



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar

Filozófia és Tudománytörténet Tanszék

A tudományos modell fogalmának szerepe az oktatásban

Készítette:

Antali Máté

gépészeti modellezés mesterszakos hallgató

Témavezető:

Dr. Zemplén Gábor

egyetemi docens

Tudományos Diákköri Konferencia

Budapest, 2011

Tartalomjegyzék

Bevezetés	1
1. A realizmus-instrumentalizmus kérdés mai helyzete az oktatásban	3
1.1. Két álláspont a tudományos elméletek és a valóság viszonyáról	3
1.2. A vizsgált tudományterületek	4
1.3. A vizsgált oktatási szintek	5
1.4. Tapasztalatok a kérdésfeltevéssel kapcsolatban	6
1.5. A szemlélet jelenléte a szakkönyvekben	8
1.6. Probléma és megoldási lehetőségek	12
1.6.1. A kérdés megválaszolása kellő megalapozással	12
1.6.2. A kérdés tudatos nyitva hagyása	14
2. A tudományos modell fogalma	15
2.1. A tudományos modell fogalma	15
2.2. A definíció dualista jellege	17
2.3. A matematikai-logikai váz szerkezete	20
2.4. A tapasztalathoz való eljutás nehézségei	21
2.5. A modell és a valóság kapcsolata	23
2.5.1. Tudományos modell és instrumentalizmus	23
2.5.2. Tudományos modell és realizmus	24
3. A tudományos modell alkalmazása az oktatásban	25
3.1. A tárgyak módszertanának kritikai ismertetése	25
3.2. Modellezésre való utalás	25
3.3. Anyag modellekbe való rendezése	26
3.4. Kísérlet, mérés, tapasztalat	27
3.5. Problémák az alkalmazással	27
Összefoglalás	29
Hivatkozások	31

Bevezetés

Nem nagyon volt még történelmünknek olyan korszaka, amikor a mindennapi életet olyan mértékben befolyásolta volna a tudomány, mint napjainkban. Van ez egyrészt a tudomány szemlélet- és világképformáló hatása miatt, másrészt a tudomány által létrejött technikai más alkalmazott eredmények lévén, melyek a mindennapokba is eljutnak. Az európai kultúrkör tudományos gondolkodását a szigorú szabályok közé szorított, tapasztalatokkal ellenőrzött tudományok határozzák meg.

Azonban ahogy sok minden mással szemben is, itt is felmerülnek a messze menő kritikai kérdések. Vajon jól van-e mindez így? Miért bízhatunk meg a tudományban, mennyiben építhetjük rá a világképünket, hol vannak a korlátai, mire használhatjuk? A szerteágazó és bonyolult kérdéskör fontossága a tudomány szerepének fontosságával arányban áll.

Az egyik ilyen alapkérdés, hogy milyen viszonyban állnak tudományos elméleteink a tapasztalatokkal és a valósággal. A sokféle válaszlehetőség többsége két alapvető szemlélet köré csoportosul. A *realizmus* álláspontja szerint a világ olyan, amilyennek az elméletek leírják, az elméletek a világ adott részének lényegét képesek megragadni. Az *instrumentalizmus* viszont olyan eszköznek tekinti az elméleteket, melyeket arra használunk, hogy eligazodjunk a világban. Röviden szólva a realizmus szerint az a jó elmélet, ami igaz, míg az instrumentalizmus szerint az a jó elmélet, ami jól használható. Mindkét irányt számtalan módon meg lehet alapozni, és sokféle változatban léteznek.

Az elmélet és valóság viszonyának kérdését nem csak a sokféle ágazó válaszlehetőségek teszik súlyossá, hanem az is, hogy a válaszokat nyilván nem kaphatjuk meg magukból az elméletekből. Sőt, a tudományos eredmények felhasználása részben feltételezi, hogy már magunkban választ adtunk erre a kérdésre. Akár realista, akár instrumentalista jellegű álláspontot képviselünk is, azt nyilván valamire alapoznunk kell, általánosabb vélekedésekre, világnézeti, filozófiai igazságokra, de legalábbis a személyes meggyőződésre.

Alapvető igény, hogy egy tudománnyal foglalkozó rendbe tegye magában a kérdést, hogy felelősen tehessen kijelentéseket, felelős döntéseket hozhasson, és a technikán, gazdaságon keresztül akár a világot is befolyásolhassa. Ebben az írásban azzal foglalkozunk, milyen szerepet kap a realista-instrumentalista kérdés az oktatásban, mely alapjaiban határozhatja meg a végzett tudósok, szakemberek gondolkodását. Talán mindannyian tapasztaljuk, de példákon keresztül látni is fogjuk, hogy a tudományos oktatásban nagyon kevésbé vagy egyáltalán nem foglalkozunk tudatosan az elmélet és a valóság kapcsolataival. Viszont az anyag legtöbbször magától értetődő realista szemlélettel kerül átadásra, mely általában természetesnek veszi, hogy az elméletek igazak.

A tudatos kérdésfeltevés hiánya és a realista tárgyalásmód együtt annak veszélyét hor-

dozza magában, hogy a tanulók, hallgatók egy kritika nélküli realista álláspontra jutnak, mely álláspontot nem alapozzák mélyebb meggyőződésre, csak megszokásra. Vagyis egy alapvető, messzire vezető kérdésben úgy kötelezik el magukat, hogy lényegében soha nem merül fel a kritikus-szkeptikus kérdés az elméletek igazságával kapcsolatban.

Néhány közismert fogalomra építve a arra keressük a választ, hogy az oktatásban mi módon kerülhető el, hogy a kritika nélküli állásfoglalás megszülessen, és hogyan tehető jobban lehetővé, hogy a realista-instrumentalista kérdést a tanulók egyénileg, saját meggyőződésükre építve, szabadon válaszolhassák meg.

1. A realizmus-instrumentalizmus kérdés mai helyzete az oktatásban

1.1. Két álláspont a tudományos elméletek és a valóság viszonyáról

Ahogy a bevezetőben is említettük, az alapprobléma a következő. Van egy elméletünk, melyet egy tudományos közösség elfogad. Az elfogadás kritériuma önmagában nagyon messzire vezet, de tegyük fel most az egyszerűség kedvéért, hogy tapasztalati tudományok esetén akkor elfogadható egy elmélet, ha nagy mennyiségű tapasztalati tény támasztja alá, míg kevés olyan lényeges tapasztalat van, mely ellentmondana neki. A kérdés a következő: Mit mondhatunk ekkor az elméletekről? Röviden összefoglaljuk, mit értünk realista és instrumentalista vélekedés alatt.

A realizmus általában a világgal kapcsolatos filozófiai állásfoglalás, mely szerint a világ dolgai tőlünk, megfigyelőinktől függetlenül objektív módon léteznek. A realizmus a tudományos elméletekkel kapcsolatban úgy jelentkezik, hogy eszerint az elméletek a világban meglévő kapcsolatokat fejezik ki. Az elméleteket felfedezzük, mivel velük lényegében a világot ismerjük meg. Egy tudományos elmélet igaz vagy hamis lehet, attól függően, hogy ténylegesen a világ szerkezetét fejezi ki, vagy nem. A realizmus szerint a tapasztalatok mögötti valóságot tárjuk fel az elméletekkel.

