

TÉL TAMÁS

# Milyen tudomány a fizika?

Amit minden középiskolásnak tudnia kellene

A (természet)tudományos<sup>1</sup> „igazság”  
kizárólagos kritériuma a kísérlet.

R.P. Feynman [1]

A címben feltett kérdésre a rövid válasz: természettudomány. De hiszen ez nyilvánvaló, nem is érdemes róla beszélni, mert mindenki tudja – gondolhatná az ember. Hogy ez nincs egészen így, arra már utalt az utóbbi években szerzett néhány tapasztalatom. Tíz évvel ezelőtt elméleti mechanika órát tartottam tanár szakos hallgatók számára. Az első előadáson említettem a mottónak választott állítást. Utána odajöttek hallgatók és mondták, milyen érdekes ez, még sohasem hallották. Egyikük azt is hozzátette: „de, tessék mondani, a tanár úron kívül még ki gondolja ezt így?” Egy érettségizett, tanárnak készülő fiatal tehát nem érti, hogy a fizikaórán nem személyes vélemények hangzanak el (melyek talán valamiféle átlaga lenne a természettudományos tudás?). A fizikatanár szabadsága igen csekély – az előadóművészhöz hasonló –, hiszen a fizika objektív, a tanár legfőképpen a hangsúlyokat, példákat választhatja meg ízlése szerint, nem az állításokat. A másik intő jel a Tudomány határai című könyv üzenete volt 2008-ban [2]. A szerzők célja annak megfogalmazása, mi nem számít tudománynak, mi áltudomány. Mivel azonban több száz oldalon nem kapunk választ arra, mi a tudomány, írásukat azzal zárják, azt sem lehet megmondani, mi nem tudomány. A csillagászat, asztrológia – melyről állítják ugyan, hogy ma nem tudomány – jövőbeli tudománnyá válását nem zárják ki, arra utalva, hogy a társadalom véleménye egyszer majd megváltozhat. Szavazáson, vagy divatirányzatokon múlna, hogy mi áltudomány? És mindezt egy végzett csillagász (az egyik szerző ugyanis az) sugallja!

Ehhez az íráshoz a végső lökést az idén megjelent Nemzeti Alaptanterv (NAT) [3] Ember és természet (a fizika, kémia, biológia) műveltségterületének tudományképe adta meg, mely a *szakma tiltakozása* [4] (az MTA-t is beleértve) *ellenére eredeti formájában maradt a rendeletben*. E szemlélet szerint az egyes tárgyak ugyanabban, az adott tudománytól idegen, a szerzők sajátos logikája által diktált szerkezetben tárgyalandók. Ezek szerint a természettudományban nem lényegesek, ill. nincsenek is természeti törvények, a tudomány fejlődése folyton változó modellek mentén történik. Az alábbiakban a fizika és a műszaki tudományok példáján – kutatói és tanári ismereteim alapján – a természettudomány működését szeretném megvilágítani. Kitérek arra is, hogy milyen szel-

lemi irányzat állhat a NAT-ban minden előzmény nélkül most megjelent szemlélet mögött. Megmutatom, hogy *a valamikor evidens tudománykép továbbra is érvényes, és érthetetlen, hogy helyette miért kerül egészen más a közoktatásba*.

## Hogyan működik a fizika (természettudomány)?

A természettudomány célja a természet megértése. Itt érdemes ismét Feynman [1] idézni: „Mit jelent az, hogy megértünk valamit? Képzéljük el, hogy a „világ”, az állandóan mozgásban levő tárgyak bonyolult elrendeződése egyetlen hatalmas sakkjátszma, az istenek játsszák, s mi csak megfigyelői vagyunk. Nem tudjuk, csupán *megfigyelhetjük* a játék szabályait. E világméretű játszma szabályai: a *fizika alapjai* (a természeti törvények – TT). Viszont ha az összes szabályt ismernénk is, akkor sem lennénk képesek megérteni, miért pont a megfigyelt sakkhúzásra került sor a játszmaiban – ez már túlságosan bonyolult, és értelmünk véges.” A természettudós tehát elsősorban arra válaszolhat, *milyen* a világ, s nem arra, miért éppen ilyen?

A Galilei munkásságával kialakult modern természettudományos megismerés a *jelenségek* felismerésével kezdődik. Ennek érdekében a jelenséget először közvetlen tapasztalatból, vagy műszeres eszközzel, méréssel *megfigyeljük*. A megfigyelt jelenség értelmezésére *fogalmakat* vezetünk be. Amikor csak lehet, a lényegtelen körülmények elválasztása érdekében *kísérleteket* végzünk. A kísérletek azonos feltételek mellett többször ismételtetők, bárki által ellenőrizhetők, s mindez a pontosabb megértést szolgálja. Ezután *kapcsolatokat* keresünk a fogalmak között. A mennyiségi fogalmak között a kapcsolat *matematikai jellegű*. E feltételezett kapcsolatok megtalálása újabb megfigyelésekkel, kísérletekkel történhet. A fogalmak között először hipotetikus kapcsolatok fogalmazódnak meg. A versengő hipotézisek közül kiesik az, amely következetesen ellentmond a megfigyeléseknek, kísérleteknek. A végül érvényben maradó letisztult kapcsolatok *természeti törvényeknek* nevezzük.

Ezek érvényességi kritériuma a mottóban megfogalmazott állítás. Az abban, és a fentiekben is használt kísérlet gyűjtőfogalom: jelenthet célzott műszeres megfigyelést, mérést, terepi munkát, bármit, ami az elképze-

lések tényekkel való szembesítését (angolul: „evidence”, az eljárás: „evidence-based”) lehetővé teszi. Sokszor a törvények segítségével újabb, addig nem ismert jelenségek jelezhetők előre. Megjegyzendő, hogy mindebből világosan következik az is, hogy a természettudomány nem demokratikus annyiban, hogy nem az azonos véleményt nyilvánítók számától függ az igazságtartalom.

Érdekes felhívni a figyelmet arra, hogy néha felmerülnek a mottóval ellentmondásban levőnek tűnő vélemények is. P. Dirac-tól származik az a nézet, hogy egy fizikai elmélet akkor helyes, ha matematikailag szép [5]. Ez azonban arra az állapotra vonatkozik, amikor még több elmélet képzelhető el, s ekkor jó munkahipotézis lehet a matematikailag szépnek a választása. A „legszebb” fizikai elmélet is érvénytelenné válik azonban, ha ellentmondásba kerül a tényekkel. A XX. század elején megfogalmazódott az a pragmatikus elv is, hogy *csak olyan fizikai memmiségekről érdemes gondolkodni, melyek maguk is – legalább elvben – megmérhetők*.

