

GONDOLATOK A »MODELL« FOGALOM HASZNÁLATÁRÓL

Woynarovich Ferenc
MTA Wigner FK SZFI

Korábban, a Nemzeti alaptantervvel (továbbiakban Nat) [1] kapcsolatban született *Milyen tantárgy a fizika?* című írásomban [2] már foglalkoztam azzal, hogy a Nat-ban rögzített oktatási elképzelések torzítják a fizika és a természettudományok képét akkor, amikor túlhangsúlyozzák a fizika modellszemléletét, és a természettudományok egészét, mint egymást váltó modellek és elméletek együttesét igyekeznek bemutatni. Bár már akkor is látható volt az elképzelés filozófiai háttere [3], a mindent modellnek nevező szóhasználatot, mint egyfajta divatos gyakorlatot azon az alapon kritizáltam, hogy nem tévén különbséget például korlátozott valóságűsű modellek és a sokszorosan igazolt törvények között, tulajdonképpen degradálja a tudományok eredményeit, megingatja az irántuk való bizalmat. Azóta a *Természet Világa* hasábjain lezajlott, a fizika és általában a természettudományok jellegéről, sajátosságairól szóló vita [4–9], különböző magánviták és más írások [10–12] megerősítettek abban, hogy nem egyszerűen egy divatról van szó, sokkal inkább egy jól körülírható relativista tudományfelfogás tükröződik e terjedő szóhasználatban is. Ezzel kapcsolatban szeretnék itt néhány gondolatot megosztani.

A hétköznapi józan ész szerint minden, a tudomány névre (rangjára) aspiráló tevékenység alapvető meghatározója a tárgya és az a mód, ahogy arról megbízható állításokat igyekeznek tenni, a tevékenység megítélésében pedig a legfontosabb kritérium az, hogy ez mennyire sikerül neki. Érdekes módon a tudományokkal foglalkozó meta-tudományban, az úgynevezett tudománytanulmányokban ez a szempontrendszer nem szerepel. Sok mindenről (történetiségről, szociológiai aspektusokról, kultúrantropológiáról stb.) szó esik, de a tudományos *igazságról* nem. Ez feltehetően azzal van összefüggésben, hogy a tudománytanulmányokra nagy hatást gyakorló posztmodern (tudomány)filozófiából eltűnt az igazság fogalma. Ez a filozófiai irányzat a korábbi kudarcos kísérletek után letett e – kétség kívül nagyon nehéz – fogalom megragadásáról – tulajdonképpen megkérdőjelezi a létezését is –, helyette egy olyan diskurzust működtet, ezzel együtt egy olyan világ- és tudományképet igyekeznek kialakítani, amelyben nincs is szükség az igazság fogalmára. Úgy látom, hogy ebbe a tendenciába illeszkedik a modell fogalmának egyre szélesebb körű, szinte jolly-joker szerű használata.

A Nemzeti alaptantervben a természettudományok, különösen a fizika oktatásában a modell, mint egy kulcsfogalom szerepel, szinte minden, a valóság leírására szánt elképzelés, hipotézis vagy elmélet, de még a

kipróbált szabályok és törvények is mind, mint modellek jelennek meg. Az, hogy mit minek nevezünk mindig valamifajta megállapodás kérdése, tehát ez a szóhasználat egy lehetőség – de több problémát is felvet. Fogalmainkkal kapcsolatban ugyanis legalább kettős elvárásunk van: egyrészt legyenek elég pontosan meghatározottak, másrészt elegendően differenciált leírást kell lehetővé tenniük. Meglátásom szerint a modellfogalom használatának ma terjedő, és sajnos a Nat által is támogatott gyakorlata egyik feltételnek sem felel meg. Jelen írás első felében a fogalom pontatlanságát mutatom be, a második részben pedig a differenciálás hiányával és ennek hátterével foglalkozom.

Ki mit ért modellen?

A köznyelvben a „modell” szónak a fotómodelltól a kicsinyített másolaton keresztül a különböző autómárkák évjáratáig sok jelentése van. Ezek mellett kellene a tanulók gondolkodásában kialakítani a tudományokban használt modellfogalmat, miközben e szó értelmezése a tudományokban sem egyértelmű [18]. Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül összeállítottam egy gyűjteményt a „modell” szó különböző, a tudományos szóhasználatban előforduló, de több esetben egymásnak mégis ellentmondó jelentéseiről.