Az instrumentalizmus szerint viszont az elméleteket feltaláljuk, és ezek csupán alkalmas eszközök arra, hogy boldoguljunk a világban. Nincs értelme igazságukról vagy hamisságukról beszélni, csupán praktikus és nem praktikus elmélet van. Az elméletet a cél szerint kell megítélni, amire használni akarjuk azt, akkor jó egy elmélet, ha működik. Az instrumentalizmus szerint az elmélet csak a tapasztalatok rendszerezése olyan formában, hogy azt alkalmazni tudjuk. A fejünkben létezik, mi formáljuk olyanra, hogy leírja a valóságot.

A két vélekedés első ránézésre nem is tűnhet egymásnak ellentmondónak. Hiszen egy elmélet miért ne lehetne egyszerre igaz és jól használható? Ha a realista álláspont azt feltételezi, hogy az elmélet a világról mond igazságot, akkor ebből elvárható, hogy valamennyire működjön is, vagyis állításai, előrejelzései helyesek legyenek. Mindkét vélekedés *ugyanazokra* az elfogadott, működő elméletekre irányul, valójában itt az a kérdés, hogy *van-e valami többlet, lényegi kapcsolat* az elméletek működőképessége mögött. A realista álláspont szerint van, még pedig az elmélet igazsága. Az instrumentalista álláspont szerint pedig nincs, csupán az emberi gondolat ügyeskedése teszi működőképessé.

Mindkét álláspontnak sok különböző változata van, csak hozzávetőlegesen jelöljük ki a két irányt, mely mögé nagyon sok vélekedés besorolható. Bár a továbbiakban sokszor beszélünk majd realista-instrumentalista kérdésről, a problémát nem szabad egy két utas vá-

lasztásra egyszerűsíteni. A két fogalomról bevezető ismereteket a [2] jegyzetben találunk, bővebb leírást például a Stanford Egyetem Filozófiai Enciklopédiájában [3] olvashatunk.

1.2. A vizsgált tudományterületek

Érdemes pontosítani, hogy a tudomány mely területei vonatkoznak a későbbi kijelentések. A számos ide vonatkozó filozófiai vita elkerülése érdekében leszögezendő, hogy:

- az európai eredetű „nyugati tudománnyal” foglalkozunk, nem térünk ki más kultúrkörök hagyományaira
- a széles körben elfogadott, demarkációs viták által kevésbé érintett tudományterületeket tekintjük

A tudományok nagy vonalú felosztásánál Ansenbacher [1] sémáját követjük, aki a tudományokat formális tudományokra (matematika, logika) és reáltudományokra osztja. A reáltudományokat a továbbiakban tapasztalati tudományoknak fogjuk nevezni, utalva arra, hogy a világból jövő szerteágazó tapasztalatokat igyekeznek vizsgálni különféle módszerekkel. A matematikát és a logikát pedig a reáltudományok számára eleve adott gondolkodási eszközként tekintjük, ennek kritikájával ebben az írásban nem foglalkozunk.

Nem kerül érintésre maga a filozófia sem, hiszen módszertana ellenére számos formális és meta-tudományos kérdést érint, melyek vég nélküli vitákat eredményeznek. Hasonlóképpen nem foglalkozunk a teológiával sem, hiszen a kinyilatkoztatás hitbéli tapasztalata messzire vezet a többi tudományterülethez képest.

A továbbiakban, ha *tudományokról* beszélünk, azon reáltudományokat, vagyis tapasztalati tudományokat értünk, ezen belül nagy vonalakban:

- természettudományok (fizika, biológia, kémia, csillagászat stb. ...)
- társadalomtudományok (közgazdaságtan, szociológia stb. ...)
- bölcsészettudományok (történelem, pszichológia, nyelvtudomány, néprajz, stb. ...)
- műszaki tudományok
- orvostudomány

A felsorolás és felosztás csupán hozzávetőlegesen mutatja a vizsgált területek körét. Hasonló csoportosítást találunk a jelenleg hatályos magyar jogszabályban ([4]) is. A fontos szempont az, hogy ne szűkítsük le egy-egy területre a vizsgálódást, hanem átfogjuk ezen tudományterületek minél szélesebb körét.

Mi is a közös a felsorolt tudományokban? A tapasztalt világunk egy tematikusan általában jól meghatározott részéről kíván mindegyik valamit mondani. Mindezt olyan módszerekkel teszi, melyekben fontos eszköze a hétköznapi emberi értelem, és ennek strukturáltabb változatai, a logika és a matematika. A matematika korábban a természettudományok sajátja volt, de manapság egyre több más területre is áttolódik.

Bár a fenti tudományok között mind az elméletek szerkezetében és módszertanában, mind a tapasztalatok megszerzésének módjában óriási különbségek vannak, a vizsgált alapprobléma mindenütt felvetődik. A kialakított elméletek mennyiben megbízhatóak, mennyiben tekinthetők működőnek, valósnak vagy igaznak, milyen alapon tehető meg mindez?

Ezek a kérdések nem csak az egyes elméletek kialakulása és elvetése közben, hanem a már bevált, elfogadott elméletek alkalmazása esetén is felmerülnek. Az oktatás során döntő részben a tudományos közösség nagy része által elfogadott ismeretek kerülnek átadásra, így az utóbbi eset válik hangsúlyossá. A tanuló már sokak által használt, ellenőrzött ismereteket kap, azonban ez nem teszi feleslegessé, hogy állást kelljen foglalnia valamilyen realista, instrumentalista vagy más jellegű módon az elméletekkel kapcsolatban. A továbbiakban azokra a tudományterületekre igyekszünk összpontosítani, melyek az oktatás során előfordulnak.

1.3. A vizsgált oktatási szintek

A különböző korú és különféle képzési szinten lévő tanulóknál gyökeresen más tanítási módszerek alkalmazhatók. Mivel a fiatalabb korosztályok oktatásához komoly pedagógiai ismeretek szükségesek, az általános iskolai és középiskolai korosztállyal nem fogunk foglalkozni a továbbiakban, csupán két megjegyzéssel élünk. Egyrészt fiatal korban akár hasznos is lehet, ha a tudományokat egy naiv, realista szemszögből oktatják, hiszen a korai tanulási években kevés az absztrakt fogalom, és a használt tudományos nyelv sem sokban tér el a mindennapi nyelvtől. Másrészt például természettudományok esetén a tudományterületekből olyan kis darabok kerülnek átadásra, hogy egyébként is folyamatosan utalni kell a valóság sokkal nagyobb bonyolultságára, biztatni a később megtanulandó mélyebb ismeretekre, így nincs is lehetőség mélyebb álláspont kialakítására a realista-instrumentalista kérdésben.

Vizsgálódásunkat a magyarországi felsőoktatásra, azon belül is a főiskolai és egyetemi képzés első néhány félévére korlátozzuk, ahol szinte szaktól függetlenül viszonylag sok elméleti alapoató tárgy van. Ezek a tárgyak általában igyekeznek minél átfogóbb képet nyújtani az adott tudományterületről, és mivel a későbbi félévek specializáltabb tárgyai ezekre építenek, előbbieket szemléletformáló hatása rendkívül jelentős lehet. Ezen szerepű tárgyakról gyakorlatilag sehol sem lehet eltekinteni, hiszen egyrészt homogenizálni kell a

sokféle helyről érkező hallgatók tudását, másrészt nagyságrendekkel meg kell növelni az alapismeretek mennyiségét a középiskolához képest.

