

„A világ útvesztője és a szív paradicsoma”¹

Válasz Tél Tamás írására

CSORBA F. LÁSZLÓ

Milyen tudomány a fizika? – kérdezi Tél Tamás gondolatébresztő írásában. Bár példái jórészt valóban a fizika területéről származnak, következtetéseit a természettudomány egészére terjeszti ki, és az annak tanítására vonatkozó kritikáját is általános érvényűnek szánja. Szemben az írás alcímével – „Amit minden középiskolásnak tudnia kellene” –, elméleti megfontolásai korántsem triviálisak, hanem mély tudományfilozófiai problémákat érintenek. Cikke akár egy termékeny vita kezdetét is jelentheti, hiszen a téma fontossága nyilvánvaló, ugyanakkor aligha találhatnánk két természettudóst, tanárt vagy tudománytörténészt, aki pontosan azonos módon gondolkodna a természet és a gondolkodó ember kapcsolatáról. Magam a Nemzeti Alaptanterv (NAT) és a kerettantervek biológia részének kidolgozásban vettem részt, így példáim is főként innen származnak majd, de a természettudományos közoktatás néhány általános kérdését és a tudományfilozófia általános problémáit is érintik.

A tapasztalat és az értelmezés

Talán nem mindenki tekinti a természettudományokat „a tényeken, mint evidenciákon alapuló” (evidence-based) gondolati rendszereknek, abban azonban biztosan egyetértés van, hogy a tudományos igényű állításokat összhangba kell hozni a módszeresen, ellenőrizhető módon szerzett tapasztalatokkal. Ez a szemlélet a NAT-nak és a kerettanterveknek is szerves része. A NAT „Ember és természet” műveltségi terület Alapelvek, célok fejezetéből idézve: „A természettudományi műveltség a természettel való közvetlen, megértő és szeretetteljes kapcsolaton alapul. (...) A természettudományok megfigyelések, kísérletek sorozatain keresztül kristályosított, bizonyított alapvető igazságokra (elméletekre, törvényekre, szabályokra) épülnek. (...) A tanulókat meg kell ismertetni a tervszerű megfigyeléssel és kísérletezéssel, az eredmények ábrázolásával, a sejtett összefüggések matematikai formába öntésével, ellenőrzésének és cáfolatának módjával, a tudományos tényeken alapuló érveléssel és a modellalkotás lényegével.” Hogy mi legyen ezen megfigyelések, kísérletek tárgya, módja és mennyisége, arra már a NAT is utal, pon-

tosabban a kerettantervekből, még inkább pedig az iskolai helyi tantervekből derül ki. Nyilván nincs mód e helyt a NAT szerkezetének – akárcsak részleges – megvitatására sem. Az mindenképpen tévedés, hogy a „semmiből bukkant fel”, hazai és nemzetközi gondolati háttéréről bőséges irodalom áll rendelkezésre. A kerettantervek különösen hangsúlyozzák a tervszerű tapasztalatszerzés fontosságát és a tudományok kapcsolatát a gyakorlatban fölmerülő problémákkal. E téren – úgy vélem – egyetértés uralkodik. A vitatott kérdés nem a tények, hanem az azokat értelmező gondolati rendszerek megítélése.

Minek nevezzük?

Néhány évtizeddel ezelőtt a tanárok még nyugodtan beszélhettek a „baktériumok törzséről” vagy a „hüllők osztályáról”. A baktériumok aztán – az ötregnumos leírás alapján „országga” váltak, majd a modern mikrobiológia mára több száz, lényegében a „törzs” kategóriával egyenrangú csoporttá bontotta őket. Ugyanígy újult meg gyökeresen a hagyományos növényrendszertan is. Természettudós legyen a talpán, aki követni tudja a változásokat, még inkább az azok háttérében álló elméleti és tapasztalati megfontolásokat! Mit tehet a közoktatás, ha a látszólag leghagyományosabb tudományág is ilyen viharosan változik? Az oktatási dokumentumok adott esetben kerülnek a kategóriamegnevezést, vagy „csoportokról” írnak, nem tudatlanságból, hanem a céltalan vitát kerülendő.

Némileg hasonló a helyzet a Tél Tamás által hiányolt törvényekkel is. Nyilván senki nem vonja kétségbe ezen törvények létét és fontosságát, ám korántsem triviális például az elmélet, a modell(család), a szabály, az összefüggés, a törvény, az axióma és a paradigma definíciója, a köztük való választóvonalak meghúzása, és még inkább ezek megjelenése és megnevezése a közoktatás dokumentumaiban. A biológiában például – a szó fizikai értelmében – talán nincsenek is törvények, a kémia és a természetföldrajz alapösszefüggései is a fizikából származnak. Azt jelentené ez, hogy ezek nem is tudományok, azaz – a Rutherfordnak tulajdonított epés megjegyzés szerint – a „bélyeggyűj-

tés” kategóriájába tartoznak? Aligha. Inkább arról van szó, hogy gazdag és tagolt összefüggérendszerek alakultak ki, melyek úgy látszik, nem annyira kiszorítják, mint inkább kiegészítik egymást. Mendel eredményei például kétségtelenül a modern biológia egyik alapját jelentik. Ő egy elméleti modell alapján (az öröklődő tulajdonságokat szabadon kombinálódó faktorok okozzák) tervszerű kísérletek alapján szabályokat fogalmazott meg. (A „Genetische Gesetze” kifejezést méltatlanul elfeledett elődje, Festetics Imre használta először, ám nem a szó mai fizikai értelmében.²) A genetikai kapcsoltság fölismerésével új modell született („a gének a kromoszómában összekapcsolódó gyöngyök füzerei”), ami a tapasztalatok újabb körét tette értelmezhetővé (például a mitózis során látottakat). A Watson és Crick által megfogalmazott „centrális hipotézis” („dogma”³) a gén-fén összefüggést egy molekuláris mechanizmussal magyarázta, mely alól hamarosan kivételt is találtak (retrovírusok), majd bonyolult, visszacsatolós rendszerek részeivé tették (operon, genomika). Eközben más kutatók szintetizálták (egyúttal leszűkítették) Darwin eredeti teóriáját (elképzelését, hipotézisét, elméletét?) a mendeli genetikai modellel egy populációgenetikai modellel (melynek „nullhipotézise” a Hardy-Weinberg-szabály), s melynek érvényességi körét R. Dawkins fesztette a végletekig „önző gén” modelljével (doktrínájával?)⁴, utközve Lovelock Gaia hipotézisével (mítoszával?), máig tartó ádáz és termékeny vitákat indítva el ezzel⁵. Mit mondhatunk ezek után „genetikai törvény(ek)nek” és hogyan definiáljuk annak alapfogalmát, a gént? A genomikát tárgyaló egyik kiváló szakkönyv⁶ csendes ironiával kerül el a meghatározás kényszerét – de egyáltalán nem a fogalommal való érdemi munkát! Amit e – szükségképp igen vázlatos – történet megmutat, az nem más, mint a Kuhn által paradigmának nevezett gondolati szervező elv, vagy még pontosabban a Lakatos Imre által leírt kutatási program (vagy programok) működése⁷. Ez a folyamat a „gén” fogalmát nem relativizálta, hanem gazdagabbá tette. A példa legalább három tanulsággal szolgál a közoktatás területén (is). Egyrészt – a kategórianevekhez hasonlóan – érdemes óva-

