kapcsolódásának módját. Így tehát a forradalmat nem egyszerűen a referenciák meghatározási módjának megváltozása, hanem egy még speciálisabb változás jellemzi.

A pillanatnyilag engem foglalkoztató problémák egyike éppen az, hogyan lehetne jellemezni e speciális változást, de egyelőre nincs teljes megoldásom. Hozzávetőlegesen azonban elmondható, hogy a nyelv forradalmi változásának megkülönböztető jegye az, hogy az nemcsak azokat a kritériumokat változtatja meg, melyekkel a terminusok a természethez kapcsolódnak, de jelentősen átrendezi az objektumok és szituációk azon készletét is, melyhez e terminusok kapcsolódnak. Ami a mozgás paradigmatis példája volt Arisztotelész számára (a makk tölggyé növekedése, a betegség egészséggé változása), az Newton számára egyáltalán nem volt mozgás. Ebben az átalakulásban egy természeti család megszűnt természetesnek lenni; tagjait már létező halmazok között osztották szét, s csak egyikük tartotta meg a régi nevet. S ugyanígy, ami a Volta-elem alapegysége volt, az kitalálása után negyven évvel már semmilyen terminusnak nem volt referenciája. Bár Volta utódai továbbra is fémekkel, folyadékokkal, töltések áramlásával dolgoztak, elemzéseik egységei mások voltak, s másként kapcsolódtak össze.

Így tehát a forradalmakat a tudományos leírások és általánosítások előfeltételeiként szolgáló számos taxonimikus kategória megváltozása jellemzi. A változás továbbá nem csupán a kategorizáció szempontjából releváns kritériumok módosításában áll, hanem annak megváltozásában is, ahogyan adott objektumok és szituációk adott kategóriák között eloszlanak. Mivel egy ilyen újraosztás mindig egynél több kategóriát érint, s mivel e kategóriák kölcsönösen definiálják egymást, az efféle változás szükségképpen holisztikus. E holizmus továbbá a nyelv természetében gyökeredzik, mivel a kategorizáció szempontjából releváns kritériumok *ipso facto* azok a kritériumok, melyek e kategóriák neveit a világhoz kapcsolják. A nyelv olyan érem, melynek két oldala van, egyik kifelé néz a világra, a másik befelé, a világnak a nyelv referenciális struktúrájában való tükröződésére.

Nézzük végül a példák harmadik, utolsó közös vonását. A három közül ezt láttam meg a legnehezebben, most azonban ez látszik a legnyilvánvalóbbnak s valószínűleg a legtöbb következménnyel járónak. Még a másik kettőnél is inkább érdemes a további vizsgálatra. Valamennyi példában szerepelt egy modell, metafora vagy analógia centrális megváltozása – annak megváltozása, hogy valaki számára mi hasonló mihez, s mitől különbözik. Néha (mint az Arisztotelész-példában) a hasonlóság a dolgok benső tulajdonsága. Így az arisztoteléanusok számára a mozgás a változás speciális esete volt: a leeső kő olyan volt, mint a növekvő tölgyfa, vagy olyan, mint a betegségből fölgyógyuló ember. A hasonlóságok mintázata teremt e jelenségekből egy természeti családot, helyezi őket azonos taxo-

nómiai kategóriába. Ezt a mintázatot kellett megváltoztatni a newtoniánus fizika kifejlődésekor. Máskor a hasonlóság külsődleges. Így Planck rezonátorai olyanok voltak, mint Boltzmann molekulái, Volta telepének egységei olyanok voltak, mint a leideni palackok, s az ellenállás olyan volt, mint az elektrosztatikus szivárgás. Ezekben az esetekben is a hasonlóságok régi mintázatát kellett elvetni s újjal helyettesíteni a változás folyamata előtt vagy alatt.

Mindezen esetek olyan, egymással összefüggő jellemzőket mutatnak, melyek jól ismertek a metafora tanulmányozói számára. Minden esetben két objektum vagy szituáció egymáshoz rendelése s azonosnak vagy hasonlóknak nyilvánítása történik. (Egy kicsit is részletesebb tárgyalásnak ki kellene terjednie a nem-hasonlóság példáira is, mivel ezek gyakran ugyancsak fontosak egy taxonómia felállításához.) Továbbá, bárhonnan származának is (ez külön kérdés, mellyel jelenleg nem foglalkozom), ezen egymáshoz rendelések elsődleges funkciója az, hogy továbbadjanak s fenntartsanak egy taxonómiát. Valaki, aki a szembeállított elemek hasonlóságát már felismeri, bemutatja ezeket a még beavatatlan közönségnek, biztatva annak tagjait, hogy tanulják meg felismerni a hasonlóságot. Ha a bemutatás sikeres, az új tagok szert tesznek a releváns hasonlósági reláció szembeötlő jellemzőinek listájára – egy olyan tulajdonságtérre, melyben a korábban szembeállított elemek tartósan egy csoportba vannak sorolva mint ugyanazon dolog példái, s ugyanakkor el vannak különítve azon objektumoktól és szituációktól, melyekkel egyébként összekeverhetők lettek volna. Egy arisztoteléanus kiképzése során összekapcsolják a nyílvevő röptét a lehulló kővel, s mindkettőt a tölgyfa növekedésével, valamint az egészségessé válással. Ezután valamennyi állapotváltozásnak minősül, melynek jellemzője a két végpont, továbbá a változáshoz szükséges idő. Így nézve a mozgás nem lehet relatív, s a nyugvástól – mely állapot – különböző kategóriába kell tartoznia. Hasonlóképp, e nézet szerint a végtelen mozgás – mivel nincs végpontja – önellentmondás.