Nem szabad elfelejtenünk azt sem, hogy ugyanazt a tudományt egészen különféle szemlélettel is taníthatják, az adott szakma jellegéhez illően. Oktatási tapasztalataimból tudom például, hogy a klasszikus mechanika teljesen más hangsúlyokkal kerül átadásra egy fizikus-, gépészmérnök- vagy építőmérnök-hallgató számára. Az alapozó tárgyaknak megvan az a szerepe is, hogy nem csak átadják az alapismereteket, de azokat olyan formába öntik, melyekre minél hatékonyabban alapozhatók a szakmai tárgyak.

Elvben már felnőtt, önálló gondolkodással és világképpel felvértezett hallgatók találkoznak az új ismeretekkel. Még ha ez nincs is egészen így, akkor is bizonyosnak tűnik, hogy az egyetemi oktatónak a szellemi és lelki fejlődésre kevés, a szakmai szemléletre viszont annál nagyobb hatása van.

1.4. Tapasztalatok a kérdésfeltevéssel kapcsolatban

Ebben a pontban személyes tapasztalatokról számolok be, melyet az egyetemen eltöltött években hallgatótársaktól, oktatóktól és tanítványoktól kapott visszajelzések, beszélgetések alapoznak meg. Az állítások adatszerű alátámasztása módszeres kutatást igényelne. Az idő és a terjedelem szűkössége miatt ebből arra lesz lehetőség, hogy a következő pontban néhány szakkönyv segítségével támasztjuk alá ezeket a tendenciákat.

Aki egyetemre vagy főiskolára jár, megállapíthatja, hogy *ma az oktatásban alig vagy egyáltalán nem esik szó a realizmus-instrumentalizmus kérdéséről*. Bár a tudományok oktatását általában a tudományterületek rövid bemutatásával, altudományokra osztásával és érvényességi körének bemutatásával kezdik, ez nagyrészt csak a téma és nem a módszertan szempontjából jelöli ki a tudományok határát. Talán a megszokott dolgok kritikájának hiányán alapul, hogy a tudományok módszertanáról, a vizsgálati és kísérleti módszerek létjogosultságáról, az elméletek és matematikai modellek szerepéről lényegében nem esik szó. Ha indoklás kerül elő, döntő részben csupán tekintélyelvű szempontok jelentkeznek. Ki ne hallott volna már olyat, hogy a tudomány jelenlegi állására, neves tudósok munkásságára vagy a tudományos közösség elfogadott módszereire hivatkoztak volna?

A hallgató szintén tapasztalhatja, hogy az ilyenfajta bevezető után, legyen az elméleti fizika, közgazdaságtan vagy szociológia, általában belecsapnak az első témakörbe, és az anyag tematikus tárgyalása következik. A tudományos módszerek csekély indoklás és kritikai szemlélet mellett kerülnek bemutatásra.

Ez önmagában még nem lenne baj. Viszont nem kell nagy előképzettség, csupán egy kis figyelem hozzá, hogy felfedezzük, a tananyag bemutatása erősen elkötelezett irányt mutat a fenti kérdéssel kapcsolatban! *Az anyag legtöbbször egyértelműen a realista álláspontot tükröző szemlélettel, fogalmazással kerül bemutatásra.*

Ez két dolog miatt lehet így. Egyrészt az oktatók és általában a tudományos szakemberek nagyobb része saját tudományával kapcsolatban ritkán vet fel kritikai kérdéseket. Ezért viszont gyakorlatilag naiv realista álláspont alakul, és ez tükröződik az oktatás közbeni megfogalmazásban, gondolatmenetben is. Naiv alatt azt kell érteni, hogy a kérdés feltevése helyett a tudományos elméletekkel kapcsolatos realizmust magától értetődően használják munkásságukhoz. Ezt a jelenséget bizonyára sokszor tapasztaltuk már. Ez valahol érthető, az ember általában saját szakmájával, tevékenységével mindig elnézőbb egy kicsit. Azonban a kérdés nagyobb súlyt kap, ha a világra nagy hatással lévő tudományok művelőjéről van szó, és kritikussá válik a helyzet egy egyetemi oktató esetén, aki véleményével akár sok száz fiatal gondolkodását is befolyásolhatja.

Másrészt a hétköznapi beszédben a tudományos kijelentéseket általában a realizmus igazság-valóság értelmében használjuk. Maga az emberi nyelv is realista beállítottságú, természetesnek vesszük, hogy egyszerű foglaimaink nem csak eszközök a világ leírására, hanem a foglaimak tárgyai valóban léteznek is. A legegyszerűbb tapasztalatoknál ritkán merül fel nyelvi gond, de amikor elvont foglaimról, például érzelmekről vagy erkölcsről beszélünk, gyakran érezzük a nyelv tökéletlenségét, korlátait. Számos olyan nyelvi formula képződik, melyek önmagukban pontatlanok, értelmezésükhöz sok előismeret és a körülményeik is kellenek. A tudományos kijelentések is ilyenek, az oktató sokszor egyszerűen fogalmazza meg mondandóját, mely bonyolultabb tartalmat takar és háttérismertetet feltételez. Ha a hallgatóban bizonyos pontokon tudatosítva lenne, hogy az elhangzó kijelentések értelmét ne vegye a hétköznapi nyelvben megszokott magától értetődőnek, ez valószínűleg kisebb baj lenne. Ha viszont az előadó nem bánik pontosan és óvatosan a foglaimakkal, a hallgató is a lehető legegyszerűbb értelmében, vagyis realista módon fogja őket érteni.

Vajon meglepődünk-e rajta hogy ha az oktatás erőteljesen dominálva van a realizmus által, ráadásul úgy, hogy a kérdés tudatosan nincs is megfogalmazva, akkor az kétségkívül erőteljesen a kritika nélküli realizmus irányába tolja el a hallgatók szemléletét? Külön kutatási téma lenne, hogy pontosan milyen hatással van mindez a diákokra. Annyi bizonyos, hogy ezekben a tárgyakban nagyon nagy mennyiségű ismeretanyag átadása történik, ráadásul nagy sebességgel. Mivel ez a hatás néhány éves időtartamban áll fenn egy fiatal, formálódó felnőttre, nem lehet nem észrevenni a realizmus beleivódását a gondolkodásba. Ez nagyon látványosan kiütözik, ha egyetem elején vagy végén járó hallgatókkal beszélget az ember.

Ha a hallgató valamilyen szinten mégis keresi az elvi alapokat későbbi tudománya számára, a legegyszerűbb indoklás kézzel foghatóan adódik: a tudomány realitásának okát a tudományos elméletek matematikai-logikai egzaktságában és tapasztalattal való egyezésében kell keresni! Meglepő, hogy milyen mértékben elterjedt ez a nyilván hibás

álláspont. Fentebb egyszerűen beláthattuk, hogy attól még, hogy egy elmélet felépítése megfelel az emberi értelemnek és ráadásul működik is, még semmit nem tudunk az elmélet és a valóság viszonyáról, juthatunk egyaránt realista vagy instrumentalista álláspontra. Viszont a fenti vélemény elaltatja a problémával szembeni kritikai-szkeptikus kérdésfeltevéseket, ráadásul egy olyan elvi kérdést igyekszik eldönteni a tudományok által, melyre azok módszertanuknál fogva nem alkalmasak.