tosnak lenni a különféle összefüggések *megnevezésében*, de természetesen nem adva föl ezek *ismeretét*. Másrészt – ez a fontosabb – a tudományok történeti megközelítése nemcsak és nem is elsősorban a fölfedezés konkrét útja-módja miatt lehet érdekes, hanem az eltérő megközelítések, kutatási programok alapjainak, módszereinek és érvényességi körének ismerete miatt is – és talán éppen ez az, amit „minden középiskolásnak tudnia kellene”. (A Tél Tamás által használt „paradigmabővülés” kifejezés is ugyanerre a folyamatra vonatkozik, de talán kevésbé szerencsés szó, mint a „kutatási program”, hiszen voltaképp nem a paradigma bővül, hanem a paradigma által irányított kutatások köre.) A harmadik tanulság pedig az – és ezt a NAT imént idézett bevezetője is pontosan megfogalmazza –, hogy az objektív, egységes és megismerhető természetbe (avagy a teológia szóhasználatával: rendezett teremtet világba) vetett hit egyáltalán nem áll elentétben a sokszempontú, esetenként akár egymással ütköző paradigmák alapján álló megközelítéssel.

Mit kezdünk a paradigmaváltásokkal?

Kuhn legnagyobb vitát kiváltó tézise nem maga a paradigmaváltás szó volt, hanem az az (utóbb saját maga által is finomított) állítása, hogy az egyik paradigma alapján nem ítéltető meg a másik érvényessége. Nincs tehát olyan paradigmák fölött álló „metatudományos” szempont, ami ezt lehetővé tenné.⁸ Ez valóban vitatható álláspont, ami a tudás teljes relativizálásának veszélyével fenyeget (Lakatos éppen ez *ellen* lépett föl.) Véleményem szerint azonban Tél Tamás félreérti Kuhnt, amikor arra következtet, hogy szerinte a váltás után az „eredeti fogalomrendszerből semmi használható nem marad”. Éppen ellenkezőleg: Kuhn eredeti alapelménye az volt, hogy Arisztotelész koherens, szép és használható fogalomrendszer (paradigma) alapján gondolkodott, ami azonban nem mutat folytonos átmenetet a kopernikuszi-newtoni világképpel, hanem attól lényegileg különbözik.⁹ A két rendszernek mindegyike használható marad a mindennapokban és a tanítás gyakorlatában is, anélkül, hogy ez kártékony szubjektívizmushoz vezetne. A geocentrikus világkép (paradigma, modell) alapján például jól magyarázható a nappalok és éjszakák vagy az évszakok váltakozása, a földrajzi koordináták és a klímazónák határai, de kiszámolható-megmérhető ezen keretek közt maradván a Föld átmérője is (Eratoszthenész mérése). Az így elért tudás természetesen mára sem vált használhatatlanná, csak ma más gondolati keretben (is) értelmez(het)jük azt. Hasonló megfontolásokat tehetünk például az emberi testet mint mechanikai rendszert, mint biokémiai reakcióhálózatot, mint ön-

szabályozó kibernetikai rendszert vagy mint kognitív megismerő lényt leíró paradigmáival. Ezek mögött összefüggő, mégis jól elkülönülő kutatási programok állnak. Vajon ledönti-e ez a sok szempontú megközelítés „az ifjúkori személyiségfejlődés biztos pillérét”, a tudomány megbízhatóságába vetett hitet, ahogyan azt Tél Tamás véli? Ez komolyan veendő pedagógiai probléma, de véleményem szerint éppúgy nem adható rá egymondatos válasz, ahogy például az Antigoné vagy a Hamlet által fölvetett erkölcsi problémákról sem dönthető el – a teljes tananyag kontextusa, a tanár és a diák személyiségének ismerete nélkül legalábbis semmiképpen –, hogy megerősíti vagy bizonytalanságba taszítja-e olvasóját. Egy biztos: gazdagítani fogja, és fölkeszíti a krízishelyzetek kezelésére. A sokszempontúság fokozza a kreativitást, ahogy azt éppen a Tél Tamás által is idézett Freund Tamás-tanulmány bizonyítja¹⁰. Ugyanebben a kötetben adunk ízelítőt abból, hogy ez például az ökológia tanításában hogyan valósulhat meg¹¹.

Természetesen törekedhetünk az egységesítésre vagy legalábbis a kapcsolatteremtésre a gondolati rendszerek között, ám nem lenne méltányos elvárni az oktatástól azt, amit (még) a „nagy tudomány” sem tudott megteremtene. Még kevésbé szerencsés a Lakatos Imre vagy Feyerabend vitathatatlan tárgyi tudásán alapuló tudományképét összemosni azokkal a csalásokkal és halandzsával, melyeket tudományoskodó „posztmodern” szóhasználattal lepleznek, s melyeket Sokal idézett műfaj-paródiájában joggal tett gúny tárgyává. Ebbe a hibába nem estek a NAT és a kerettantervek készítői sem, így az oktatáspolitikai és dokumentumait érő kritika megmaradhat a tudományos diskurzus keretei között.