A metaforaszerű egymáshoz rendelések, melyek a tudományos forradalmak idején megváltoznak, így centrális jelentőségűek a tudományos és más nyelv elsajátításának folyamata szempontjából. A tudomány gyakorlata csak azután veheti kezdetét, hogy az elsajátítási vagy tanulási folyamat egy bizonyos ponton túljutott. A tudomány gyakorlatához mindig hozzátartozik a természetre vonatkozó általánosítások megalkotása és magyarázata, s e tevékenységek feltételeznek egy minimális gazdagságú nyelvet. Egy ilyen nyelv elsajátítása pedig bizonyos, a természetre vonatkozó tudás elsajátítását is jelenti. Ha az olyan terminusok, mint „mozgás”, „battéria” vagy „energiaelem”, megtanulási folyamatának része példák felmutatása, akkor a nyelv és a világ ismeretét egyszerre sajátítjuk el. A tanuló egyfelől megtanulja, mit jelentenek e terminusok, mely jellegzetességek relevánsak a természethez való hozzákapsolásnál, mi az, ami – önellentmondás veszélyének terhe mellett – nem mondható róluk stb. Másrészt azt is megtanulja, miféle kategóriákba tartozó dolgok népesítik be a világot, mik ezek szembeötlő vonásai, s valamit arról is, hogy milyen viselkedésmód megengedett és nem megengedett számukra. A nyelvtanulás nagy részében e kétféle tudást – a szavak és a természet ismeretét – együtt sajátítjuk el, nem is igazán kétféle tudás ez, hanem egyazon érem két oldala.

A tudományos nyelv kettős arculatúságának újbóli fölbukkanása megfelelő lezárása e tanulmánynak. Ha nem tévedek, a tudományos forradalmak centrális jellegzetessége az, hogy megváltoztatják a természetre vonatkozó azon tudást, mely magának a nyelvnek a lényegéhez tartozik, s így megelőz mindent, ami tudományos vagy köznapi leírásnak, avagy általánosításnak nevezhető. Ahhoz, hogy az űrt vagy a végtelen egyenes vonalú

mozgást a tudomány részévé tegyék, olyan megfigyelési beszámolókra volt szükség, melyek csak a természet leírására használt nyelv megváltoztatásával váltak megfogalmazhatóvá. Míg e változások meg nem történtek, maga a nyelv állt ellen a keresett új elméletek megalkotásának és bevezetésének. Azt hiszem, a nyelv ugyanezen ellenállása az oka annak, hogy Planck átváltott az „elem”-ről és „rezonátor”-ról a „kvantum”-ra és „oszillátor”-ra. Egy mindaddig problémamentes tudományos nyelv elleni erőszak vagy torzítás a forradalmi változás ismérve.

Fordította: Laki János

PAUL
FEYERABEND

A TUDOMÁNY EGY SZABAD TÁRSADALOMBAN

1. KÉT KÉRDÉS

A tudománnyal kapcsolatos vitákban mindig felmerül a következő két kérdés:

A) Mi a tudomány? – hogyan fejlődik, milyen eredményei vannak, hogyan különböznek normái, eljárásai és eredményei más területek normáitól, eljárásaitól és eredményeitől?

B) Mi olyan nagyszerű a tudományban? – mi teszi értékesebbé a másféle normákat alkalmazó s ezért más eredményekre jutó, eltérő életformáknál?

Vegyük észre, hogy amikor megpróbálunk válaszolni a *B)* kérdésre, akkor a tudomány alternatíváinak megítéléséhez nem használhatjuk a tudomány normáit. Ilyenkor éppen ezeket a normákat vizsgáljuk, így nem alapozhatjuk rájuk ítéleteinket.

Az *A)* kérdésre nemcsak egy, több válasz is létezik. Minden tudományfilozófiai iskola másképp értelmezi, hogy mi a tudomány, és hogyan működik. Ezenkívül a tudósoknak, a politikusoknak és a „közvélemény képviselőinek” is önálló felfogásuk van a tudományról. Nem járunk messze az igazságtól, ha azt mondjuk, hogy a tudomány természete továbbra is homályba burkolódik. Mindazonáltal a vita továbbra is folyik, és van némi esélyünk arra, hogy egy napon majd valamilyen korlátozott tudással rendelkezünk a tudományról.

A *B)* kérdést szinte senki sem teszi fel. A tudomány kiválóságát az emberek *előfeltételezik*, nem *érvelnek mellette*. Ezzel a kérdéssel kapcsolatban a tudósok és a filozófusok úgy járnak el, mint korábban az Egy Igaz Római Anyaszentegyház védelmezői: az egyház doktrínái igazak, minden más értelmetlen pogányság. Bizonyos vitamódszerek és inszINUÁCIÓK, amelyek valaha a teológiai retorika tárházába tartoztak, új otthonra letek a tudományban.

Ez a jelenség, noha figyelemre méltó és kissé csüggesztő, mindazonáltal nemigen zavarná az értelmes embereket, ha csupán a tudományhívők kis csoportját jellemezné: egy szabad társadalomban helye van számos furcsa meggyőződésnek, nézetrendszernek, intézménynek. A tudomány inherens felsőbbrendűségének a feltételezése azonban nemcsak a tudományban van jelen, hanem szinte mindenki által elfogadott hittételé vált. Mi több, a tudomány már nem csupán egy bizonyos intézmény a többi között; manapság a tudomány a demokrácia alapszöveve, éppúgy, ahogy korábban a társadalom alapszöveve az Egyház volt. Persze az Egyházat és az Államot mára gondosan szétválasztották. Az Állam és a Tudomány azonban szorosan összefonódik.