Ha mindezzel tisztában vagyunk, be kell látnunk, hogy jelenleg az oktatás a realizmus-instrumentalizmus kérdésben erőteljesen a realista álláspont felé tolhatja el a hallgatók szemléletét. A következő pontban ezt a hatást igyekszünk megfigyelni néhány egyetemi jegyzetet, szakkönyvet vizsgálva.

1.5. A szemlélet jelenléte a szakkönyvekben

Az oktató mellett nagy szerep jut a jó szakkönyveknek is, melyből a hallgató az előadások mellett az ismeretei jelentős részét megszerezheti. Írásban már terjedelmi és stílusbeli lehetőség is van az oktatók számára, hogy átgondoltabban közölhessék azokat a gondolataikat is, melyek az előadáson a tananyag száraz részei közötti kötőanyagot jelentik. De vizsgálatunk szempontjából éppen ez az érdekes, a tudomány metanyelve, a magyarázó, értelmező közlés, mely már azokat a kérdéseket is érinti, hogy miért is használható ez vagy az a módszer, és egyáltalán hogyan kötődik az egész tudomány a valósághoz.

A következőkben néhány konkrét könyvet, jegyzetet vizsgálunk meg, hogy vajon foglalkoznak-e a realizmus-instrumentalizmus kérdéssel. Ehhez a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem könyvtárában végeztem kutatást. A Tankönyvolvasó osztályon egyetemi karok és témák szerint vannak a könyvek csoportosítva, így könnyű kikeresni az egyes területeken fellelhető alapműveket. Nyilvánvalóan nem volt lehetőség ezen könyvek végigolvasására, viszont a kérdésünk szempontjából érdekes dolgok már a könyvek elejéből, sokszor a bevezetésből is kiderülnek.

Igyekeztem a természettudományok és társadalomtudományok néhány jellegzetes területéről kiemelni műveket. Olyan alapozó köteteket választottam, melyek nem feltételezik az előismereteket, így még inkább szükség lenne a megalapozásra. A művek szerzői mind magyarok, kiadásuk az elmúlt tizenöt évből való, hogy minél inkább a jelenlegi állapotot lássuk. A gyűjtötték közül csak néhány könyvet szerepeltetek itt példának, arra talán elegendő, hogy alátámasszuk az előző pontban ismertetett tendenciákat.

Vegyünk először egy olyan művet, melyet egyaránt használnak fizikusok és mérnökök, és nagyon tipikusan mutatja fent írt jellemzőket. Az Optika című könyv [5] Előszava így kezdődik:

„ Az optika interdiszciplinális tudomány, így sokféle megközelítésben tárgyalható. Tekinthetjük egyszerűen a fizika fénytan című fejezetének ... ”

A következőkben a szerző a téma behatárolásával foglalkozik, a módszertanról nincs szó. Az előszó után az 1.1.1 alfejezet következik:, ahol a téma közepébe vágunk:

„ A fény elektromágneses rezgés. Kettős hullám- illetve részecsketermészete van, ezért bizonyos jelenségeket hullámtani, másokat pedig kvantummechanikai tárgyalással lehet leírni. A fény hullámhossza: ... ”

Itt már képletek következnek. Láthatjuk, hogy a realista szemlélet jelentkezik az egyszerű kijelentésekben, és a tárgyalás anélkül kezdődik el, hogy a módszerről szólt volna. A kétfajta leírási mód ugyan megjelenik, de ezt a valóság kettős természetével magyarázza, vagyis ez is realista gondolat.

Vegyünk egy másik alapművet, az elméleti fizika területéről, mely a relativitáselméletet mutatja be [6]. Az előszóban már nagyon kemény kijelentéseket találunk, melyek módszerileg nincsenek alátámasztva:

„ A speciális relativitáselmélet az egyidejűség fogalmának tisztázásán keresztül arra a következtetésre jut, hogy a fény sebessége minden egyenletesen mozgó testhez képest ugyanakkora. Egy másik fontos eredménye a tömeg és az energia kapcsolatának felismerése. (...) Az általános relativitáselmélet azt mutatja meg, hogy a térnek és az időnek (pontosabban a téridőnek) olyan pozitív geometriai-fizikai tulajdonságai vannak, mint a deformálhatóság, és a gravitáció ennek a tulajdonságnak a látható megnyilvánulása. ”

Ha a fogalmak előzőleg tisztázva lennének, más lenne a helyzet, de így a szöveg *pozitív tulajdonságok* szóval megtetézve a realizmus irányából értelmezhető. Ezt a gondolatot támasztja alá néhány sorral lejjebb egy még erősebb kijelentés:

„ Jelenlegi ismereteink szerint az a téridő, amelyben élünk, és amely a fizikai történések egyedüli színtere, ebben a globális topológiai értelemben egyszerű. ”

Tehát megjelennek az *élet és fizikai történés* nehezen definiálható, tapasztalati tudományon kívüli fogalmak. Ez lejjebb még tetőződik az *igazság* fogalmával, mely egyértelmű állásfoglalás:

„ Azt kell ugyanis megérteni, hogyan lehet „kitalálni” például a Napot körülvevő tér valódi geometriáját (...), és hogyan lehet (...) meggyőződni róla, hogy igaz-e, amit kitaláltunk. ”

Nézzünk még egy szilárdtest-fizika könyvet [7]. A bevezetés első bekezdése a tudományterület jelentőségét indokolja, majd néhány oldalon keresztül a terület történetének bemutatása következik:

„ A szilárd testek bizonyos makoszkopikus tulajdonságai, a kristályok szabályos külső alakja régóta jól ismert. A 19. század során a rugalmas, termikus, elektromos, optikai és mágneses tulajdonságokkal, a kristályok belső szimmetriáival kapcsolatban sok klasszikus ismeret gyűlt össze... ”

Ismét az a jellegzetesség, hogy bár ez csak a bevezető, a hétköznapi nyelv realista szemléletével mutatja be a fogalmakat, és később az egész tárgyalás erre fog ráépülni.

Egy biokémiával foglalkozó alapmű, [9], sok más társához hasonlóan csak a témát határolja körül a bevezetőben, az elvi alapokat nem. A következő bekezdés realista értelmezése szervesen átvezetődik a törzsanyagba:

„ A biokémia alapvetően azt az izgalmas kérdést igyekszik megválaszolni, hogyan lesznek az élettelen vegyületek, biomolekulák halmazából élő sejtek, szervezetek. ”

Ezeket a fogalmakat itt hétköznapi értelemben találjuk, de a további anyaghoz később sem lesznek jobban definiálva. Így adja magát, hogy a hallgató a hétköznapi realista értelmezést tovább használja.