Egy kis könyv margójára

Tél Tamás kritikájában megtisztelő figyelemmel fordul az Oktatáskutató- és Fejlesztő Intézet kis kiadványa, benne a természettudományos világkép átalakulásáról szóló rövid bevezető tanulmányom felé. E könyv nem a NAT fölépítéséről, hanem a természettudományos tantárgyak együttműködésének elvi és gyakorlati lehetőségeiről szól, így nincs közvetlen kapcsolatban a kötelező érvényű oktatási dokumentumokkal.¹² Tél Tamás mégis joggal idézi néhány állítását, hiszen közöttük gondolati kapcsolat van. A természettudományos világkép átalakulásáról az Előszóban leírtak persze nem változtatási javaslatok, hanem a tapasztalatok alapján fölállított diagnózisok.

Tanulmányomat egy régi, de változatlanul aktuális vita fölelevenítésével kezdtem, mely Hamvas Béla és Németh László közt zajlott 1934-ben¹³, s melyről már részletesebben olvashattak e lap hasábjain¹⁴. Hamvas kétségkívül provokatív módon ír a természettudományok felelősségéről, s azt nem csupán

a személytelen tudás bűnös alkalmazásában látja. Úgy gondolom, ezzel a kritikával ma is szembe kell néznünk. A Tél Tamás által egyetértőleg bemutatott Berkeley Egyetemről átvett megismerés-struktúra maga is folyamatosan visszacsatoló *belső* elemként ábrázolja a „Társadalmi felhasználást”. Valóban így van: a finanszírozások és megbízások rendszerével a gazdaság és a politika – már Hamvas korában is, és mára még inkább – nemcsak tudományfelhasználó, hanem tudomány- és tudatformáló szerepet is betölt, ennek minden előnyével, kockázatával és felelősségével együtt. Amiből nem következik, hogy a tudományfejlődésnek ne lenne belső logikája is, sem az, hogy az egyes tudományágak között ne lenne különbség. Ezt a sajátos helyzetet jellemeztem úgy, hogy a tudományok „önszerveződő gondolati-szociológiai rendszerek mozaikjaként, hálózataként” kísérlék meg a megismerés folyamatának irányítását. Veszélyes – mert nem segíti a gondolat megértését – ezt a tudományképet durván leegyszerűsítve úgy bemutatni, mint amiben nincsenek sem törvények, sem tudományágak. Természetesen vannak, és éppen ezek sokasága, pontosabban a mögöttük álló paradigmák, kutatási programok sokfélesége kérdőjelezi meg a pozitívista tudománykép egyedül üdvözítő voltába vetett hitet. A természet – vagy teremtet világ – végtelenül gazdag. Megismerése nagyon sokféle – talán végtelenül sokféle – módon lehetséges. Bármelyiket választhatjuk ezek közül, és ha türelmesen kérdezzük, részünk lehet a megismerés örömeiben és bizonyosságában is. Minél következetesebben kérdezzük, annál pontosabb választ kapunk. Ezek azonban a *mi* kérdéseinkre adott válaszok, melyekben nemcsak a természet belső rendje, hanem a mi kíváncsiságunk, elkötelezettségünk és részleges tudásunk is tükröződik. Ebben az értelemben mondhatjuk, hogy nincs különbség, soha nem is volt a „humán” és a „reál” műveltség, a „világ útvesztője és a szív paradicsoma” között, hiszen végső soron mindkettő ugyanarról szól.

2013. január 27.

Jegyzetek

- 1 A cikk címét Comeniustól kölcsönöztem
- 2 Festetics munkásságáról lásd: <http://genetics.bdtf.hu/Htmls/Biotar/bge537cm.html>
- 3 A kifejezés Cricktól származik: „Central dogma of molecular biology” (1970.) *Nature* 227
- 4 Dawkins, R.: *The Selfish Gene*, Oxford University Press, 1989; Az önző gén. Kossuth Kiadó, Budapest, 2005, 2011
- 5 Ld például: Schneider S. et al.: *Scientists Debate Gaia* The MIT Press
- 6 Campbell L. – Heyer L.: *Genomika, proteomika, bioinformatika*. Medicina, 2004, p.31.
- 7 Lakatos I.: *The Methodology of Scientific Research Programmes*: Philosophical Papers I. Cambridge University Press, 1977

- 8 E kérdésről bővebben Fehér M. et al: Kuhn és a relativizmus: Kuhn öröksége a tudományfilozófiában. L'Harmattan, 2007
- 9 Kuhn, T.: Mik is azok a tudományos forradalmak? In: Laki J. (szerk.): Tudományfilozófia. Osiris, 1998
- 10 Freund Tamás: Tanulási folyamatok és belső világunk, in: Tasnádi P. (szerk.): A természettudományok tanítása korszerűen és vonzóan. ELTE Természettudományi és Oktatásmódszertani Centrum, 2011
- 11 Both Mária – Csorba F. L.: A tudománytörténeti megközelítés alkalmazása az ökológia tanításában in: uo.
- 12 Bánkuti Zs. – Csorba F. L. (szerk.): Átmenet a tantárgyak között, OFI, 2011
- 13 Hamvas Béla írása, Debreceni Szemle 1934-es év 5. szám
- 14 Both Mária: A kísérletező ember – Németh László szellemi öröksége a természettudományok tanításában. Természet Világa, 2003. 134. évf. 9. sz.; Both Mária: Barangolások Németh László pedagógiai világában. epa.oszk.hu/.../2002-01-ta-Both-Barangolások.html

Az evolúció fényében

Megjegyzések Csorba F. László: „A világ útvesztője és a szív paradicsoma” című írásához

SCHEURING ISTVÁN–PODANI JÁNOS–SZILÁGYI ANDRÁS

Csorba F. László Tél Tamásnak címzett írása véleményünk szerint elsősorban arra kívánja felhívni a figyelmet, hogy a biológia merőben más természettudomány, mint a fizika, olyannyira, hogy a Tél által felvázolt megismerési algoritmus, a törvények kitüntetett szerepe, ennek alapján a megértés folyamatos mélyülése és kiszélesedése [1] a biológia tudományában nem feltétlenül igaz. Csorba biológiai példákkal megerősítve, a tudománytörténeti megközelítés mellett tesz hitet az oktatásban: „az eltérő megközelítések, kutatási programok alapjainak, módszereinek és érvényességi körének ismerete miatt – (...) ez az, amit minden középiskolásnak tudnia kellene”. Tehát a szerző úgy véli, hogy a biológia oktatásában az egymással ütköző „kutatási programokat” az „egymást kiegészítő gazdag és tagolt összefüggésszisztemek” sokszempontúságát kellene kiemelni, mivel „a biológiában például – a szó fizikai értelmében – talán nincsenek is törvények”.