Az egész „megfigyelés–fogalomalkotás–kísérlet” egység tehát folyamatosan ismétlődik, kutatói generációkon keresztül folytatódik. A folyamat kiegészül a természettudományos kutatók közösségén mint minőségellenőrző közegen történő áthaladással. Ez rendszerint a kollégákkal folytatott diszkusziókkal kezdődik, a konferenciákon való bemutatással folytatódik, és – sikeres esetben – a folyóiratok bírálatának megválaszolásával végződik. A fizikában legalább két ismeretlen, a világ bármely tájáról származó bíráló egyetértő véleménye szükséges a publikáláshoz. A folyamat során fellépő kritikák hatására valóban sok alacsony színvonalú cikk nem jut el a nyomdába. A megjelent eredményért viszont a szerző élete végéig, sőt azután is felel: egy fizikus nem mentheti fel magát 20 évvel korábbi állításai alól azzal, hogy „hja, akkor még fiatal voltam”. Ha a természettu-

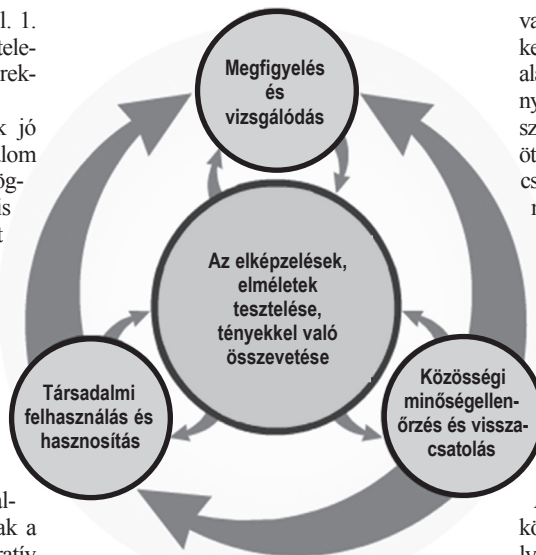
1 Az egyszerűség kedvéért, és egyben a közoktatási keretnek megfelelően természettudományon a továbbiakban a fizika, kémia, és biológia területét értjük. Mivel számos félreértést elkerülhetünk, ha megkülönböztetjük a természettudományokat a többi tudománytól, a „természet” megjelölést tudatosan használom akkor is, ha elhagyása esetleg stílusosan elegánsabb lenne (ez magyarázza a mottóban megjelenő zárójel is, hiszen az a „science” szó fordításából adódik).

domány nem is hoz erkölcsi ítéleteket (1. 1. blokk), művelőitől szigorú erkölcsi elkötelezettséget vár el az objektivitásra való törekvés kapcsán.

A természettudományos eredmények jó része alkalmas arra is, hogy a társadalom alkalmazza őket. Egyes esetekben ez rögtön a kutatási téma megválasztásakor is szempont. Ez a vonulat – éppúgy, mint a közösség által történő ellenőrzés – állandó, ismétlődő kölcsönhatásban van a megfigyelés és értelmezés folyamatával. Az egész rendszert az **1. ábra** sémája szemlélteti.

A rajz az USA egyik legismertebb egyeteme, a kaliforniai Berkeley Egyetem évek óta létező honlapjáról származik. Látható, hogy a rendszer középpontjában a fogalmi megközelítés állandó tesztelése áll (1. mottónk), a nyílak a kölcsönhatásokra, és az ismétlődő, iteratív jellegre utalnak. Az egyes korongokra kattintva azok részletezése is megjelenik. A honlap célja, hogy számos példával is alátámasztva segítséget adjon a téma tanításához (1. 1. blokk).

Hangsúlyozni szeretném, tisztában vagyok azzal, hogy a természettudomány társadalmi megítélése nem feltétlenül pozitív minden esetben. Számos olyan esemény és folyamat (Hiroshima, Csernobil, kemikáliák, biológiai fegyverek, klímaprobléma stb.) volt és van, melyek a természettudományba vetett hitet megingathatják. Célunk nem a ter-



**1. ábra. A természettudományos megismerés folyamata <http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>**

mészettudomány dicsérete, hanem egyedi, megkülönböztető vonásainak, működése lényegének és az ezekben rejlő értékeknek a bemutatása.

### Alapvető természeti törvények

Szeretve tisztelt tanárom és korábbi tanszékvezetőm, Nagy Károly professzor úr hat-

vankedettik éve tanít fizikatanárokat. Egyik kedvelt mondása, hogy az elektromosságtan alaptörvényei (a Maxwell-egyenletek) „a nyilvánlatkoztatás erejével ható tapasztalatból leszűrt igazságok”. Büszkén meséli, hogy az ötvenes években egykori évfolyamuk karácsonyra két gipsztáblát adott professzoruknak, Novobátzky Károlynak, rajtuk a törvényeket leíró matematikai egyenletekkel, aki ezt nagy becsben tartotta. Az alaptörvények tiszteletét osztja a memóktársadalom is, hiszen a legendás Simonyi Károly tavaly leplezett domborművén, a BME Q épületének második emeletén, az látszik, ahogy a professzor éppen ezeket az egyenleteket írja a táblára (**3. ábra**).

A fizika területén jól megfigyelhető az *alaptörvények* különleges szerepe. Alaptörvénynek a jelenségek igen széles körére érvényes törvényeket nevezünk, melyek számos, szűkebb érvényességi körű törvényt is megalapoznak. Az elektromosságtan alaptörvényei pl. a mágneses jelenségeken, az indukción, a rádióhullámokon kívül az egész fénytant és a hősugárzást is leírják. A törvény szóhasználat (mely a világnyelveken ebben az összefüggésben is egységes) arra utal, hogy a törvényben megfogalmazott állítás érvényessége független attól, hogy tud-e róla, aki szembesül vele. Az alaptörvények száma viszonylag csekély, a fizika minden nagy fejezetéhez tartozik néhány (így pl. a Newton-törvények a klasszikus mechanikához, a hőtan főtételei a termodinamikához,

### 1. A „How science works” oldal

A „Hogyan működik a természettudomány” oldalt megalkotó (főleg biológusokból, őslénykutatókból álló) csoport az óvodás kortól (!) az alsóéves egyetemi hallgatók szintjéig mutat be anyagokat a tanároknak. Az **1. ábra** az általuk használt logo, mely újra és újra előfordul, mindig más oldalról megvilágítva.

A természettudomány jellemzőit („science checklist”) így foglalják össze:

- a létező természettel foglalkozik,
- célja az ebben lezajló jelenségek magyarázata,
- ellenőrizhető, tesztelhető elképzeléseket használ,
- tapasztalati, kísérleti tényeken nyugszik,
- a kutatók közösségébe ágyazottan történik,
- egyre újabb és újabb kérdéseket vet fel, új felfedezésekre vezet (a kutatás folyamatos),

– a természettudományos kutatói hozzáálláson alapul.

Az utolsó pontokat egy humoros ábrával illusztrálják, mely azt is sugallja, hogy



**2. ábra. A természettudományos kutatói hozzáállás: mindenkit szívesen látunk, aki készen áll arra, hogy gondolatait állandó tesztelésnek, a tényekkel való összevetésnek tegye ki. [http://undsci.berkeley.edu/0\\_0\\_0/whatiscience\\_09](http://undsci.berkeley.edu/0_0_0/whatiscience_09)**

a kutatók közösségébe bárki bekerülhet. Az alkotói csoport azt is megfogalmazza, hogy mit *nem* tesz a természettudomány:

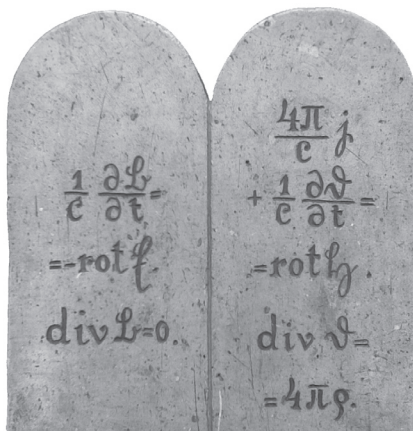
- nem hoz erkölcsi ítéletet,

- nem hoz esztétikai ítéletet,
- nem mond semmit arról, hogyan használandó fel a tudás,
- nem foglalkozik természetfölötti jelenségekkel.