A köznyelv „modell” szavának a tudományokban használt értelmezéseihez legközelebb álló jelentése az alábbi nem teljesen triviális példával érzékeltethető. Egy repülőgép speciális módon használja az aerodinamika adta lehetőségeket a repülésre: a megfelelően kiképzett szárnyon a levegő áramlása miatt olyan erő keletkezik, aminek felfelé mutató komponense is van, ez tartja fenn a gépet. A gép helyzetének, illetve a repülés irányának stabilitását a stabilizátor szárnyak és a vezérsík biztosítják. Egy repülőgépmódel, bár sok mindenben eltér az igazi gépektől (például jóval kisebb és nem terhelhető) azért tekinthető az igazi repülők modelljének, mert repülése és annak stabilitása ugyanazon elveken alapul, mint a nagy gépeké. A frizbi, sőt, az egyszerű diszkosz is kihasználja az aerodinamikai felhajtóerőt, mégsem tekinthető repülőgépmodelleknek, mert például a stabilitást más elv (a perdület megmaradása) biztosítja. Így a modellre jellemző, hogy egy adott szempontból lényeges tulajdonságai megegyeznek az eredetivel (nagyon hasonlítanak az eredetire), miközben más tulajdonságok eltérhetnek.

Az értelmező szótár [13] szerint (*modell* címszó, 4. jelentés): „Tud Vmely jelenség, rendszer jellemzőit,

összefüggéseit kifejező, ábrázoló, jelképező logikai v. matematikai formula, képlet.” Eszerint egy jelenség szabatos matematikai nyelven való leírása modellalkotás, és ez a modellfogalom bizonyos mértékig átfedésbe hozható a törvényfogalommal is. [13] szerint (*törvény* címszó, 4. jelentés): „Az objektív világ jelenségeinek lefolyásában érvényesülő szabályszerűség. A természet, a fejlődés ~ei. Ilyen szabályszerűségeknek tudományos megfigyelésen és következtetésen alapuló megállapítása, ill. annak megfogalmazott formája.”

A hagyományos felfogásban a newtoni mechanika, a kvantummechanika vagy az elektrodinamika (stb.), bár a fenti definíció szerint tekinthető akár modellnek is, bizonyos jelenségcsoportokban érvényesülő *törvények* rendszere. A *modell* olyan valami, mint például a szilárdtestfizikában alkalmazott modellek (Ising-modell, Anderson-modell stb.). Ezek a törvényekből bizonyos szempontok szerint egyszerűsítésekkel levezetett, vagy valamifajta fizikai érzékre hivatkozva megalkotott (matematikai) struktúrák, amelyekről úgy gondoljuk, hogy a *nyilvánvaló egyszerűsítések ellenére* is alkalmasak valamely (rész)jelenség lényegét visszaadni. Egy-egy modell alkalmazhatósága jóval korlátozottabb, mint azok a törvények, amelyekből levezetjük őket, mégis azért foglalkozunk velük, mert a törvények alkalmazása (például a Schrödinger-egyenlet megoldása $6 \cdot 10^{23}$ darab Coulomb-kölcsönható elektronra) meghaladja képességeinket. Megjegyzendő, ezek a modellek – legyenek bármilyen sikeresek is – nem emelkednek a törvény rangjára. Nem egészen ilyenek a térelmélet modelljei. Ezek ugyancsak nagyon szabatosan definiált, különböző szimmetria-elvárásoknak megfelelő matematikai rendszerek, de nem származtathatók már ismert törvényekből – viszont az sem kizárt, hogy siker esetén törvénynek bizonyuljanak (Standard modell?).

A matematikai logika modellfogalmához [14] áll közel az az értelmezés, amivel *Simonyi Károly A fizika kultúrtörténete* című könyvében találkozunk: „Az alábbiakban példaképpen röviden vázoljuk J. C. C. McKinsey és P. Suppes gondolatait arra vonatkozóan, hogyan lehet a klasszikus newtoni mechanikát formalisan, a valóságtól elvonatkoztatva axiomatizálni. Ők azt vizsgálták, milyen az a logikai struktúra, amelynek egy modellje, *realizálási lehetősége* éppen a klasszikus mechanika” (kiemelés tőlem, WF) [15]. Megjegyzést érdemel, hogy míg [13] értelmezésekben a modell az absztraktabb struktúra, itt a modell az, ami egy absztraktabb szerkezet konkrét reprezentációja.