Csorba fenti véleményét megalapozó biológiai példák azonban egytől egyig súlyos tévedéseken és torzításokon alapsznak. Ebben a hozzászólásban a bemutatott példákon végighaladva azt szeretnénk megmutatni, hogy ami Csorba értelmezése szerint zavarba ejtő a biológiában, az éppen az egyre biztosabb tudásra, törvényszerűségekre, szabályokra épülő megismerés folyamatát példázza.

A félreértések mindjárt a példásor elején jelentkeznek. Csorba az osztályozás és a vele összenőtt nevezéktan változásait viharosnak és nehezen követhetőnek aposztrofálja, a fizikában megszokott törvényszerűségek hiányának érzetét keltve a

témában járatosan olvasóban. Az élő szervezetek osztályozása, mint sok minden másé, azonban emberi produktum, és semmiféle természeti törvénnyel nincs közvetlen kapcsolatban. Nincs olyan ideális, a szemlélő ember megítélésétől mentes, bővülő ismereteinknek köszönhetően egyre tökéletesedő *természetes* osztályozás, amely valamiféle „természeti alaptörvényként” is kezelhető [2]. Szervezetek adott csoportjára célunktól függően és a kívánalmaknak megfelelően sokféle osztályozás készíthető. A „természetesség” csupán az egyike a lehetséges céloknak. Ez is magyarázza, hogy az élővilág osztályozása a biológia története során folytonosan átalakult, és a változások korábban is jelentősek voltak, nem csak mostanában. Fokozatosan jutottunk el oda, hogy a természetesség feltétele leginkább akkor teljesül, ha a klasszifikáció a leszármazást veszi figyelembe (s nem kiragadott morfológiai bélyegeket vagy akár a teljes hasonlóságot). Az evolúció tehát nem az osztályozások magyarázó erejeként, a *posteriori* jön számításba, mert logikailag az evolúciós viszonyok rekonstrukciója az elsődleges feladat. Ahogy K. Lorenz, az etológia egyik megalapítója már 1948-ban megjegyezte az „Orosz kézirat” c. hadifogságban (!) megkezdett munkájában: természetes osztályozás „nem létezik”, egyedül a törzsfa a természetes [3]. Ha valami analógiába hozható a természeti törvényekkel, akkor az a törzsfa maga (mely az evolúciós folyamatok tükrözője), de egy bármilyen, akár a törzsfa alapján készített osztályozás már nem az. A filogenetikai és a hagyományos osztályozás közötti eltérések ellenére ugyanakkor nyugodtan beszélhetünk továbbra is „baktériumokról” mint az élet

egy szerveződési szintjéről, és „hüllőkről”, mint a gerincesek evolúciójának fontos fokozati állomásáról. Ezeknek azonban nem feltétlenül kell rendszertani kategóriaként is megjelenniük a tananyagban.

De nézzük tovább Csorba példáit. Természetesen F. Crick „centrális dogmája”, mint az élő szervezetekben az információátvitel és -áramlás alapelve, nyugodt lelkiismerettel tanítható továbbra is, annak ellenére, hogy a retrovírusoknál (melyek szigorú értelemben nem is élőlények, csupán genetikai paraziták) van egy fordított irányú átíródás is, valamint, hogy a génszabályozás esetén információ jöhet a fehérjék vagy az RNS irányából is. Sokat fog még gazdagodni a tudásunk ezen a téren a közeljövőben, de eddigi ismereteink alapján nagy bizonyossággal állíthatjuk, hogy az információt a DNS tárolja. Itt érkezik el a szerző Darwin elméletének tárgyalásához. Egyértelműen azt az érzetet próbálja kelteni a témában kevésbé tájékozott olvasóban, hogy egy tetszetős gondolatra („Darwin hipotézise” (!)) a későbbiekben csak újabb hipotézisek és modellek épültek. Bár ennek a termékeny vitának sok izgalmas tanulsága van, a szerző vélekedése szerint törvények, alapelvek, biztos hivatkozási pontok nem jöttek létre. Darwin elméletét (melyet kortársai még kezelhettek hipotézisként) már maga számtalan megfigyelésre és logikai következtetésre alapozta. Napjainkra a darwini elmélet – genetikai, populációgenetikai, paleontológiai és molekuláris biológiai ismereteink bővülésének, valamint a mesterséges szelekciós kísérleteknek köszönhetően – indirekt és direkt bizonyítékok óriási tömege támasztja alá és teszi a biológia legáltalánosabb magyarázó elvévé [5]. Szó sincs tehát arról, hogy Darwin

teóriája populációgenetikai modellé, végeztül egy egyszerű Hardy–Weinberg-szabállyá szűkült volna le – ahogy azt Csorba állítja. Ráadásul Darwin elméletének a lényege egyetlen könnyen érthető alapelvben (nevezhetjük törvénynek is) megfogalmazható: ha adott olyan önmagukat másoló egységek sokasága, amelyek a másolás során bizonyos tulajdonságaikat átörökítik, de ez az átörökítés nem teljesen pontos, és az átörökített tulajdonságok között vannak olyanok, amelyek befolyásolják ezen egységek másológási sebességét és/vagy túlélési esélyét, akkor ebben a sokaságban természetes szelekció által vezérelt evolúció megy végbe [4]. Ennek a folyamatnak a hatására olyan egységek fognak elszaporodni, amelyek átörökített tulajdonságai jobban alkalmazkodnak a környezethez. A genetikai ismeretek bővülésével egyre többet tudunk meg arról is, hogy a sokszorozódás, öröklődés, változatképzés hogyan megy végbe az élő szervezetekben. Az élővilág hihetetlen sokfélesége éppen ezen alkalmazkodási folyamat eredménye. A természetes szelekció következménye az élőlények (a fizikai rendszerekkel összehasonlítva) elkövetkeztető komplexitása, és az ugyanabba a csoportba (populációba, fajba stb.) sorolható egyedek variabilitása. Ahogy Dobzhansky híres cikkének sokat emlegetett címe is sugallja, „A biológiában bármi csak az evolúció fényében értelmezhető” [5]. Úgy véljük, hogy a biológia mint természettudomány, ebből a szempontból bizonyosan különbözik a fizikától, de azt is állítjuk, hogy a (főleg molekuláris) biológiai ismeretanyag felhalmozódásával tudásunk egyre több – egyértelmű (és nem sokszempontú) – ismerettel bővül.