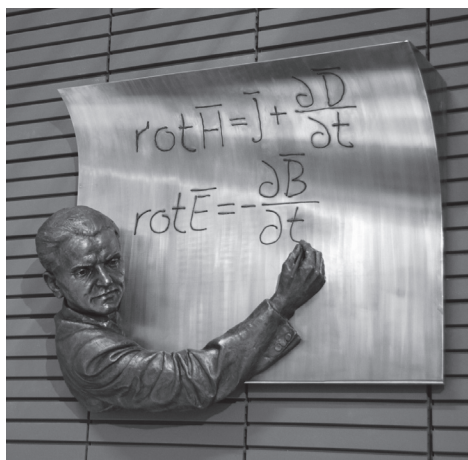
A honlap a hidegfúziótól kezdve, az ózonlyuk problémájáig számos konkrét esetet végig elemez. Érdeklőségként megemlítjük, hogy az egész rendszer központi helyén álló „elképzelések tesztelése” kapcsán éppen Semmelweis Ignác példáját mutatják be: [http://undsci.berkeley.edu/0\\_0\\_0/howscienceworks\\_06](http://undsci.berkeley.edu/0_0_0/howscienceworks_06). Természetesen szó esik az asztrológiáról is: a szerzők részletesen elemzik, hogy a természettudomány fenti jellemzői mennyiben érvényesek az asztrológiára, és az olvasóra bízzák a döntést: [http://undsci.berkeley.edu/article/astrology\\_checklist](http://undsci.berkeley.edu/article/astrology_checklist)

Nehéz azonban elképzelni, hogy az ott olvasottak után bárki is esélyt adjon arra, hogy az asztrológia tudománnyá válhat.

Az oldal tanulmányozását mindenkinek jó szívvel ajánlom.



3. ábra. Balra: a Novobáztzy Károlynak ajándékozott kőtábla a (gótbetűs) Maxwell-egyenletekkel. Jobbra: Simonyi Károly domborműve a Műegyetemen, melyen éppen a második Maxwell-egyenlet felírásánál tart



kvantumfizika esetén a XX. század eleje) után – a történelem időskáláján legalábbis – *már nem változnak* (hamarosan látni fogjuk, hogy érvényességi körük pontosodhat az idő múlásával).

A törvények léte azt is bizonyítja, hogy a természet sajátos, lényegi rend szerint működik, és a természet ennek felkutatása révén megismerhető. Az ismeretek – megfelelő matematikai jelöléssel, meglepően tömör formában – néhány egyenlettel összefoglalhatók (l. 3. ábra és 2. blokk).

Az alaptörvények felismerése kimagasló emberi tevékenységek, sokszor évtizedekig tartó kutatás következménye. Felismerésük jellege mindig más és más, szisztematikus módszer nem tanítható. A tapasztalat azonban mutatja, hogy érdemes próbálkozni, mert hatalmas értékek birtokába kerülhetünk. Nem tudjuk, mért van így, csak alázattal és örömmel vehetjük tudomásul, hogy a természet ilyen. A felismert természeti alaptörvények az emberiség *kulturális kincsei*, melyeket olyan szín-

vagy a relativisztikus és a kvantum törvények a „modern fizika” egyes fejezeteihez), de alaptörvénynek tekinthető kémiai szempontból a periódusos rendszer vagy a biológiában a genetika törvényei is.

Érvényességüket kísérletek százai ellenőrizték/ellenőrzik. A számos részecske-

gyorsítóban jelenleg is folyó mérések alkalmasnak adnak a relativitáselmélet és a kvantumelmélet folyamatos ellenőrzésére. Ha valaki komoly ellentmondást találna, Nobel-díj-esélyessé válna. Az ilyen jellegű szenzációk *hiánya* csendesesen mutatja tehát, hogy az alaptörvények felismerésük (a relativisztikus és a

níre a tapasztalat mutatja, mégis meglepő. Vannak ugyanis a kultúrának más területei is, melyek a valóság elvonatkoztatásából keletkeztek. Ilyen pl. a zene, mely a zörejek, hangok stb. absztrakciója, vagy a sakk, mely a hadviselés esszenciája. Mindkét területnek sajátos belső, teremtett világa van, mely akár egész emberi életek lekötésére is alkalmas. Mégsem látjuk azonban, hogy a zene sokat segítene pl. a madarak énekének és kommunikációjának megértésében, vagy, hogy a sakk szerepet játszott volna a XX. századi csaták előkészítésében.

## 2. Matematika és természettudomány

Alkotó matematikusok sokszor említik, hogy munkájuk egyik fő vonzó vonása, hogy megismerhetik az igazságot [1]. A matematikában az igazság kritériuma azonban egészen más, mint a természettudományban! Ott a matematika belső, „teremtett” világának megfelelő logikai tisztaság, a bizonyítás az igazság kritériuma. A matematikát ezért *nem* tekintjük természettudománynak. Miért igaz mégis a Galileinek tulajdonított mondás: „A matematika a természet nyelve” Ezt talán legszebben Rényi Alfréd mutatja be mára már klasszikussá vált *Dialógus a matematikáról* című írásában [2], ahol a (matematikát megismerni készülő) Hippokratész és (az ehhez tanácsokat adó, böls) Szókratész platon dialógus formájában beszélget a témáról. A gondolatmenet legfontosabb lépéseit idézetekkel mutatjuk be:

„Szókratész: Szóval azt mondd, hogy a matematikus nem a juhok vagy a hajók számával foglalkozik, hanem magukkal a számokkal, tehát nem valami létező dolgokat számol, hanem a számokat magukat kutatja, és így olyasmivel foglalkozik, ami igazában nem is létezik, csak az ő gondolataiban.”

„Hippokratész: ... A matematika tárgyát képező, nem létező, csak elgondolt dolgokról éppen azért tudhatjuk a teljes igazságot, mert nem léteznek, illetve csak annyiban léteznek, amennyiben a matematikusok kigondolták őket, és éppen azért pontosan olyanok, amilyenek elképzelték őket, szemben a valóban létező dolgokkal, amelyek különböznek a róluk általunk alkotott képtől.”

„Szókratész: Mondd hát, Hippokratészem,

nem találd rejtélyesnek, hogy ezek szerint arról, ami nem létezik, többet és biztosabban tudunk, mint arról, ami létezik?”

„Szókratész: Nekem úgy tűnik, hogy vissza kell térnünk arra a pontra, ahol megállapítottuk, hogy a matematikus nem a juhokat vagy a hajókat számolja, hanem a számokkal magukkal foglalkozik. Mármost gondold meg jól: mindaz, amit a matematikusok a számokról megállapítanak, azokat önmagukban és minden kézzelfogható dologtól elvonatkoztatva vizsgálva, nem érvényese az a juhok számát illetően is? Ha például a matematikusok megállapítják, hogy a 17 törzsszám, nem jelenti-e ez azt is, hogy 17 élő juhot nem lehet több ember között úgy elosztani, hogy mindegyik ugyanannyi juhot kapjon, csak úgy, hogy 17 ember mindegyike egy-egy juhot kap?”

„Szókratész: Tehát amit a matematikus a számokról megállapít, az a valóban létező dolgokra is érvényes?”

„Hippokratész: Most pedig eljutottunk odáig, hogy valóban van ennek más haszna is, hiszen megvan a lehetősége, hogy annak a megismerésnek, amit a matematika világában szerzek, az emberek akár most rögtön, akár pedig a közeli vagy távoli jövőben hasznát vehessék, hiszen a matematika világa nem más, mint a mi világunk tükörképe gondolkodásunk tükrében, és így a tükörképben felismert igazságok elősegíthetik a létező dolgok világának megismerését.”