Ahogy az idézetből kiderül, *Feynman* modellfogalma [16] is határozottan szemben áll [13]-mal. Ő valamifajta szemléletes megjelenítést ért modellen, míg a matematikai képlet vagy leírás nála kifejezetten *nem modell*: „A következő kérdés az lenne, hogy vajon amikor új törvények után kutatunk ... milyen mértékben támaszkodhatunk a modellekre? Érdekes, hogy a modellek gyakran segítségünkre vannak, és a legtöbb fizikatanár modellek révén próbál olyan – a fizika iránti – érzéket kialakítani a hallgatóiban, amely képessé teszi őket arra, hogy felismerjék, hogyan kell a problémákat megoldani. De mindig kiderül, hogy a legnagyobb felfedezések végül is

elvonatkoztatnak a modellektől, és a modell nem használható. Például Maxwell elektrodinamikája eredetileg a térben jelen lévő nagyszámú elképzelt kerékre és vak-tengelyre épült. Amikor aztán sikerült megszabadulni ezektől, az elmélet jó is lett. Dirac pedig egyszerűen egy egyenlet kitalálásával fedezte fel a relativisztikus kvantummechanika helyes törvényeit. Ez a módszer egyébként nagyon hatékonynak látszik az új törvények keresésében, ami egyúttal mutatja azt is, hogy a matematika lényeges szerepet játszik a természet leírásában, és nem lehetnek eredményesek az olyan próbálkozások, amelyek a természetet filozófiai elvekkel, vagy csupán ösztönös megérzésekkel akarják kifejezni.”

Sajátos értelemben használják a modellfogalmat *Kutrovácz Gábor* és szerzőtársai *A tudomány határai* című könyvükben: „Néhány tudományos elméletet modellként – átmenetileg hasznos, *de bizonyosan nem igaz* (kiemelés tőlem, WF) magyarázó elvként – használnak a tudósok” [17]. Fontos, hogy a szerzők a tudománytörténet, tudományfilozófia és -szociológia művelői, tehát ez a modellfelfogás a tudományokkal foglalkozó tudománytanulmányok területén egy elfogadott értelmezés.

A Nat modellfogalma [13]-éhoz áll legközelebb, de látni való, a fizikusok többsége nem így használja ezt a szót. Mondandónk szempontjából különösen fontos a három utóbbi példa, ezek ugyanis a fizikáról, illetve a tudományokról szóló közismert művekből valók, tehát nem ignorálhatók, ugyanakkor ellentmondanak a Nat szerint helyes modellfogalomnak, ráadásul az utolsó kettő olyan jelentést hordoz, amely kifejezetten *leértékeli* azt, amit modellnek nevezünk.

A differenciálatlan szóhasználat filozófiai háttere

A jelenségek szabatos (matematikai) leírásának is különböző szintjei vannak (például közelítés, modell, elmélet, törvény), de a mindent modellnek nevező szóhasználat nem különbözteti meg ezeket. Ez sajnos nem valami fajta igénytelenség, hanem egy implicit (némi-
kor explicit [10]) filozófiai állásfoglalás, miszerint e leírások között nincs is lényegi különbség. Ezek ugyanis a valósághoz való viszonyukban, az „igazságtartalmukban”, annak feltételezett vagy megalapozott voltában különböznek, ha azonban ezzel a lehetőséggel nem élünk, ezt nem is tartjuk fontosnak. Megfordítva, egy olyan világban, amelyben az igazság nem értelmezhető, az ennek alapján történő megkülönböztetés is értelmetlen, és valóban minden ugyanannak nevezhető.

A valóság és a leírása közötti viszony kérdése általánosságban felvetve tulajdonképpen tudományfilozófiai *alapkérdés*, és a lehetséges válaszok két gyökeresen különböző – realista vagy instrumentalista – szemléletre vezethetők vissza. A hétköznapi gondolkozásához jól illeszkedő, a természet- és műszaki tudományos körökben általánosan elfogadott realizmus álláspontja szerint az egyes jelenségek lényege megfelelő elméletekkel megragadható, a világ pedig – az

adott „felbontásban” – olyan, amilyenek ezek (a tapasztalat által visszaigazolt) elméletek leírják, azaz a leírt dolgok és összefüggések valamilyen formában a valóságban is léteznek. A filozófiai szempontból ugyancsak felvethető instrumentalizmus ezzel szemben az elméleteket csak hasznos eszközöknek tekinti, amelyek segítenek eligazodni a világban, de semmi ok nincs feltételezni, hogy a leírásban szereplő dolgok valóban léteznek és olyanok, mint az elméletben. A realizmus szerint az a jó elmélet, ami igaz, míg az instrumentalizmus szerint azért jó egy elmélet, mert használható [18]. Amikor különbséget teszünk a modellek, elméletek, illetve törvények között, tulajdonképpen a realista felfogást követjük. (Erre utal a szóhasználat is, miszerint az összefüggéseket vagy törvényeket *felismerjük* vagy *felfedezzük*.) A mindent modellnek nevező szóhasználat (annak ellenére, hogy a modelleket *alkotjuk*), mindkét szemlélethez illeszthető [12], de ha a modelleket nem a helyes vagy helytelen voltuk, a valósághoz való illeszkedésük, hanem *használatosságuk* alapján ítélik meg (ahogy [3] bevezetőjében vagy [11]-ben), az egyértelműen az instrumentalista felfogást tükrözi.