Véleményünk szerint a leírtakat minden középiskolásnak tudnia kellene. Szomorúan állapítjuk meg azonban, hogy ennek a szemléletnek sem a jelenlegi, sem a tervezett NAT-ban, sem a kerettantervben nincsen nyoma. Nem természettudományos érv mások véleményére hivatkozni, azonban nézetünket megerősíti a Nature kiadói csoport éppen most megjelent alapozó egyetemi online tankönyvének szemlélete [6]. A kiadó a „Principles of Science” (A tudomány alapelvei (!)) sorozatában először éppen a Principles of Biology tankönyvet jelentette meg néhány héttel ezelőtt. Helyhiány miatt, kommentár nélkül, csupán felsoroljuk a bevezető fejezet első négy alfejezetének címét: Evolution and Life on Earth; Energy and Matter; Biological Information and Interactions; Practicing Science (Evolúció és a földi élet; Energia és anyag; Biológiai információ és kölcsönhatások; A tudomány művelése).

Nem vitás: igen sok esetben definíció kérdése, hogy a biológiai szabályszerűségeket, összefüggéseket törvényeknek

nevezhetjük-e vagy sem. Ha azt a megengedő meghatározást használjuk, hogy *törvényszerűségnek* tekintjük az olyan szabályszerűségeket, melyek az általunk meghatározott feltételek esetén nagy valószínűséggel egy előre megjósolható jelenséghez, válaszreakcióhoz, mintázathoz stb. fognak vezetni, akkor ezrével találhatunk (és taníthatunk) törvényszerűségeket a biológiában is. Mi más lenne pl. a Liebig-szabály, vagy a már emlegetett centrális dogma, a Mendel-törvények vagy Hardy–Weinberg-szabály, az a tény, hogy a vazopresszin többek között az ember vízháztartását szabályozza, vagy, hogy inkább szűkebb szakterületünknel maradjunk, a nagy szárazföldi biomok, valamint az éves csapadék és átlaghőmérséklet közötti összefüggés (Humboldt-szabály)[7]? De miért van ez a különbség a fizikához képest? Véleményünk szerint pontosan azért, mert az élőlények (a természetes szelekció következtében) igen összetettek, s egyben sokfélék, ezért mi, kutatók, a rendszer bonyolultsága miatt a legtöbb esetben nem ismerjük az általános összefüggések érvényességének határait. (Gondoljunk csak az egyre gyorsabban fejlődő genetikai alapú gyógyszeres terápiák fejlődésére). Abban azonban – Csorbával szemben – nem kételkedünk, hogy a biológiai rendszereket is természeti (kémiai és az azt meghatározó fizikai) törvények irányítják. Érvényesülésük azonban a biológia bonyolult rendszereiben valósul meg, így a rájuk épített predikció nem a fizikában (és a kémiában) megszokott hatékonyságú. Ismereteink szűkossága (mely talán a fizika középkori állapotával állítható párb) törvények megfogalmazását nem, de törvényszerűségek felismerését lehetővé teszi. Ezek használata pedig (hatókörük korlátosságát szem előtt tartva) fontos és hasznos mindaddig, míg a felgyülemlett tudásból törvényszintű állítások nem cementálódnak ki.

Megítélésünk szerint a Csorba által hangsúlyozott „sokszempontúság”, sokmagyarázatúság, „a gazdag és tagolt összefüggérendszer (...) melyek (...) nem annyira kiszorítják, mint inkább *kiegészítik* (kiemelés tőlünk) egymást.” Pusztán ismereteink hiányából fakadó állapot, nem esztétikum, hanem a felfedezés szükségszerű velejárója, amelyből a megismerés folyamatában a nem helytálló értelmezések ki-szelektálódnak.

Csorba írása utolsó fejezetében ismételtén kitüntetett figyelmet fordít a megismerés folyamatának összetettségére, a különféle „kutatási programok” kölcsönhatásaként, sokszor kerülő utakon haladó megismerési folyamatra. Valóban, a tudomány működésének ezek a mozzanatok

is fontos részei, de más, a Tél által véleményünk szerint helyesen kiemelt szempontokat Csorba elhanyagolja. A biológia, akárcsak a fizika vagy a kémia olyan tudomány, melynek előrehaladását a célzott kérdésfeltevés, a kísérlet, a fogalomalkotás, a hipotézisgenerálás és a cáfolat vagy megerősítés iterációs folyamata adja. Nem erőltetett az az analógia, hogy a replikáció, a mutáció és a szelekció mechanizmusa működik itt is, habár ebben az esetben a mutációk (új ötletek, hipotézisek) nem véletlenül születnek, azoknak valamilyen összhangban kell lenniük az eddigi ismeretekkel. Aztán hosszabb távon csak azok maradnak fenn, s válnak szabályokká, törvényekké, melyek kiállják a sokasodó tapasztalatok (kísérletek, megfigyelések stb.) próbáját. Ezért van az, hogy az imént vázolt kulturális evolúció a természettudományok területén elképesztően gyors fejlődést hozott!

Ez az iterációs folyamat épít föl egy egyre növekvő és szilárduló tudásvázat, és ezt övezi egy képlékenyebb és bizonytalanabb burok, melynek határvidékén dolgoznak az aktív kutatók. A fizikában mára hatalmas és szilárd tudásváz alakult ki, míg a biológiában, éppen az összetettség, bonyolultság és a mindenütt jelenlévő sokféleség miatt, a váz kisebb és kevésbé szilárd, de kétségkívül megtalálható. Csorba László – úgy tűnik – nézeteit a kutatás határvidékéről eredezteti, s azokkal azt támasztja alá, hogy ez a biztos tudásváz nem létezik. Ez a következtetés káros, hiszen a közoktatás egyik kiemelten fontos feladata az lenne, hogy a biztos tudásváz meglétére alapozva ismertesse meg a diákokkal természettudományos gondolkodás valós természetét és erejét annak érdekében, hogy valóban kritikus, érett gondolkodókká váljanak.