Ebből érthető, hogy a matematika alkalmazható a természettudományokban is, hiszen a létező *világ mennyiségi, formai jegeinek elvonatkoztatásával* keletkezett. Az, hogy annyira jól alkalmazható, mint amen-

nyire a tapasztalat mutatja, mégis meglepő. Vannak ugyanis a kultúrának más területei is, melyek a valóság elvonatkoztatásából keletkeztek. Ilyen pl. a zene, mely a zörejek, hangok stb. absztrakciója, vagy a sakk, mely a hadviselés esszenciája. Mindkét területnek sajátos belső, teremtett világa van, mely akár egész emberi életek lekötésére is alkalmas. Mégsem látjuk azonban, hogy a zene sokat segítene pl. a madarak énekének és kommunikációjának megértésében, vagy, hogy a sakk szerepet játszott volna a XX. századi csaták előkészítésében.

A matematika érdekes módon aktívan részt vesz a természet megismerésében. Az még talán indokolható, hogy a matematika az emberi léptékű problémák leírásában ennyire hasznos, hiszen ebből a világból vonatkoztatódott el. Az, hogy miért alkalmas ugyanilyen jól a szemmel nem láthatóan kicsi vagy nagy méretek világában, tényleg meglepő. Ezért beszél Wigner Jenő a matematika „meghökkenítő hatékonyságáról” a természettudományban [3], melyet szerinte adománynak kell tekintenünk.

[1] Staar Gyula: Matematikusok és teremtett világuk – beszélgetések. Vince Kiadó, Budapest, 2002

[2] Rényi A.: Dialógus a matematikáról, in: Dialógusok a matematikáról, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1965, <http://mek.oszk.hu/00800/00856/html/#1>

[3] Wigner J.: A matematika meghökkenítő hatékonysága, in: Wigner Jenő válogatott írásai (szerk.: Ropolyi L.), Typotex, Budapest, 2005, pp. 151-178 (angolul, The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences, Comm. Pure Appl. Math. 13, 1 (1960))

ten kell(ene) megbecsülnünk, mint pl. Bach vagy Bartók teljes életművét.

A teljes megismerési folyamatot a **4. ábra** szemlélteti. A megismerés frontja a jelenleg futó kutatások összessége. Itt, ahogy említettük, különböző hipotézisek, elméletek, modellek versengenek, és itt alkalmazható egyéni útmutatóként pl. Dirac törekvése a matematikai szépségre. Napjainkban ide tartozik pl. az Univerzum sötét energiájának kutatása. E versengésből azonban, a valósággal való összevetés kritériumának alkalmazásával egyre kevesebb versenyző gondolat marad meg. A folyamat, legalábbis a fizika tapasztalata szerint, elvezet egyetlen elmélet letisz-

A tudományos paradigma fogalmát a tudománytörténész T. Kuhn definiálta [6], mint azon eljárások összességét, melyet egy tudományterületet adott időpontban használ. A tudományos forradalmak, szerinte paradigmaváltással járnak. Ennek értelmében ettől kezdve egészen új fogalomrendszerben dolgozik az adott tudományterület.

Ez az értelmezés azt sugallja, hogy az eredeti fogalomrendszerből semmi használható nem marad. A modern természettudományok területén ez azt jelentené, hogy a természeti törvények az új felismerésével megszűnnek. Tekintsük példaként a relativitáselmélet felfedezését. Az pontosan megadja a gyors részecskék mozgását, de a kis (emberi léptékű) sebességek határesetében visszaadja a klasszikus fizikát. Egy gyorsvonal hossza (a külső megfigyelőhöz képest) a relativitáselmélet értelmében megrövidül: számértékként azonban  $10^{-12}$  m-t kapunk. Ez az atomok méretének kb. 1 százaléka! Mivel azonban a vonat hossza ilyen pontossággal jelenlegi (és jövőben várható) eszközeinkkel nem mérhető, hiszen nem is definiálható, éppen mottónk szellemében kell azt mondanunk, hogy a newtoni fizika a vonat mozgására *érvényes*. Több is igaz, nevezetesen az, hogy relativisztikus hatások semmilyen hétköznapi jelenségben nem figyelhetők meg.

A törvények megszűnéséről tehát szó sincs. Helyesen fogalmazva azt kell mondanunk, hogy az új ismeretek, paradigmák, a *régebbi alaptörvények érvényességi körét pontosítják*. Azok azonban még a pontosítás után is számtalan jelenségre érvényben maradnak. A *paradigmabővülés* szóhasználat éppen ezt aényt segít fejben tartani. Történeti távlatban a bővülés érthető is, hiszen az eredeti paradigma (a klasszikus mechanika) a kialakulása idején ismert világra vonatkozott, arra mindig is érvényben marad, de az idő előrehaladásával javuló technikák pontosabb mérések tették lehetővé, és *e pontosabban megismert világban* szükségessé válik az új tudományág megjelenése. Így örülünk annak, hogy a relativisztikus fizika mellett a megfelelő körülmények között rendelkezésünkre áll a klasszikus fizika is<sup>3</sup>.

Az sem igaz, hogy a modern fizikai alapkutatások csakis az új paradigma keretében történhetnek. Példaként gondoljunk a turbulencia, és az időjárás-, ill. klíma-előjelzés kutatására, melyre a világon mindenütt a Newton-törvényére alapozott folyadékmechanikát használják.

A megfogalmazott kép teljessé tétele érdekében gondoljunk most el, milyen is lehet egy következő tudományos forradalom? Mi történik, ha az atomok, kristályok, moleku-

lák világát leíró kvantumelmélet alaptörvényei egyszer esetleg majd módosításra szorulnak? Az említett, jelenleg is állandóan zajló kísérleti ellenőrzés fényében, az csak azért lehet majd, mert mérőműszereinkkel olyan kis távolságokhoz, időkhöz vagy nagy energiákhoz jutunk, ahova eddig nem sikerült eljutni. Azok a kvantum-módszerek, melyeket ma pl. a nanotechnológiában vagy a gyógyszertervezésben használnak, így változatlanul alkalmazhatók maradnak majd.

Összefoglalva: az objektív tudományos igazság keresése, a szigorú törekvés a célzott megfigyelésekkel és a tervezett kísérletekkel való egyezésre, és a hosszú kutatási folyamatok eredményeként felismert, időben már nem változó természeti törvények léte tulajdonképpen a természettudomány definíciós tulajdonságai.

A matematikai leírásra való törekvés és az „evidence-based” megközelítés egyes humán tudományterületeken egyre erősebben megjelenik. Ugyanakkor, ettől merőben eltérő irányzatok is megfigyelhetők (l. Posztmodern imposztorok).

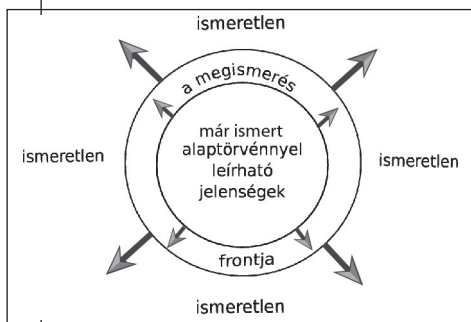
## Modellek

A tudomány szóhasználatában a *modell mindig közelítést* (vagy a kutatás frontjában alkalmazott hipotézist) jelent, annak kifejezését, hogy végezhetnénk pontosabb vizsgálatokat is. Ugyanakkor az egyszerűsítés nem lehet olyan fokú, hogy a lényeg elvesszen.