Filozófiai szempontból mindkét felfogás lehetséges, mindkettő mellett és ellen is lehet érvelni, de az érveknek (mint általában a filozófiai kérdések esetében) nincs logikai kényszerítő ereje. A dilemma hasonlít egy objektív létezés feltételező világkép és a szubjektív idealizmus dilemmájához. Az is elvileg eldönthetetlen, a kétféle világkép elfogadottsága közötti különbség elég nyilvánvaló okokból mégis szembeötlő. Esetünkben is nehéz elképzelni, hogy a természettudományok hatalmas építménye minden sikere ellenére nem a valóságot tükrözi, csak hasznos logikai konstrukció, és a felfedezni vélt rend nem is a valóságban létezik, csak mi látjuk bele. Mindazonáltal e kérdésnek helye van az egyetemek tudományfilozófiai kurzusain, de az instrumentalizmust támogató megjelenítése a közoktatásban (ahogy azt [11] javasolja) – a tanulók ösztönös realizmusa miatt – inkább zavart okoz, mintsem a mélyebb megértést szolgálja. Emellett az igazság fogalmának kiiktatása a teljes relativizmus előtt nyitja meg az utat. Hogy érvelésem ne a levegőben lógjon, idézem [11] egy kifogásolt részletét: „Ki kell alakítanunk a tanulóknak az *attitűdöt*, amely lehetővé teszi, hogy többféleképpen is gondolkodjanak ugyanarról a jelenségvilágról, fogadják el, hogy elméleteink modellek, és több modell létezhet. Sok-sok megfigyelés, kísérlet, mérés szükséges ahhoz, hogy a tanulók egyre közelebb jussanak az újonnan elsajátított értelmezés hasznosságának a belátásához.” A tanulóknak nem csak az őket körülvevő világ jelenségeiről van előzetes elképzelésük, amit majd az oktatás során megfelelő irányba alakítani kell, hanem az *igazság* fogalmáról is. Ennek megfelelően természetesen adódik a kérdés, hogy a több lehetséges elmélet (elképzelés, leírás) közül melyik a helyes, melyik az igaz. A javasolt keretben erre a kérdésre a tanár egyetlen konzekvens válasza az lehet, hogy a „*belyes*” vagy „*igaz*” kategóriák a valóság leírásával kapcsolatban nem használhatók. Felteendő a

kérdés, hogy ez valóban egy kételyek nélkül vállalható állítás, aminek helye lenne a közoktatásban? Határozottabban fogalmazva, vajon elfogadható egy ilyen mérvű elköteleződés egy ma divatos, mindamellett széles körben vitatott filozófiai irányzat mellett? Aligha. Szerencsére a Nemzeti alaptanterv ezt nem is támogatja, ugyanis (az egyetlen ilyen értelmű mondatában) előírja: „látatni kell azt is, hogy a természettudományok megfigyelések, kísérletek sorozatain keresztül kristályosodott, bizonyított alapvető igazságokra (elméletekre, törvényekre, szabályokra) épülnek” [19].

E gondolatsor végén megemlítenék még egy – elvi szinten nem, de a gyakorlatban legalább ilyen fontos – kérdést, nevezetesen a tudományellenesség, illetve a mindenféle áltudományok terjedése és a modellszemlélet esetleges összefüggését. Ha minden csak modell, aminek a valósághoz való viszonya nem tisztázott, akkor nehéz a tudományok értékeit kétségbe vonni, úgymond „tudományellenes” hozzáállással szemben a természettudományok igazsága mellett érvelni. Hasonló módon nehézé válik a tudományok presztízsére aspiráló áltudományok elleni érvelés is, hiszen ezen az alapon mondható, hogy az áltudományoknak nevezett tevékenységek sem badarságok, legfeljebb a modelljeik nem annyira sikeresek, esetleg másképp sikeresek, másképp hasznosak. (Egy ilyen típusú, az *asztrológia mellett* szóló érveléssel lepik meg az olvasót [20] szerzői.)