Referenciák

- [1] Tél T. 2012. Milyen tudomány a fizika? Amit minden középiskolásnak tudnia kellene Természet Világa 143 (12): melléklet.
- [2] Podani J. 2010. Evolúció, törzsfa, osztályozás. Magyar Tudomány 171(10):1179-1192.
- [3] Lorenz, K. 1998. Az „Orosz kézirat” (1944-1948). Cartafilus Kiadó, Budapest.
- [4] Szathmáry E. és Maynard Smith J. 1999. A földi élet regénye. Vince kiadó, Budapest.
- [5] Dobzhansky, T. 1973. “Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution” The American Biology Teacher 35 (March): 125-129.
- [6] <http://www.nature.com/principles/principles-of-biology-104015/details/faculty/contents>
- [7] Scheuring I. 1994. Gondolatok az ökológia törvényszerűségeiről. In memoriam Juhász-Nagy Pál. Természet Világa. 125 (11): 503-507.

A Bizonytalanok bizonyossága

Gondolatok a természettudományos műveltségről és a természettudományok tanításáról

TASNÁDI PÉTER

A Nemzeti Alaptanterv (továbbiakban NAT [1]) természettudományra vonatkozó részéről az Ember és természet műveltségterület alaptantervéről a megalkotása előtt komoly vita zajlott a NAT-ot készítő szakértői csoport, és túlzás nélkül mondható, a természettudományt és a műszaki tudományokat képviselő tanárok, szakemberek és kutatók többsége között. Utóbbiak véleményét a Magyar Tudományos Akadémia is támogatta. A kormányrendeletben megjelenő alaptanterv azonban, egyetlen kompromisszumos megoldástól eltekintve, a NAT kidolgozására felkért szakértők koncepcióját tükrözi.

Úgy véljük, ennek a kevés nyilvánosságot kapott vitának utóreggéseként jelent meg Tél Tamás „Milyen tudomány a fizika?” című cikke [2] és a vele kapcsolatos reflexiók a Természet Világában. Jelen írás azért született, mert a NAT egyik kidolgozója, Csorba László [3] is válaszul Tél Tamás írására, s úgy érezzük, ennek a válasznak több megállapítása olyan kételyeket ébreszt, amelyek mellett, különösen annak fényében, hogy a szerző gondolatai a NAT-ban is felismerhetőek, nem mehetünk el.

Bár Csorba László a NAT több részletét is idézi, azt írja „Nincsen mód e helyt a NAT szerkezetének – akárcsak részleges megvitatására sem.” Úgy gondoljuk azonban, hogy a most kibontakozó polémiaiban kulcsfontosságú a NAT Ember és természet fejezetének szerkezete, mert éppen ebben a tekintetben volt gyökeresen más a NAT-ot kidolgozó szakértői csoport és a velük vitatkozók (Pl. ELTE TTK Oktatásmódszertani Centrum, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Magyar Kémikusok Egyesülete, MTA Fizikai Tudományok Osztály stb.) véleménye. Ezért elkerülhetetlen a NAT szerkezetének rövid ismertetése.

A NAT Ember és természet fejezetének felépítése

A fejezet, a NAT többi fejezetéhez hasonlóan, három alfejezetből áll: I. Alapelvek, célok, II. Fejlesztési feladatok, III. Közműveltségi tartalmak. Az Alapelvek, célok leszögezi „...a tanulónak meg kell ismernie a világot leíró alapvető természettudományos modelleket és elméleteket, azok történeti fejlődését, érvényességi határait, a hozzájuk vezető megismerési módszereket. Mivel a paradigmák, kutatási programok ma is változnak, a természettudományok tanítása során azt is be kell mutatnunk, hogy azok századok kollektív munkájával születtek meg, folyamatosan alakulnak, és sok esetben nem kizárják, hanem kiegészítik egymást.” Ez a felfogás a természettudományra vonatkozóan mindvégig ural-

kodik. A NAT folyamatosan modellekről, paradigmákról, kutatási programokról, elméletekről és szabályokról beszél, a törvény szót, amelyet a természettudomány megkérdőjelezhetetlen ki-jegecesedett ismereteire használunk, tudatosan kerül. A törvény szó mindössze kétszer szerepel a NAT Ember és természet fejezetében, egyszer zárójelben, egyszer pedig a kémiaiában az Avogadro-törvény említésekor. Nincsenek Newton- és Faraday-törvények, nincs gravitációs törvény, energia- és impulzusmegmaradási törvény stb. Helyette az említett, sokszor bizonytalan értelmezésű fogalmak szerepelnek. (Kérjük az olvasót, gondolja át, mi jutott eszébe az idézetben szereplő „kutatási programról”! Ha OTKA-pályázatok, vagy egyéb kutatási tervek, akkor tévedett, itt az igen kétes politikai szerepet játszó matematikus-filozófus Lakatos Imre fogalomalkotásáról van szó, aki tudományos kutatási programon pl. a Newton-féle és szerinte már „kimerült” klasszikus mechanikát és az azt „felváltó” Einstein-féle relativisztikus mechanikát érti.)

De lépünk tovább! A NAT megfogalmazása szerint: „A műveltségterület fejlesztési feladatai tudásterületekre tagolódnak. A kialakított szerkezet egyrészt tudományágak szerint szerveződik, másrészt támogatja az egységes természettudományos szemléletet, és egyben hangsúlyozza a kiemelt fejlesztési célokat. Szerepe a pedagógiai rendszer elvi, logikai hátterének megalkotása.” Ez a logikai háttér a következő struktúrában valósul meg:

1. Tudomány, technika, kultúra
2. Anyag, energia, információ
3. Rendszerek
4. A felépítés és a működés kapcsolata
5. Állandóság és változás
6. Az ember megismerése és egészsége
7. Környezet és fenntarthatóság.