Gondoljunk a ferde hajítás középiskolai példájára, melyben a közegellenállást mindig elhanyagoljuk. Ez tehát egy modell, méghozzá a levegőben történő hajítás, a ballisztika modellje, mely a középkor óta létező tudományterület, a tüzerek világa. A ballisztikát iskolában nem tanítjuk, mert bonyolult számításokkal jár, de eredményei, mint számos csata bizonyítja, jól egyeznek a tapasztalattal. Mivel a közegellenállási erő sebességfüggése ismert, a Newton-egyenlet egzaktul felírható. A ballisztikát magát ezért nem nevezzük modellnek, mert az a klasszikus fizika szellemében a jelenség legpontosabb leírását adja.

Az ún. Ising-modell a mágneses anyagok egy modellje. Itt spinekről van szó, ezért a kvantumelmélet területén járunk. Ahelyett azonban, hogy az elmélet alapegyenletéből a megfelelő összefüggéseket bonyolult módon vezetne volna le, E. Ising egy heurisztikus motivált változatot, egy modellt javasolt. Érdekes módon, több olyan mágneses anyag is létezik, mely hűen követi az Ising-modell jóslatait.

Az eddig említett modellek a fizika valamely alaptörvényének leegyszerűsített alkalmazásai. A modellek szerepet játszhatnak a törvény megtalálásához vezető úton is. Erre példa az ismert atommodellek esete. Az iskolában végigvesszük a Thompson-, a Rutherford-, és a Bohr-modelleket. Talán tetszetős (de fél-



**4. ábra. A természettudományos megismerési folyamat sematikus ábrázolása. A megismerés frontja lassan behatol az ismeretlenbe, s maga mögött felismert, alaptörvénnyel rendelkező területeket hagy vissza**

ülésig, mely számtalan ellenőrzés után eljuthat az alaptörvényi rangra. Azokat a területeket, ahol már ismertek az alaptörvények, a frontvonal mögötti zárt korong szimbolizálja<sup>2</sup>. Az alkalmazott és műszaki kutatások ezekre a területekre koncentrálnak. A természettudományok *társadalmi hasznossága* tehát éppen a törvények megbízhatóságának, azaz változatlanóságuknak a következménye, hiszen így vezetnek a mindennapi élet szinte minden területén az életünket megkönnyítő fejlesztésekhez (gőzgép, autó, repülő, orvosi vizsgáló berendezések, félvezetők, számítógép, digitális fényképezőgép, gyógyszerek, műtéti eljárások stb.).

## Tudományos forradalmak – paradigmabővülések

Talán paradigmaváltások – gondolhatja a művelt olvasó. A szóhasználat azonban tudatos, sok félreértés következik ugyanis a paradigmaváltás szó szerinti értelmezéséből.

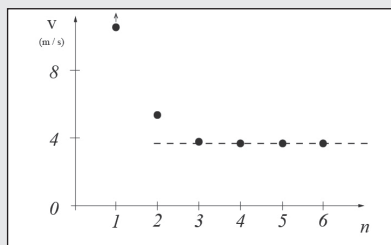
<sup>2</sup> Az alaptörvény létezése a jelenségek megértését határozottan megkönnyíti, de a lényeg kibontása egyes területeken így is rendkívül összetett feladat lehet, és önálló kutatási témaként jelenhet meg. A „megismerés frontja” és az „alaptörvénnyel leírható jelenségek” korongja ezért valamelyest átfed, melyet a könnyű áttekinthetőség kedvéért a 4. ábrán nem jelöltünk.

<sup>3</sup> A kaotikus mozgásforma felismerése az előző század 80-as éveiben – mely új alaptörvénnyel nem járt – szintén „bővülés”: a szabályos mozgások továbbra is léteznek és tanulmányozhatók, csak tisztában kell lennünk azal, hogy *mellettük* léteznek kaotikusak is.

### 3. Középszintű feladat

Érdekes egy középszintű eszközzel megoldható példán bemutatni, hogy az egyre javuló közelítések, köztük finomodó modellek, milyen eredményt adnak. A feladat az, hogy határozzuk meg a Dunán Komáromból Esztergom felé haladó, 0,35 kW nettó motorteljesítménnyel működtetett motorcsónak vízhez viszonyított  $v$  sebességét (a Duna áramlási sebessége  $U=1$  m/s, és az egyszerűség kedvéért feltesszük, hogy a szél ugyanilyen sebességű). A részletes megoldás a függelékben található a honlapon. Itt csak az egyes közelítésekben kapott számértékeket mutatjuk be (5. ábra).

Az első (meglehetősen naiv) közelítésben feltesszük, hogy a víz közegellenállása dominál, és a közegellenállási erő arányos a  $v$  sebességgel. Az, hogy a kapott eredmény irreálisan nagy, rávezet minket arra, hogy az utóbbi feltevés nem tartható, s áttérünk a négyzetes közegellenállá-



5. ábra. A feladat megoldása a  $v$  relatív sebességre a közelítések n sorszama függvényében

si erőre. A harmadik közelítésben felismerjük, hogy a levegő közegellenállása is fontos. A 4. közelítés a Föld forgásából származó Coriolis-erő hatását is figyelembe veszi, majd a relativitáselméletből és a kvantumelméletből adódó korrekciók következnek.

Az Olvasó a 3. közelítéstől kezdve nem lát változást. Valóban, a Coriolis-

hatás a sebességre kapott eredmény negyedik jegyét befolyásolja. Ez még talán mérhető sebesség, de a Duna helyi áramlási sebessége ennél nagyobb mértékben fluktuál. Ha  $U$ -t konstansnak vettük, azaz a fluktuációt elhanyagoltuk, akkor elvileg is hibás lenne ennél kisebb effektusokat megtartani. A relativisztikus korrekció már csak a 16. tizedesjegyben, a kvantumkorrekció pedig a 35.-ben jelenik meg. Ilyen pontosságú mérés elképzelhetetlen, s így e példa kapcsán is megtapasztaljuk, hogy az emberi léptékű jelenségekre a klasszikus fizika minden szempontból érvényben marad. A paradigma nem változott (csak kiegészült újjakkal a XX. század elején).

Mivel az egymás után következő közelítések a fizika történeti fejlődését is tükrözik, az 5. ábra grafikonja jól illusztrálja azt is, hogy a *természettudományos megismerés megbízható ismeretekre vezet*, tart valahova, konvergál.

revezető) logika vezet arra, hogy negyediként sok tankönyv hozzát teszi, hogy „kvantummechanikai atommodell”. Ez a szóhasználat azonban azt sugallja, hogy bármelyik pillanatban találhatunk majd újabbat, hiszen a mostani is átmeneti állapot. A helyzet azonban az, hogy a kvantumelméletben az emberiség alaptörvényt fedezett fel. Az atomok, molekulák viselkedését a Schrödinger-egyenlet írja le, és a mai mérési pontossággal elérhető jelenségekben ez így is marad. Helyes ezért a sor negyedik elemeként azt mondani, hogy az „atom kvantumelméleti leírása”.

A modellek tehát mindig közbenső, ill. leegyszerűsített állapotot jelentenek a kutatásban, hasznos eszközök (1. 3. blokk), de nem a természettudományos megismerés végső céljai.

### Posztmodern imposztorok

2000-ben jelent meg Sokal és Bricmont könyve, az Intellektuális imposztorok [7], mely egy sajátos nemzetközi jelenségre hívta fel a figyelmet. Az alcím is sokatmondó: Posztmodern értelmiségek visszaélése a (természet)tudománnyal.