Záró gondolatok

Véleményem szerint az, hogy a különböző szintű, igényű, pontosságú, érvényességű stb. leírások között nyelvi is különbséget tudunk tenni, fontos értéke tudományunknak, amivel élni kell, és a különbségeket nem szabad az amúgy elég rosszul definiált modellfogalommal elmaszatolni, még akkor sem, ha az általánosan elterjedt szóhasználat nem egészen következetes a modell, elmélet, szabály, törvény stb. fogalmak megkülönböztetésében. Ezek a következtetések, főleg ha tudatosulnak, nem veszélyeztetik a hagyományos fizikaképünket. Ezzel szemben a modellelnevezés erőltetése az összes fent nevezett fogalomra olyan szemléletet tükröz, ami nem illeszkedik a természettudományok szerkezetéhez, relativizálja azok eredményeit, nehezzé teszi elkülöníteni a tudományt a nem tudományoktól. Végül megfontolandó, miért kellene a fizika oktatásában egy olyan szemléletet érvényesíteni, amit a fizika művelőinek jelentős része nem is vállal.

Irodalom

1. *Nemzeti alaptanterv*. A 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet melléklete, *Magyar Közlöny*, 66. szám, 2012. június 4.
2. Woinarovich F.: Milyen tantárgy a fizika? *Fizikai Szemle* 62/6 (2012) 205–207.
3. Bánkúti Zs., Csorba F. L. (szerk.): *Átmenet a tantárgyak között. (A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei)*. Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Budapest, 2011, <http://tamop311.ofi.hu/kiadvanyok/konyvek/atmenet-tantargyak>
4. Tél T.: Milyen tudomány a fizika? Amit minden középiskolásnak tudnia kellene. *Természet Világa* 2012/12, 177–183.

5. Kutrovácz G., Láng B., Zemplén G.: Egy tudományos tudománykép védelmében. *Természet Világa* 2013/3, 33–35.
6. Woynarovich F.: Reflexiók az „Egy tudományos tudománykép védelmében” című írásra. *Természet Világa* 2013/3, 36–37.
7. Csorba F. L.: „A világ útvesztője és a szív paradicsoma” Válasz Tél Tamás írására. *Természet Világa* 2013/5, 63–65.
8. Scheuring I., Podani J., Szilágyi A.: Az evolúció fényében. Megjegyzések Csorba F. László: „A világ útvesztője és a szív paradicsoma” című írásához. *Természet Világa* 2013/5, 65–66.
9. Tasnádi P.: A Bizonytalanok bizonyossága. Gondolatok a természettudományos műveltségről és a természettudományok tanításáról. *Természet Világa* 2013/5, 67–68.
10. Radnóti K., Adorjánhé Farkas M.: A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere – I. rész. *Fizikai Szemle* 62 (2012) 391–395.
11. Radnóti K., Adorjánhé Farkas M.: A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere – II. rész. *Fizikai Szemle* 62 (2012) 422–425.
12. Antali M.: *A tudományos modell fogalmának szerepe az oktatásban*. Tudományos diákköri dolgozat, Témavezető: Zemplén Gábor (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Filozófia és Tudománytörténet Tanszék) 2011.
13. *Magyar Értelmező Kéziszótár*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2003.
14. Például Ferenczi M.: *Matematikai logika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002.
15. Simonyi K.: *A fizika kultúrtörténete*. 3., átdolgozott kiadás, Gondolat Kiadó, Budapest, 1986. az idézet a *Ráció és empiria* című fejezetében található.
16. Feynman R. P.: *A fizikai törvények jellege*. Akkord Kiadó, Budapest, 2005. Az idézett rész *A matematika és a fizika kapcsolata* című fejezetből való (74. old).
17. Kutrovácz G., Láng B., Zemplén G.: *A tudomány határai*. Typotex, Budapest, 2009. (147. old.)
18. Zemplén G.: *Kutatásmódszertan jegyzet*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Filozófia és Tudománytörténet Tanszék, (elérhető a <http://www.filozofia.bme.hu/orak/1615> oldalról)
19. *Nemzeti alaptanterv, II.3.5. Ember és természet, A) Alapelvek, célok*. A 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet melléklete, Magyar Közlöny, 66. szám, 2012. június 4. (10725. old)
20. Kutrovácz G., Láng B., Zemplén G.: *A tudomány határai*. Typotex, Budapest, 2008. (150–151. old.)