Térjünk most át a társadalomtudományok területére. A [10] mű érdekessége, hogy igazi összefoglaló, bevezető alapmű, nagy terjedelme lehetővé teszi, hogy egy bő fejezet szenteljen a tudományterület megalapozásának. A kritikus szemlélet azonban egyáltalán nem jelenik meg, a naiv realista álláspont végig uralkodó. Az *A szociológia, mint tudomány* című, bevezető fejezet így kezdődik:

„ A szociológiát legegyszerűbben úgy határozhatjuk meg, mint a társadalmi élet törvényszerűségeit kutató tudományt. ”

Vagyis az egész tudományterület alapja a társadalmi élet törvényszerűségeiben való hitet feltételezi, ami már erős filozófiai elköteleződés, mégis alátámasztva. Később így magyarázza a szerző a szociológiának ezt az „alapvető szemléletet”:

„ A szociológusok többsége úgy véli, hogy az ember életének minden jellemzőjét – vagy szociológiai szakkifejezéssel: az életesélyeit – erősen meghatározza a társadalmi szerkezetben elfoglalt helyzete. ”

Ez viszont csak tekintélyelvű érv, nem alapvetés. Érdekes az alábbi két rész, mely legalább már érinti a módszertant, a megalapozás azonban hiányzik:

„ A tudományos módszer lényege, hogy ha megfogalmazódik egy probléma (...), akkor megpróbálunk ennek valamilyen elméleti magyarázatot adni, végül pedig megvizsgáljuk, hogy a valóságból nyerhető információk alapján igazolódik vagy megcáfolódik elméleti magyarázatunk. ”

A mű erénye, hogy itt egy rövid tudományfilozófiai kitérés következik, azonban a kritikai kérdés egy újabb tekintélyelvű érveléssel elsöpítésre kerül:

„ A szociológusok többsége azt vallja, hogy ha soha nem is lehetünk abban biztosak, hogy megtaláltuk az igazságot, kutatásaink közelebb visznek a megismeréshez, azaz minden új hipotézissel, amelyet a megcáfolódott korábbi hipotézis helyett fogalmazunk meg, közelebb kerülünk az igazsághoz. ”

Vegyük most egy pszichológiai témájú bevezető könyvet ([11]). A bevezetésben megfogalmazódik a mű kettős célja:

„Egyrészt a szerzők szeretnének hozzájárulni ahhoz, hogy (...) a hallgatók figyelme önmagukra is irányuljon: ismerjék meg saját pszichés működésüket. (...) Cselekvéseikben milyen motívumok vezetik őket, s vajon mi az eredményesség titka? ”

„A másik cél, amely a szerzőket irányította, a munkavégző ember és a munkatevékenység jellemzőinek bemutatása, a munkahely pszichológiai tényezőinek feltárása. ”

Mindkét rész súlyos realista előfeltevésekkel terhelt, melyek nem kerülnek megalkotásra. Humán tudományok révén ekkor még könnyebben fennáll a veszély, hogy az elmélet és a valóság összemosódik a fejekben.

Egy vezetés-elmélettel foglalkozó mű bevezetéséből ([12]) való a következő részlet:

„Téves megközelítés a gazdagság és az anyagi javak közé egyenlőségjelet tenni. Az anyagi javak termelésének persze alapvető szerepe van a gazdagság növelésében, mégsem egy és ugyanaz a kettő. Egy anyagi jószágnak csak akkor és annyiban lesz értéke, ha olyan ember kezébe kerül, aki számára az értékesnek, hasznosnak bizonyul. Az érték, hasznosság egy emberben, egy emberi szituációban kerül a felszínre, egy tárgy önmagában hasztalan. ”

Ismét ugyanaz a probléma, nincsenek elválasztva az elmélet absztrakt fogalmai a valósághoz közel álló hétköznapi kifejezésektől, így összemosódik a kettő. A tudományterület egészét bizonytalan realista alapokra helyezi a szerző:

„Gazdasági gondolkodásunk alapja, hogy a társadalmi jelenségek magyarázatai az egyéni cselekvés magyarázataiban keresendők. Csak az egyének döntenek, legalábbis minden elvezethető erre a szintre. ”

Itt már az emberi szabad akarat filozófiai kérdésében születik döntés, miközben talán észre sem vesszük, hogy kicsúsztunk a tapasztalati tudomány látókörén kívülre.

Végezetül nézzünk két szélsőséges példát. A [13] könyv egy háromkötetes mechanika könyvsorozat első köteteként hosszas bevezetőt tartalmaz a mechanikáról. Bár apró betűvel és a történeti bemutatás között elrejtve, de ezt a néhány sort olvashatjuk Dr. Terplán Zénó akadémikustól:

„A tudomány tehát két alkotórészből áll. Az egyik a rajtunk kívül lejátszódó természeti jelenségekre vonatkozó tapasztalat, a másik az emberi értelem vizsgáló, absztraháló, rendszerező, szintetizáló módszereinek alkalmazását jelenti. Az ember által bevezetett fogalmak a tapasztalaton kívül esnek. ”

Tanulságos sorok ezek, és azon igen ritka helyek közé tartoznak, ahol a tudományos művekben megjelenik az elmélet és valóság, elmélet és tapasztalat egyértelmű szétválasztása, és a kettő kapcsolatának kritikai szemlélete. Ráadásul egy egész bevezető fejezet szól a műben a tudományos modellezésről. Ilyen erős alapok után már teljesen máshogy értendő a könyv többi része, ahol már a pongyolább fogalmazás is magyarázatot kapott.

Egy másik végletet is bemutatnék, úgy gondolom, nem szükséges megjegyzést hozzáfűznöm. A részlet a [8] elektromosságtannal foglalkozó mű előszavából származik.

„ Kedves Olvasó! A világegyetem 15-20 milliárd évvel ezelőtt ősrobbanással vette kezdetét. A kozmosz történetének legelső másodpercében a hőmérséklet tízezer millió fok felett volt, és a világot többek között protonok, elektronok alkották. Ezeknek a ma is létező, elektromos töltésű részecskének a tulajdonságaival, mozgásával, a velük kapcsolatos elektromágneses mezőkkel, azok törvényeivel és alkalmazásainak alapjaival foglalkozik ez a könyv. ”

1.6. Probléma és megoldási lehetőségek

A tapasztalatok mellett a fenti könyvek példáján is láthatjuk azt a furcsa kettősséget, hogy az egyetemi oktatásban egyrészt nem beszélnek közvetlenül filozófiai feltevésekről, másrészt viszont az anyag egyértelműen realista állásponton keresztül kerül bemutatásra. Emiatt jó esély van rá, hogy a hallgatók tudományhoz való viszonyát évek alatt a realizmus felé befolyásolja, miközben elnyomja annak lehetőségét, hogy a kérdésben szabad, egyéni álláspontot alakíthasson ki. Mivel így elfednek a hallgató számára a tudomány szempontjából alapvető kérdést, ezért károsnak tekinthetjük ezt a hatást, mely befolyással lehet a hallgató későbbi tevékenységére, életére is. Nagyon erős indokok kellenének ahhoz, hogy ilyen befolyásolást helyesnek tarthassunk, de nehezen tudnánk ilyet mondani.

Ezért az ember gondolati szabadsága azt kívánja, hogy lehetőségekhez mérten igyekezzünk csökkenteni az oktatás realista álláspont felé terelő hatásait, hogy a hallgatók minél inkább önálló, akár realista, akár instrumentalista alapokon álló álláspontot alakítsanak ki tudományos elméleteikkel kapcsolatban.

A probléma orvoslásához elvi szempontból két úton indulhatunk el. Vagy megtartjuk a befolyásoló tárgyalásmódot, de ekkor a hallgatót állandóan figyelmeztetni kell a realista hatás jelenlétére, és fel kell hívni a figyelmét a realizmus-instrumentalizmus kérdésének fontosságára, valamint az abban való egyéni véleményformálás szükségességére. A másik lehetőség, hogy nem vetjük fel tudatosan a kérdést, viszont ekkor a tárgyalásmódot kell olyan módon semlegesre formálni, hogy ne befolyásolja a véleményalkotásban, és megmaradjon a szabadsága, hogy maga ítélje meg a tudomány és valóság kapcsolatát.