A szerzők ezt írják: „Úgy tűnik, hogy a humán- és társadalomtudományok jelentős hányada vall egy filozófiát, melyet – jobb kifejezés híján – ’posztmodernizmus’ néven fogunk emlegetni. Ezt a szellemi áramlatot a következő ismérvekkel jellemezhetjük: a Felvilágosodás racionalista hagyományának többé-kevésbé explicit visszautasítása, a tapasztalati ellenőrzéstől függetlenített elméleti diskurzus működtetése, valamint egy olyasfajta kognitív és kulturális relativizmus elfogadása, mely szerint a tudomány nem több, mint ’narráció’, ’mítosz’ vagy társadalmi konstrukció.” Ez a filozófia kigúnyolja

„az ódivatú ’dogmát’, mely szerint ’a külvilág létezik, és tulajdonságai függetlenek minden embertől, mi több, az emberiség egészétől is’, kategorikusan kinyilvánítja, hogy a fizikai ’valóság’ – akárcsak a társadalmi ’valóság’ – végeredményben tulajdonképpen társadalmi és nyelvi konstrukció.”

Másutt ezt olvashatjuk: „Könyvünk célja az, hogy rövid, de velős hozzájárulással gazdagítsa azokat a kritikákat, melyek az általunk ’posztmodernizmusnak’ nevezett – szerintünk ködös – korszellem ellen irányulnak. Nem kívánjuk a posztmodern gondolkodást általános elemzés tárgyává tenni, hanem csupán arra törekszünk, hogy felhívjuk a figyelmet egy kevésbé közismert jelenségre: a matematikai és fizikai fogalmakkal és szóhasználatlaltal való ismételt visszaélésekre. Vizsgálni fogunk emellett bizonyos, a posztmodern írásokban gyakori gondolatavarokat is, melyek a természettudományok tartalmával vagy filozófiájával állnak kapcsolatban.” (Konkrét példák olvashatók a 4. blokkban.)

Ők csupán azt kritizálják, „ahogy néhány ünnepelel értelmiségi annak a látszatát kelti, hogy mély gondolatokat közöl bonyolult tárgyakkal kapcsolatban, melyeket a legjobb esetben is csak a népszerűsítés szintjén sajátított el.” A meg nem emésztett gondolatok használata nyilván az egyéni érvényesülést szolgálja, de az egész jelenségekör beleillik abba az általános értékromboló és relativizáló irányzatba is, mely bizonyos értelmiségi körökre jellemző.

Egyetértünk ezért a könyv szerzőivel abban, hogy szükséges, hogy „kritikai attitűdöt ébresszünk, és nemcsak bizonyos egyedi szerzőkkel szemben, hanem az értelmiség azon részével szemben, akik (mind az Egyesült Államokban, mind Európában) megtúrták, sőt bátorították ezt a fajta előadásmódot.”

A 4. ábrára visszautalva, úgy tűnik, hogy a tudományfilozófusok, tudományszociológusok nézeteiket kizárólag a megismerés frontjára figyelve alakítják ki, s közben nemlétezőnek tekintik az ismert alaptörvénnyel rendelkező területeket, s ezzel *kétségbe vonják az alkalmazott és műszaki tudományok szerepét is*.

A Sokal–Bricmont-könyv [7] kapcsán jelentős vita bontakozott ki társadalom- és természettudósok között, mely az ún. „tudományháború” részévé vált. A [2] szerzői jól foglalnak össze néhány tipikus kijelentést, mely a „tudományháborúban” felmerült:

„1. Nincs olyan dolog, hogy Tudományos Módszer.

2. A modern tudomány napról napra él, sokkal inkább hasonlít tőzsei spekulációra, mint a természeti igazság keresésére.

3. A szokásos, fizikai értelemben nem tulajdoníthatunk független létezését se a jelenségeknek, se a megfigyelőnek.

4. A fizika fogalmi alapjai az emberi elme szabad alkotásai.

5. A tudósok nem találnak rendet a természetben, hanem ők teszik bele.

6. A modern fizika a hit belső működésén alapul.

7. A tudósközösség tolerálja a megalapozatlan történeteket.

8. Hogy mi számít elfogadható tudományos magyarázatnak, annak mindig vannak társadalmi meghatározói és funkciói.”

A [2] szerzői szerint a tudományháború nemzetközi szinten lecsengett. Hazánkban el sem kezdődött, ill. néhány kutató között fennálló nézetkülönbségnek tűnhetett. Látni fogjuk azonban, hogy a fentiekhez hasonló nézetek – a magyar közoktatásban minden előzmény nélkül – megjelentek, mégpedig az érvényes NAT-ban.

#### 4. Jellegzetes posztmodern állítások

Az [7] könyvből, ízelítőül bemutatunk néhány tipikus, posztmodern szerzőtől származó idézetet, s a Sokal és Bricmont (SB) által adott – igen udvarias – kommentárokat.

P. Feyerabend a természettudományos módszerről (1975): „Minden metodológiának megvannak a maga korlátai, és az egyetlen érvényes „szabály” az marad, hogy „bármilyen elmegy.”

SB: „Ez egy olyan hibás következtetés, amelyik tipikus a relativista érvelésekben. Egy helyes megfigyelésből kiindulva – „Minden metodológiának megvannak a maga korlátai” – Feyerabend egy tökéletesen hamis konklúzióra jut: „bármilyen elmegy.”

L. Irigaray (1987): „Nemfüggő-e az a képlet, hogy  $E=mc^2$ ? Talán igen. Állítsuk fel azt a hipotézist, hogy annyiban az, amennyiben privilegizált szerepet ad a fénysebességnek más, számunkra létfontosságú sebességekkel szemben. Szerintem nem az atomfegyverekkel kapcsolatos közvetlen alkalmazása mutatja, hogy ez a képlet feltehetőleg nem természetű, hanem az, hogy privilegizálja, mi megy leggyorsabban ...”

SB: „Bármit is gondolunk „más, számunkra létfontosságú sebességekről”, attól még tény marad, hogy az  $E=mc^2$  kapcsolat az energia (E) és a tömeg (m) között kísérletileg igen nagy pontossággal igazolt...”

SB: „Néhány évvel korábban, a „Folyadékok mechanikája” című írásában Irigaray már kidolgozta a „férfias” fizikára vonatkozó kritikáját: úgy tűnik, azt állítja, hogy a folyadékmechanika azért fejletlen a szilárdtest-mechanikához képest, mert a szilárdságot (szerinte) a férfi-

akkal azonosítják, míg a folyékonyt a nőkével.”

Hayles, Irigarayt értelmezve (1992): „A turbulens áramlás problémája mindaddig megoldatlan marad, amíg a folyadékot (és a nőt) olyan módon kezelik, hogy az szükségképpen feldolgozatlan problémákat hagy maga után.”

B. Latour (1988): „Ki szerez hasznot abból, hogy megfigyelőket delegál a peronra, a vonatra, ...? Ha a relativizmusnak igaza van, akkor bármelyikünk ugyanannyi hasznot húz belőle, mint akármelyik másik. Ha a relativitásnak van igaza, akkor csupán *egyikünk* (a leíró, azaz Einstein vagy egy másik fizikus) lesz képes arra, hogy egyetlen helyen (a laboratóriumban, az irodájában) egybegyűjtse az összes dokumentumot, beszámolót és mérést, melyeket a delegáltak küldtek vissza.”