Bár ez az inkább filozófiai kategorizálásra emlékeztető struktúra maga is szokatlan, az igazi meglepetést az okozza, hogy a szakértői csoport a tantárgyak szerint rendezett közműveltségi tartalmakat minden tantárgyon belül a fenti szerkezetbe kívánja szorítani. Emiatt egyrészt olyan szempontok is megjelennek, melyek az adott tárgytól idegenek, mint pl. az élettelen természettel foglalkozó fizika és kémia esetében a 4. vagy 6. pont, másrészt az egyes tárgyak saját logikája szerint összetartozó és egymásra épülő területek feldarabolódnak és egymástól értelmezhetetlenül távol kerülnek. Néhány példa: a középiskolai fizika anyagban az elektromosságtan fogalmai és jelenségei több különböző helyen (kölcsonhatások, energia, hálózatok, technikai rendszerek, Föld, környezettudatos magatartás

fizikai alapjai) szerepelnek, anélkül, hogy szisztematikus felépítésükre gondot fordítanának, de nem jobb a helyzet a termodinamikával sem, mely legalább öt helyre szóródik szét (anyag, rendszerek, folyamatok, fizikai folyamatok a szervezetben, környezeti rendszerek).

Ezek a példák meggyőzően mutatják, hogy ember legyen a talpán, aki megtalálja a tantárgy által megjelenített tudományág kötelező tananyagát, és a tudományterület saját logikájára épített tantervben el tudja helyezni. Itt óhatatlanul eszünkbe jut a 2008-ban csúcsosodó korábbi vita is; tanítsunk-e integrált természettudományt a hagyományos természettudományos tantárgyak helyett. A vita akkor a természettudományokkal és a műszaki tudományokkal foglalkozó tanárok és szakemberek elsőprő véleménye alapján a hagyományos tantárgyak megtartásának irányában dőlt el. A NAT felépítését látva, most több tantárgyat kell saját logikája helyett integrált keretbe szorítva tanítanunk.

Végül rámutatunk egy, a NAT-ot feszítő további problémára is. A tananyagban rengeteg eddig nem tanított, vagy nem a fizikában tanított ismeret (légkörcsések és tengeráramlások fizikája, lemeztectonika stb.) jelent meg. Felmerül a kérdés, mit jelentenek a NAT-ban felsorolt közművelődési tartalmak. Ha az eredeti szándék szerint a minimális megtanítandó tananyagot, akkor a tartalom már olyan nagyra duzzadt, hogy többsége már csak az említés szintjén tanítható. Ha válogatásra is van lehetőség, nos, akkor, kicsit sommásan azt mondhatjuk, minden iskola azt tanít, amit akar. A NAT-nak ezzel szemben a természettudomány legfontosabb értékeit kellene közvetítenie.

Aggályok a válasz kapcsán

Csorba László „A tapasztalat és az értelmezés” című alfejezetben megkérdőjelezi a természettudományok legfontosabb tulajdonságát az „evidence-based” alapozást, amit Tél Tamás cikke hangsúlyozottan kifejt. A NAT-idézetekkel azonban a szerző mégis azt igyekszik alátámasztani, hogy a NAT gondolatosságát ez az elv áthatja. Érdekes módon idézi azt az egyetlen mondatot is, amelyben az alapvetések között a „törvény” szó szerepel. Ugyanakkor elhallgatja a NAT fentebb kifejtett, a tudományágak saját logikáját elvető felépítését. Szeretnénk leszögezni, hogy a tantervi szerkezet azért kifogásoljuk, mert a NAT kormányrendeleti erejével országos méretű oktatási kísérletbe sodorja közoktatásunkat, a válaszcikk azonban úgy utasítja el a NAT-ot ért kritikát, hogy a leginkább kritikus kérdéssről hallgat.

Nem egyszerűen terminológiai kérdést jelent a törvény szóval kapcsolatos vita sem, amelyre a cikk „Minek nevezzük?” alfejezte részletesen kitér. Csorba László szerint „*Nyilván senki sem vonja kétségbe ezen törvények létét és fontosságát, ám korántsem triviális például az elmélet, a modell(család), a szabály, az összefüggés, a törvény, az axióma és a paradigma definíciója, a közöttük való választóvonalak meghúzása és még inkább ezek megjelenése és megnevezése a közoktatás dokumentumaiban.*” Nos, ez igaz, de úgy gondoljuk, hogy a felsorolt fogalmak nagy részének tiszta a jelentése, ahol pedig a NAT szakértői maguk bizonytalanok, ott semmi akadály sem lett volna, hogy jogi mintha alapján (a NAT kormányrendelet) definiálják, hogy az adott közoktatási dokumentumban a fogalmat milyen értelemben használják. Erre meglátásunk szerint a paradigma és a NAT-ban előszeretettel használt modellfogalom esetén lett volna szükség. Az érvényes NAT-ból nem tudható meg, mi ezeknek a fogalmaknak a tartalma.

Elfogadjuk a szerző személyes elbizonytalanodását saját tudományterületének áttekintésében, illetve abban, hogy a gyorsan gazdagodó területnek mely részeit kell a középiskolában tanítani. Bizonytalansága azonban nem sugárzódhat át a Nemzeti alaptantervre, illetve az összes természettudományos tantárgyra.

A paradigma kérdéskör: nem számít, hogy igaz vagy sem?

Élesen vitatjuk a szerző fizikára vonatkozó állításait. Véleményünk szerint a fizikában az arisztotelészi világról a newtoni világról történő váltás óta csak olyan változások következtek be, amelyek a törvények érvényességi körét finomították, határesetben azonban mindig tartalmazták a korábbiakat. (A fény hullámméreteiből, a Maxwell-egyenletekből levezethető a Fermat-elv, ami visszaadja a geometriai optika törvényeit, a relativitáselmélet kis sebességekre vonatkozó esete visszaadja a klasszikus mechanikát, a kvantummechanika Ehrenfest-tétele megadja a makroszkopikus mozgás magyarázatát stb.) Szó sincsen „kimerülő kutatási programokról” és „ütköző paradigmákról”, a Newton-törvényeket, a relativitáselmélet megalkotása után is ugyanúgy alkalmazzuk a mémóki gyakorlatban és a kutatásban, mint eddig. A meteorológiai kutatásokra pedig semmilyen hatással sincsen az új einsteini „kutatási program”.

Elképedten állunk a válaszcikknek a „*Véleményem szerint Tél Tamás félreérti Kuhnt.....*” mondatlallal kezdődő megállapításai előtt. Megtudjuk belőle, hogy „az arisztotelészi és kopernikus-newtoni világról *„mindegyike használható marad a mindennapokban és a tanítás gyakorlatában is.*” Csorba László nem zavarja, hogy csak az egyik elmélet mögött áll megfigyelések, kísérletek tömegével alátámasztott természeti alaptörvény, a másik ennek fényében kényszeredett és nehézkes leírás. Ilyen értelemben a kettő közül csak

az egyik elmélet igaz, és az igazság kérdése objektív módon eldönthető.