1.6.1. A kérdés megválaszolása kellő megalapozással

Az egyik lehetőség, ha az oktató időt és energiát szán arra, hogy az előadások és jegyzetek elején összefoglalja azokat az előfeltevéseket, világnézeti, filozófiai vélekedéseket, mely alapján valamilyen realista vagy instrumentalista módon végigvezeti az anyagot. Ezt megteheti akár maga is, akár más művekre való utalással. Ekkor a tanuló számára explicite megjelenik egy sor előfeltevés, melyre a szerző épít, és melyeket egyébként talán

nem is venne észre. Ezen feltevésekkel saját ismereteire és meggyőződésére támaszkodva vitába szállhat, és önálló álláspontot alakíthat ki.

A más művekre való utalgatás nagyon kényelmes, de valószínűleg kevésbé célravezető, a tanuló kevés eséllyel fog önszorgalomból elolvasni még néhány könyvet, ha nem muszáj. Ellenkező esetben viszont a szerzőnek magának szükséges tisztázni legalább az alapfeltevéseket, melyekre az adott tudományág módszertanát építi. Már azt is tisztázni kell, hogy a szerző egyáltalán elfogadja-e az objektív valóság létezését vagy sem. (Ez furcsának tűnhet, de instrumentalizmus esetén teljességgel tartható egy erősen szubjektív ismeretelméleti nézet.) Ezen túlmenően magyarázatra szorul, hogy milyen módon szerezhetünk tapasztalatot a valóságnak arról a szeletéről, mellyel a tudományág foglalkozik, valamint mennyire megbízhatók ezek a módszerek. Csak ezután tudunk egyáltalán beszélni a realizmus-instrumentalizmus kérdéséről, vagyis hogy hogyan viszonyul egymáshoz a tapasztalat és az elmélet, továbbmenve pedig a valóság és az elmélet.

Talán észleljük, hogy ezzel a tudománykritikai bevezetővel kapcsolatban több gond is felmerül. Egyrészt tömörnek kell lennie, mivel a szaktárgynak nem ez a feladata, mindközben állást kell foglalni egy sor olyan kérdésben, mely évszázadok óta húzódó és nem lezárt vita tárgyát képezi. Másrészt a világnézeti, filozófiai alap, amire az egészet építjük, nem hogy nem közös, hanem sokszor még közös pontokat sem tartalmaz a különböző beállítottságú szerzők, oktatók esetén. Jelen korunkban a fogalmak és eszmék káoszában a személyes véleményre, hitre alapozott bevezetés valószínűleg sokaknál félreértésre adna okot, és az olvasó nem biztos, hogy megértene azokat az alapokat, melyekre a szerző a tudománya létjogosultságát építi.

Még én is tanultam olyan szocializmus éveiből származó fizikakönyvből, melyben a szerző valamelyik marxista szerzőt idézte. Legyen bármilyen bizarr filozófiai alap, a könyv kiadásának korában legalább viszonylag széles réteg ismerte az alapgondolatot és megértette a lényegét. Ma szerencsére már nem kell Lenint emlegetni, hogy kiadjanak egy könyvet. A tudományos szerzők világnézeti, filozófiai beállítottsága nagyon különböző lehet. Ez nem baj. Mind-mind máshogy magyaráznák, miért illeszthető rá a világra az elmélet vagy miért nem. Ez sem baj. De úgy tömörnek lenni, hogy a fogalmi sokféleség miatt minél szélesebb körben világos legyen a mondanivaló, kétségkívül nagy kihívás, nem biztos, hogy sok oktató vállalkozna erre. Rosszul előadva, megírva viszont a diák talán még kevesebbet értene az egészből, mint ha elhagynák ezt a megalapozást. Bár legalább azt éreznék, hogy olyan kérdések vannak itt, amin érdemes elgondolkodni, olyan kérdések, melyekben nem feltétlenül kell elfogadni az oktató álláspontját.

A realizmus vagy instrumentalizmus fenti, tudatos megalapozása elvileg feloldja a bevezetőben írt problémát, azonban hatékony gyakorlati megvalósítása nehézségekbe ütközik. Ennek módszertani vizsgálatára a továbbiakban nem vállalkozunk, helyette a másik

irányú megoldást mutatjuk be.

1.6.2. A kérdés tudatos nyitva hagyása

A másik lehetőség, ha eltekintünk attól, hogy a realizmus-instrumentalizmus kérdéssel foglalkozzunk, viszont ekkor a törzsanyagot igyekszünk úgy megfogalmazni, hogy elkerüljük a kritika nélküli realizmusra történő rávezetést. Ezt úgy tehetjük meg, ha a kérdést tudatosan nyitva hagyjuk. Akár közvetlenül, hangsúlyozva hogy az elmélet és valóság kapcsolatára az elméleten kívül kell választ keresnünk. Akár csak úgy felépítve a fogalmakat, hogy a tanulók többsége számára akaratlanul is felvetődjenek a kritikai kérdések.

Ekkor az is fontos szempont, hogy az ismeretek úgy kerüljenek megfogalmazására, hogy minél többféle, akár realista, akár instrumentalista vélekedéssel összhangba lehessen hozni őket. Ekkor a tanuló a realista-instrumentalista kérdésben nem talál elköteleződést, válaszokat az anyagban, így kénytelen azokat más úton, saját meggyőződése mentén kialakítani.

Sokféle úton el lehet indulni, hogy ezen célokat megvalósítsuk. A továbbiakban egy olyan értelmezést mutatunk be, mely a tudományos modell fogalmának segítségével véleményem szerint fent tudja tartani, fel tudja kelteni a kritikai vélekedést, és meg tudja teremteni a viszonylagos semleges álláspontot, mely mögé akár realista, akár instrumentalista alapú állásfoglalás építhető.

2. A tudományos modell fogalma

Ebben a fejezetben röviden bemutatjuk, mit értünk tudományos modellen, alapvetően filozófiai szemszögből nézve, de végig utalva az oktatási vonatkozásokra. A következő fejezetben fogjuk tárgyalni a modell gyakorlati alkalmazását az oktatásban.

2.1. A tudományos modell fogalma

A tudományos modell többé-kevésbé közismert fogalom. A *modell* idegen eredetű szónak a magyar nyelvben is számos jelentése van. Most egy definícióval leszűkítjük az értelmét, hogy használhassuk a fentebb említett célokra. Hangsúlyozzuk, hogy a modell lentebb következő fogalma nem tudja megragadni a tapasztalati tudományok teljes módszertanát és problematikáját, csupán annak egy szűk, de tárgyalásunk szempontjából lényeges szeletét.

A realizmus-instrumentalizmus kérdésében három fontos tényező áll előttünk. Egyrészt az elmélet, másrészt a tapasztalat, harmadrészt a kettő közötti kapcsolat. Ezeket kell befoglalnunk a definícióba:

(tapasztalati) tudományos modell:. Egy logikai-matematikai rendszer, melyet hasonlósági alapon hozzákapcsolunk a tapasztalatok egy csoportjához.

A következőkben a definíció elemeinek jelentését magyarázzuk és indokoljuk.