SB: „Ez az utolsó hiba meglehetősen fontos, hiszen azok a szociológiai konklúziók, melyeket Latour a relativitáselmélet elemzéséből kíván levonni, azon a kitüntetett szerepen alapulnak, melyet a „leírónak” tulajdonít, ez pedig egyik kedvelt fogalmával, a „számítási centrummal” áll kapcsolatban.”

B. Latour (1995): „Először is, a tudósok véleménye a *science studies*-ről (a posztmodern irányzatainak összefoglaló neve – a ford.) nem sokat számít. A tudós csupán informátora a tudománnyal kapcsolatos nyomozásainknak, nem pedig bírójuk. Annak a képnek, amit mi a tudományról kialakítunk, nem kell hasonlítania ahhoz, amit a tudósok gondolnak a tudományról.”

SB: „Az utolsó állítással akár egyet is érthetünk. De mit gondoljunk egy olyan „nyomozóról”, aki ennyire súlyosan félreérti azt, amit „informátorai” mondanak neki?”

Érdeemes idézni Esterházy Péter könyvkritikájából [1] (mely további példákra is utal):

természeti törvény fogalmát tudatosan kerülük a szerzők, sokat beszélnek viszont modellekről, azok egymást váltó és kiegészítő rendszeréről. A mennyiségi összefüggések használata semmilyen súlyt nem kap, pedig az a hétköznapi életben is hasznos lenne.

E szemlélet mögött tudatos ideológia húzódik meg. Az Oktatókutató és Fejlesztő Intézet honlapján nyilvános az „Átmenet a tantárgyak között (A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei)” című kiadvány [8], szerzői főleg a NAT „Ember és természet” fejezete kidolgozó. A Csorba F. László által írt Előszóban (7.o), mely azt készíti elő, milyen alapon kell a NAT-ot kidolgozni, ez áll: „A tudomány ... céljait nem az objektív megismerés, hanem a hatalom szolgálatában álló ’mitológia’ jelöli ki.” Majd a szerző által javasolt változások irányaként ezek következnek:

„1. A szaktudományok pozitivistá rendszere ... tarthatatlanná vált, az igazságok

„A hamis tekintély leleplezésének kísérlete e munka, s mint ilyen, mindig aktuális. Igazi nagy intellektuális sztárokat pécéznek ki Sokalék, nem mindenestül vonják kétségbe őket, de megmutatják, miképpen élnek vissza a matematikai és fizikai fogalmakkal, mely fogalomhasználat az alaposság, mélység és tudományosság látszatát kelti. A király ebben a vonatkozásban meztelen, mondják újra meg újra, és ehhez nem kevés bátorság szükséges. Hogy az efféle állítások nem hamisságok, hanem zagyvaságok. Hogy a modern háború nem euklideszi térben megy végbe (Baudrillard), hogy a tórusz (az autógumi-felület) pontosan a neurotikus struktúrája, és hogy ez nem analógia (mert úgy vagy mint metaforák, menthető ügyek volnának, kis költőiségek), még csak nem is absztrakció, mivel az az absztrakció a realitás valamiféle csökkenése, ez pedig, így a nagy Lacan, maga a realitás, és hogy az erekciós szerv egyenértékű a  $\sqrt{-1}$ -gyel. Nohiszen (a szó jó értelmében). Szé-hé-gyen-telen verbális csúsztatások.”

De ide illik a Dialógus a matematikáról egyik záró gondolata is: Szókratész megmutatta az embereknek, „*hogy azok, akik bölcsnek tartják magukat, milyen tudatlanok és mennyire ingatag alapon áll minden érvelésük, hiszen olyan fogalmakból indulnak ki, amelyeket - ellentétben a matematikusokkal - nem tisztáztak egyértelműen*”.

[1] Esterházy P.: 1 könyv – Intellektuális imposztorok, Élet és Irodalom 2001. február 23, [http://www.typotex.hu/index.php?page=recenziok&book\\_id=1271&review\\_id=436](http://www.typotex.hu/index.php?page=recenziok&book_id=1271&review_id=436)

[2] Rényi A.: Dialógus a matematikáról, in: Dialógusok a matematikáról, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1965, <http://mek.oszk.hu/00800/00856/html/#1>

#### Mi van a NAT-ban?

A Nemzeti Alaptanterv „Ember és természet” műveltségterületnek nevezett természettudományos részének<sup>4</sup> átnézése során az első feltűnő dolog, hogy a fizika, kémia és biológia tárgyak teljes anyaga a következő hét fő téma (ún. fejlesztési feladatok) köré szerveződik: Tudomány, technika, kultúra; Anyag, energia, információ; Rendszerek; A felépítés és a működés kapcsolata; Állandóság és változás; Az ember megismerése és egészsége; Környezet és fenntarthatóság. E pontok egyfajta uniformizálást fejeznek ki mindhárom tárgyra. A „Felépítés és működés kapcsolata” a fizika és a kémia szempontjából teljesen félrevezető kategória, hiszen azt sugallja, hogy pl. egy atom valamilyen céllal működik. A részletek sem jobbák: a kísérletek szerepére alig történik utalás, a

helyét modellek, paradigmák, tradíciók sokasága vette át.”

„2. ... Az ’örök igazságok’ platóni képén és a fejlődés hegeli ideológiáján egyaránt túllépve a tudományok önszerveződő gondolati-szociológiai rendszerek mozaikjaként vagy folyton változó hálózatoként jelennek meg...”

„3. A ’humán’ és a ’real’ tudományok megkülönböztetése lassan értelmét veszti ...”

Mennyire hasonlóak ezek a fentiekben (és a 4., 5. blokkban) tárgyalt nézetekhez! Ne tessék azonban elfelejteni, itt most nem csupán tudományfilozófiáról van szó, hanem arról (l. a kiadvány alcíme), hogy mit és hogyan kell az *egész országban* a következő években tanítani a természettudományokról? A cikk részletes elolvasása mutatja, hogy a közoktatásban megjelenő természettudomány-kép feyerabendí és lakatosi elveknek megfelelő átalakítása a cél. Ennek veszélyére a nyomtatott sajtóban Woyanovich Ferenc hívta fel először a

4 A cikkben a NAT-tal kapcsolatos állítások kizárólag erre a részre vonatkoznak.

## 5. Magyar posztmodernek

A tudomány határai [2] szerzői, amint a bevezetőben említettük, az áltudományok meghatározása érdekében megkísérelték definiálni, mi a tudomány általában, de ez nem sikerült. Kívülállóként nem csodálkozom azon, hogy ez nehéz feladat. Szándékosan az általuk választott általános szinten maradnak. Felmerül a kérdés, hogy a nagyközönségnek is szóló könyv szerzői miért nem foglalkoztak azzal, hogy a természettudomány sokkal könnyebben definiálható (l. pl. **1., 2. ábrák**). Akkor legalább azt meg lehetett volna mondani, hogy mi az ál-termesztudomány (amire pl. az **1., 2. ábra** nem vonatkozik), s a táradalom, közoktatás szempontjából ez sokkal kevésbé lenne üres/félrevezető, mint jelenlegi konklúziójuk.