Kimarad a paradigmákról szóló gondolatmenetekből az is, hogy a kikristályosodott fizikai törvények legfőbb értéke a prediktív erő. A fizika törvényei alapján megjósolható a testek mozgása, gépkocsik, elektronmikroszkópok stb. alkothatók. Igen, úgy véljük, hogy a biztosan hamis elméletek és a biztosan igaz törvények egyenrangú „paradigmaként” történő tárgyalása a középiskolában káros. Az értékékként említett „sokszempontúság” csak az ellenőrizhető elméletek keretei között lehet hatékony. Egyébként maga a NAT nem is szereti a „sokszempontúságot”, hiszen hét pontba foglalt szerkezete egyaránt kötelező minden tantárgyban!

Nem mehetünk el Csorba Lászlónak Lakatos Imre és Feyerabend tudományképeire vonatkozó megállapításai mellett sem. A szerző azt a látszatot kelti, mintha a posztmodern filozófiában lennének köklerek, akiket Sokal és Bricmont parodizál, de Lakatos és Feyerabend „*vitathatatlan tárgyi tudáson alapuló tudományképe*” azokkal nem mosható össze. Ezzel szemben Sokal és Bricmont [4] könyve részletesen foglalkozik Feyerabenddel, azt írják: „Feyerabend olvasásakor számunkra az okozza a legnagyobb problémát, hogy eldöntjük, mikor kell őt komolyan venni.” Emellett több olyan, Feyerabendről származó idézet is közölnek, amelyek kifejezetten aláássák a tudomány tekintélyét, és összemoszák a tudományos elméleteket a „mitoszokkal”. Semmiképpen sem kívánunk tudományfilozófiai vitába keveredni, annyi azonban biztosan állítható: Feyerabend és Lakatos tudományképe ma is vitatott. Sajátos, hogy válaszcikkében Csorba László nem említi a lakatosi kutatási program jellemzőjeként, azt, amit más írásában megtesz, nevezetesen, hogy „*Mégiscsak választottunk a programok (vagy paradigmák) közül: az előnyösebbet vagy termékenyebbet, de nem az „igazabbat.”*” [5] Pedig ez az a pont, ahol világossá válik, hogy a kutatási program megnyílik, – amúgy talán vonzó – fogalma éppúgy önkényes és szubjektív, mint a posztmodern és Feyerabend konstrukciói. Ezek mindegyike elveti azt a lehetőséget, hogy az állítások igazsága eldönthető éppen a tapasztalatnak, a kísérletnek való megfelelés (az „evidence based” tulajdonság) alapján. Érthetetlen, hogy miért kellett ennek az elmúlt századok és napjaink kutatási gyakorlatának is ellentmondó lakatosi képnek a csírait a NAT természettudományi fejezetébe beemelni.

Haldoklik a természettudomány?

A válaszcikk utolsó fejezete az OFI által kiadott „Átmenet a tantárgyak között” című tanulmánykötet Előszaváról szól. A könyv egyik szerkesztője, s egyben az Előszó írója is Csorba László. Az Előszó a szerző súlyos pesszimizmusáról és a természettudományos igazságokba vetett hitének megingásáról tanúskodik.

A szerző ma is aktuálisnak tartja Hamvas Béla 1934-es írását, melyben Hamvas (Feyerabendet évtizedekkel megelőzve!) a tudományt mítosznak tekinti, és közlő pusztulásáról beszél. Érdekes módon a szerző elhallgatja, hogy Németh László még ugyanabban az évben így válaszolt: „*Megküldött tanulmányod, azt hiszem, kitűnő példája ennek a mesterséges térben folyó gondolati kísérletezésnek, melyet elég találó módon esszéizmusnak neveztek el. Igazságot fejez ki, s egészében mégsem igaz.*” [6]. Azonosulva Hamvassal, Csorba László így kommentál:

„*Elegendő, ha arra gondolunk, hogy a szégyetelen fejlődés ellenére (vagy éppen annak következtében) mennyire kértelművé-bizonytalanná váltak például az olyan alapfogalmak, mint élet, gén, információ, cél, evolúció vagy univerzum.*”

A tudomány értékébe, a tudományos módszer hitelességébe vetett bizalom elvesztését tükrözik a válaszcikk utolsó mondatai is:

„*A természet – vagy teremtet világ – végtelenül gazdag. Minél következetesebben kérdezzük, annál pontosabb választ kapunk.*”

Dehogyan kapunk! Az is fontos, hogy jól kérdezzünk, s ehhez biztosan kell tudnunk, amit eleink már tisztáztak.

Tiszteletre méltóak egy művelt ember töprengései és kételyei saját szakmájában, a tudomány jövőjében, s elfogadjuk, hogy számára talán a posztmodern filozófia jelenti a választakat is, hiszen tagadja a letisztult, biztos ismeretek létezését.

A bizonytalanságra mint egyetlen biztosra azonban nem épülhet a jövő közoktatása. Ezért ezeknek a gondolatoknak – a sajnálatos módon már megtörtént – törvényi erőre emelését, és országos tantervbe foglalását veszélyesnek tartjuk!

Hivatkozások:

- [1] Tél Tamás: Milyen tudomány a fizika? Természet Világa, 2012. december (melléklet)
- [2] NAT. Magyar Közlöny, 2012. június 4. p. 10635
- [3] Csorba László, Természet Világa
- [4] A. Sokal és J. Bricmont: Intellektuális impostorok. Typotex, Budapest, 2000, p. 104
- [5] Csorba László: Előszó; in Átmenet a természettudományos tantárgyak között. szerk. Bánkúti Zs. és Csorba L. Oktatókutatás és Fejlesztő Intézet, 2011. p. 7.
- [6] Németh László: Természettudomány és mitológia. Vita Hamvas Bélával, in Németh László, A minőség forradalma. 1992, Püski, Budapest, p. 372

Tél Tamásnak a 2012. évi 12. számunkban megjelent „Milyen tudomány a fizika? Amit minden középiskolásnak tudnia kellene” írását követően a természettudományok oktatásáról a Természet Világa márciusi és májusi számában többen elmondták a véleményüket. Ezen írások közreadásával lapunk hátsólapján a polémiát lezártuk tekintjük.