- **logikai-matematikai rendszer:** Az elméleteinkkel olyan állításokat fogalmazunk meg, melyek az emberi értelem számára befogadhatóak. Vagyis a nyelvtani értelmesség mellett meg kell felelniük a hétköznapi értelem szabályainak is. Ezen szabályokat általánosságban a formális tudományok, a logika és a matematika vizsgálják, melyek az ember gondolatainak értelmi szerkezetét nagyban általánosítják. A számok, a halmazok, a függvények, különféle logikai szabályok az emberi értelem tudatos kiterjesztéseként jönnek létre. Éppen ezért a hétköznapi vagy absztrakt nyelven megfogalmazott tudományos kijelentések mögött megtalálhatjuk az értelmes gondolat nyers vázát, melyet a logika és matematika eszközeivel kezelhetünk. Azért célszerű ez a megfogalmazás, mert a mindennapi kijelentésektől a többszörösen absztrahált formális képletekig nagyon sok tudományos kijelentést bizonyos határok között egyértelműen leírhatunk a matematika fogalmaival, alkalmas logikai nyelvet választva. A *modell* tehát a tudományos elmélet lecsupaszított matematikai vázának tekinthető.

Ugyanakkor a *rendszer* szót használjuk, mert a legtöbb tudományos elmélet nem néhány egyszerű kijelentés, hanem állítások, viszonyok és fogalmak bonyolult összes-

sége. Az oktatásban nagyon különböző logikai rendszerekkel találkozunk. A társadalomtudományok egy részénél sokszor csak a hétköznapi életben használt fogalmakra és következtetési sémákra van szükség, mint a halmazok (fogalmak) vagy az okság. Más területeken a matematika különféle módszereit és fogalmait használják. Ma már olyan területek is erősen építenek a matematikára, mint a szociológia vagy a pszichológia. A természettudományok esetén pedig a matematika változatos területei előkerülnek, a logikai rendszereket az analízis, algebra, geometria, valószínűségelmélet és sok más terület fogalmai alkotják.

- **a tapasztalatok egy csoportja:** Magát a *tapasztalat* szót tágan érthetjük, nem kell feltétlenül a fizikai mérések eredményére gondolni. A tapasztalatok megszülehetnek műszerek, kísérletek révén, de érzékszerveken keresztül, sőt, szellemi tevékenység következtében is, és még sorolhatnánk. Az érzelmeket is tapasztaljuk, a művészetet is, a hitet is, ezért van létjogosultsága a pszichológiának, művészettörténetnek vagy vallástudománynak.

A tudományos elméletek a tapasztalatok *egy részéről* mondanak valamit. Bár például egy ősrobbanás-modell látszólag a „mindenségről” próbál kijelentéseket tenni, mégsem képes magyarázni például a finnugor nyelvek eredetét vagy az óra működését. Legtöbbször elég könnyű hozzávetőlegesen felvázolni, hogy az adott modell „miről szól”, vagyis a tapasztalatok mely csoportjához kötődik. Például az evolúció modellje az élőlények hosszú idő alatt történő megváltozásával foglalkozik, a kettős honfoglalás modellje pedig a Kárpát-medence területére érkező népcsoportok közötti viszonyt vizsgálja.

Az oktatásban általában könnyű körülhatárolni a tapasztalatok körét, az egyetemi tárgyak általában erőteljesen egy jól meghatározott témakörben mozognak. Az, hogy meghatározzuk a tapasztalatok vizsgálati körét, épp olyan fontos, mint az elmélet állításai.

- **hasonlósági alapon történő hozzákapcsolás:** Ez a leglényegesebb elem a levezetésünk szempontjából. Beszéltünk a matematikai-logikai rendszerről és a tapasztalatok egy csoportjáról, melyek egy modellben együtt vannak jelen. De milyen szempont szerint is rendeződnek össze? A tudományos modell ezen fogalma nem kíván meg egyebet, mint hogy a tapasztalat egyes elemei a logikai struktúra elemeivel valamilyen hasonlósági, *analóg* kapcsolatban álljanak. Analógia esetén két dolog viselkedésében, tulajdonságaiban találunk valami lényegeset, közöset. Egy bonyolult ok-okozati logikai kapcsolatháló hasonlóan viselkedhet, mint egy adott politikai rendszer, vagy egy komplex függvény kapcsolatba hozható egy elektronnal.

Fontos megjegyezni, hogy amikor azt mondjuk, hogy egy tudományos kijelentés hasonlít a tapasztalatra, nem a kijelentés nyelvi tartalmára gondolunk, hanem a nyelvi tartalom mögött lévő értelmes gondolatra. Vagyis a példában nyilván nem a hullámfüggvény képlete fog hasonlítani az elektronra, hanem a képlet értelme.

A szemlélet lényege, hogy a tudományos modellt hasonlatnak, mondhatni költői hasonlatnak tarthatjuk, mely a tapasztalatok egy csoportját matematikai-logikai absztrakciókhoz kapcsolja. Ez lényegében egy szkeptikus hozzáállás, mely el kívánja kerülni, hogy a hasonlóság, kapcsolat okáról véleményt alkosson, legalábbis az elméleten belül ne tegyünk ezt meg.

Fontos kiemelni a különbözőséget a *modell* szó két másik, tudományos életben használt jelentéséhez képest. A *matematikai logikában* a *modell* szó egy olyan absztrakt struktúrát (halmaz és operátorok összességét) jelent, mellyel egy formulahalmazt vagy axiómarendszert akarunk vizsgálni. Ha a formulahalmaz (formális kijelentések halmaza) igaz az adott struktúrán, akkor azt mondjuk, hogy a struktúra a formulahalmazt modellezi, annak modellje. Részleteket lásd például [15] második fejezetében. A fenti definícióhoz ez annyiban hasonlít, hogy egy matematikai fogalomrendszert nevezünk modellnek, ami valami mást modellez. Azonban alapvető különbség az, hogy a matematikai logikai modell egy nála még absztraktabb, általánosabb fogalmat modellez, addig a tapasztalati tudományos modell maga jelenti egy sor konkrétabb fogalom absztrakcióját. Emiatt szerepük majdnem hogy fordított. Ez a megkülönböztetés inkább csak elvi jelentőségű, hiszen a logikai modell-elméletet ma gyakorlatilag csak a matematikusok tanulják.

A másik itt nem tárgyalt modell-fogalom a megfogható, *fizikai modell*, mely nagyon sok tudományban és az oktatásban is helyet kap. Ebben az értelemben a makett szóhoz áll közel, és egy fizikai jelenséget, objektumot modellez egy gyakran kézbe fogható tárggyal. Ilyen modell például egy műanyag atommodell vagy egy gépészeti mechanizmus kicsiny fém mása. Az ilyen modelleknek fontos szerepe van az oktatásban, azonban most ezekkel nem kívánunk foglalkozni. Alapvető különbség, hogy míg a fizikai modell maga egy tárgy, addig a tapasztalati tudományos modell egy matematikai-logikai rendszer.

A következőkben megvizsgáljuk és továbbgondoljuk a fenti definíciót, vizsgálva, hogy a tudományos tevékenység egyes elemeit hogyan értelmezhetjük a segítségével.