A könyv igen olvasmányosan, sok példával mutatja be a tudomány társadalmi beágyazottságát, és mindezt általában elfogulatlanul. Egy ponton azonban határozottan elfoglaltságot tapasztal az olvasó, s ez éppen a „tudományháború” témaköre. (A koncepciók félreértéséről nem lehet szó, hiszen az

Intellektuális imposztorok egyik fordítója a [2] könyv egyik szerzője.) Az elfoglaltság látszik abból, hogy többször írják: a „termesztudósok szervezett támadást intéztek a bölcsészek ellen”, holott a pártatlanság megkövetelné, hogy leírják, a Sokal–Bricmont-könyv (l. 4. blokk) példái, vagy a CLXXXI oldal 8 pontjában összefoglalt állítások maguk is támadások a természettudomány ellen. E 8 pont kapcsán ráadásul hosszan elemzik, hogy nem az a lényeg, hogy *mit* állítanak ezek a pontok, hanem az, hogy *ki* mondja. Határozottan lehetségesnek tartják, hogy vannak olyan szakértők (tudományfilozófusok, tudomány-szociológusok?), akik szájából elfogadhatóak ezek az állítások.

Sajátos az is, hogy elismerően idézik Lakatos Imrét: „Lakatos számára nem az a kérdés, hogy egy elmélet igaz-e vagy sem, hanem hogy egy kutatási program előre halad-e vagy visszafelődik.”

A természettudomány súlyának csökkenésére való törekvés egészen más területen is felbukkan. A kormányzat részére ké-

szülő jelentés, „A fenntarthatóság felé való átmenet nemzeti koncepciója (Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia 2012)” jelenleg érvényes tervezete [1] „Tudás” fejezetének végén (32. o.) ezt olvashatjuk: „Magyarországon a lakosság több, mint 60%-a úgy gondolja, hogy a tudomány előnyei nagyobbak, mint annak hátrányai. Ezzel Európában hazánk a harmadik legmagasabb pozíciót éri el. Mindezzel párhuzamosan kimagasló (80%) azok aránya is, akik úgy gondolják, hogy a tudomány lényegesen megkönnyítette az emberek életét.” A természettudományok oktatásának egyik fontos célja, hogy bemutassa, az itt szerzett ismeretek életminőségünk javításához vezethetnek. Ezen adatok láttán tehát örülni kellene! Az ismeretlen szerző viszont így fejezi be a fejezetet: „A tudományt övező ilyen fajta tiszteltet azonban bizonyos szempontból a tudomány hatáskörét érintő elvakultságot is jelenthet.”

[1] [http://www.innovacio.hu/download/allasfoglalas/2011\\_11\\_30\\_NFFS2012.pdf](http://www.innovacio.hu/download/allasfoglalas/2011_11_30_NFFS2012.pdf)

figyelmet [9]. A természettudományok *relativizálása* az ifjúkori személyiségfejlődés biztos pillérét dönti le, hiszen az iskolában megismert természeti törvények – ha jól tanítjuk őket – kapaszkodóként, belső világuk stabil pilléreiként élnek a diákokban [10].

A fenti 3 ponthoz visszatérve, azok egyszerűbb szavakkal azt jelentik, hogy

- a tudományok között nem érdemes különbséget tenni,

- nincsenek természeti törvények, helyüket a modellek sokasága veszi át,
- alig van különbség a természet- és az egyéb tudományok között.

Így semmi sem állhat útjában annak, hogy amint a kiadvány több más szerzője is írja, és a fent kritizált egységesítési kényszer is sugallja, a NAT-ban e három tárgyat sajátosságaitól *megfosztottan*, azonos logikai osztásban kell tanítani<sup>5</sup>.

Említettük, hogy természettudományról alkotott kép nem feltétlenül pozitív, mindenki maga döntheti el, milyen nézetet vall. Ezt a nézetet azonban el kell(ene) tudni választani annak a *ténynek* a bemutatásától, hogyan működik a természettudomány. Helyes az, ha a magyar közoktatás néhány végsőkéig kiábrándult tudományfilozófus nézeteit követve torz képet fest, és nem pl. a berkeley-i megközelítést (**1., 2. ábra**) veszi át?

Ugyanakkor napjaink újságcikkjeiben megjelenő eseményei is mutatják, hogy

5 Az interdiszciplináris *kutatási* témák létezéséből egyáltalán nem következik, hogy a közoktatásban a fizika, kémia, biológia tárgyaknak egy rendszerbe ágyazottan kellene megjelenie.

termesztudományos megismerés hagyományos képe érvényben van. A svájci CERN-ben a világ egyik legnagyobb és legköltségesebb kísérlete zajlik. A cél az ún. Higgs-részecske megtalálása. Ez nem csak egy a részecskék közül, hanem hiányzó láncszem. Megtalálása (melyre már pozitív jelek utalnak) azt eredményezné, hogy a jelenleg Standard Modellnek nevezett elmélet komoly lépést tehet a *természeti alaptörvény* szint elérésére. Az érvényes NAT ezt a törekvést mintegy *tagadja*, az ott érvényesülő szemléletben ez a folyamat értelmezhetetlen.

Befejezésül, „A tizedes és a többiek” c. film híres mondása jut eszembe: „Az oroszok már a spájzban vannak!” E hosszú írást – a közös továbbgondolás reményében – elképedt felkiáltással zárom: A posztmodernek már a NAT-ban vannak! ☹

### Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Muraközy Gyulának évtizedek óta zajló beszélgetéseinket. A cikk kritikai átolvasásáért és hasznos tanácsaikért több kollégámat illeti köszönet.

- [1] R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands: Mai Fizika 1, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970 (angol nyelvű kiadás 1963).  
 [2] Kutrovác G., Láng B., Zemplén G.: A tudomány határai, Typotex, Budapest, 2008.  
 [3] Nemzeti Alaptanterv, Magyar Közlöny, 66. szám. 2012. június 4, <http://www.ofi.hu/nat>  
 [4] [http://metal.elte.hu/~ttomc/ttomc\\_v\\_NAT\\_2012\\_januar.pdf](http://metal.elte.hu/~ttomc/ttomc_v_NAT_2012_januar.pdf); Az Eötvös Loránd Fizikai

Társulat Elnökségének véleménye a készülő NAT 2012 dokumentumról, Fizikai Szemle, 2012/4, 55; <http://www.ipetitions.com/petition/nat>. A tiltakozások eredményeként az Ember és természet fejezet végén megjelent egy „Műveltség-tartalmak a tantárgyak hagyományos szerkezetében” című függelék. Ennek szellemében készültek el az MTA által gondozott B kerettantervi változatok, és a tehetséggondozó kerettantervek. A NAT természettudomány-képe azonban ezektől függetlenül változatlan maradt januári megjelenése óta.

- [5] P.A.M. Dirac: Methods in Theoretical Physics, in: A. Salam: Unification of Fundamental Forces, Cambridge University Press, Cambridge, 1990, pp. 125-143  
 [6] T. Kuhn: A tudományos forradalmak szerkezete, Osiris Kiadó, Budapest, 2002 (angol nyelvű kiadás 1962)  
 [7] A. Sokal, J. Bricmont: Intellektuális imposztorok, Posztmodern értelmiségiek vizsgálása a tudományval, Typotex, Budapest, 2000, fordította: Kutrovác G., Rác. A., (angol nyelvű kiadás, 1998)  
 [8] Bánkúti Zs., Csorba F. L. (szerk.): Átmenet a tantárgyak között (A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei), Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, Budapest, 2011, <http://tamop311.ofi.hu/kiadvanyok/konyvek/atmenet-tantargyak>  
 [9] Woyanovich F.: Milyen tantárgy a fizika?, Fizikai Szemle 2012/6, 205  
 [10] Freund Tamás: Tanulási folyamatok és belső világunk, in: Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan, ELTE Természettudományi Oktatásmódszertani Centrum, Budapest, 2011 (szerk.: Tasnádi Péter), pp. 110-114