2.2. A definíció dualista jellege

A fenti definíció a tudományos elmélet két szintjét, a logikai kapcsolatokat és a tapasztalatot próbálja minél inkább elkülöníteni. Ez nem mindig egyszerű. Ha a tudományos elméleteket hétköznapi nyelven fogalmazzuk meg, akkor egy-egy szóban egyszerre írjuk le a tapasztalatot és utalunk a logikai viszonyokra. A helyzetet nehezíti a tény, hogy

a hétköznapi nyelv szavai sokkal gazdagabb tartalommal bírnak, mint hogy azt logikai viszonytal egyértelműen tükrözni lehessen. Ennek ellenére szükséges a szétválasztás, hiszen a tudományos elméletek két lényegesen különböző módszerrel dolgoznak egyszerre.

Az *indukció* a tapasztalati tudományok klasszikus módszere, mely néhány tapasztalatból olyan állítást fogalmaz meg, melyet olyan esetekre is igaznak tart, melyet eddig nem tapasztalt. Lényegében szűkebb állításokból hoz létre általánosabbat. Vagyis az indukció információbővítő tulajdonságú, viszont ugyanezen oknál fogva nem logikailag helyes következtetés.

A másik ősi módszer a *dedukció*, melynek során általánosabb állításokból logikai szabályokkal kapunk új, általában egyedi állításokat. A deduktív levezetések jellemzője, hogy nem adnak hozzá új információt az alapfeltevéshez, hiszen a következmények egyértelműen, minden többletadat nélkül, logikai úton adódnak az alapfeltevésekből. Meg kell jegyeznünk, hogy többféle logikai levezetési rendszer van, melyet a levezetés előtt rögzítenünk kell.

Vagyis a dedukció egy igaznak tartott állítás tartalmát alakítja át más formába logikai úton, míg az indukció maga hoz létre új, igaznak tekintett állításokat. A tapasztalati tudományok esetén a két módszer összefonódik, a tapasztalatokból indukcióval hozzuk létre az elméleteket, amiket viszont már a dedukció módszerével használunk más állítások levezetéséhez. A továbbiakban igyekszünk megszabadítani az indukció fogalmát a realista feltevésektől, és nyitva hagyjuk, hogy a tapasztalat elemei között mennyiben állnak fenn logikai viszonyok. Így az indukciót olyan gondolati lépésként fogjuk érteni, mely tapasztalatok egy csoportjából állításokat fogalmaz meg. Emiatt fontos kiemelni, hogy az indukció és a dedukció nem egymás ellentéte, hanem teljesen más jellegű, más szinten mozgó gondolati tevékenység.

Éppen a két módszer különbözősége mentén választható szét könnyen a tudományos elméletek két szintje, a tapasztalat és a gondolati séma. Elméletünkben az állítások kétfélek. Egyes állítások másokból logikai úton következnek. Más állításokra ez nem áll fenn, ezek ha nem a logikai nyelv szabályai, akkor valamilyen módon indukció eredményei. Megtehetjük, hogy az induktív jellegű következtetések helyett egyszerűen csak a következményt hagyjuk meg, és az indukció alapját elvetjük. Így az indukciós feltevések axiómává alakíthatók, vagyis olyan alapfeltevésekké, melyeket nem kívánunk bizonyítani. Ha elméletünket ilyen módon lecsupaszítjuk az induktív jellegű lépésektől, csupán olyan állításokat kapunk, melyek tiszta deduktív levezetést alkotnak. Ezen állítások értelme képezi a modell logikai-matematikai gondolati vázát, melyről fentebb beszéltünk, és melyet alkalmas logikai nyelvvel meg tudunk fogalmazni. Az axiómákat a modellen belül nem vitatjuk, a levezetés idejéig igaznak tételezzük fel. *Így a dedukció a már meglévő modellben az axiómák logikai következményeinek felderítésére alkalmas.*

De milyen alapon is tesszük meg ezeket axiómaként? Létrehozásuk éppen az indukcióval történik, mely már nélkülözi a logikai összefüggéseket. Az indukció pedig a tapasztalatokkal függ össze, hiszen az egyedi tapasztalatok általánosításával jutunk az induktív következtetéshez. Ha realista álláspontot képviselünk, azt gondolhatjuk, hogy az indukcióval fogalmazzuk meg a tapasztalatok közötti logikai összefüggést. Ha azonban a fenti szkeptikus modell-definíciót vesszük alapul, akkor csak annyit mondhatunk, hogy indukció közben a tapasztalatok szerkezetére hasonlító axiómákat fektetünk le. *Vagyis az indukció a modellek axiómáinak létrehozásakor jelentkezik.*

A dolog azonban nem egyirányú. Az, hogy indukcióval létrehozunk egy axiómarendszert, és abban dedukcióval játszódzunk, még nem tudomány. Fontos, hogy a dedukcióval az axiómákból újabb és újabb állításokat vezetünk le újabb és újabb esetekre. Nyilván akkor jó egy tudományos modell, ha nem csak az axiómái, hanem azok következményei is hasonlósági kapcsolatba hozhatók a tapasztalatokkal. Ez létfontosságú a tapasztalati tudományok igazolási és cáfolati módszertanában. Ez az összevetés „fordított indukcióval” történik, melyet valahogy így fogalmazhatnánk meg: Olyan állítást kaptunk-e, mely akár tapasztalatokból indukcióval létrehozható lenne?

Ilyen módon visszacsatolás történik. A tudományos tevékenység bizonyos szempontból leírható három folyamat összességéként. A modellek létrehozása a tapasztalatból történik indukcióval, a modelleken aztán gondolati tevékenységet végzünk dedukcióval, és a végén a modell eredményeit összevetjük a tapasztalattal inverz indukció segítségével. Az összevetés lesz az alapja az újabb indukciónak, újabb modellnek, és így tovább.

Ilyen módon a modell két szintje a hallgatók számára is elkülöníthető, módszertani alapon lehet jogos a dualista szemlélet. Ez segíthet megfelelő keretek között tartani a logikát, mellyel kapcsolatban két hibás út is lehetséges. Egyrészt ha az elméletet logikailag helytelen módon, ellentmondásokkal telve építjük fel, túlzottan bízva a nyelv természetes logikájában. A rosszul definiált fogalmak és állítások számos tévedéshez, látszólagos paradoxonhoz vezetnek. Érdekes ezért a logikus, tudatos felépítést a hallgatók számára minél inkább szem előtt tartani, hogy az ilyesféle hibákat elkerüljük, és az elméletet az emberi értelemmel minél inkább összeegyeztethető formában tartsuk.

Másrészt viszont az a veszély fenyeget, hogy a hallgatók a logika erejétől megrészegetve annak hatáskörét a valóságosnál bővebbre engedik. Veszélyes jel például, ha valaki a Pithagorasz-tételt és az Ohm-törvényt egyforma erejű tudományos igazságnak tartja. Ezzel azt állítja, hogy a Pithagorasz-tétel igazolásához használt matematika biztos alapja a tapasztalatokra is kiterjed, ami nyilvánvalóan nincs így. A logikus levezetés, dedukció módszerét a szemléletben be kell szorítani a modell logikai-matematikai vázának területére.

Vagyis a modell fogalmával segíthetünk a hallgatóknak a logikai-matematikai rend-

szert szigorúan elkülöníteni, a tapasztalatokat és az azokkal való kapcsolatot pedig az analógia fogalmának segítségével átutalni a személyes meggyőződés hatáskörébe.

2.3. A matematikai-logikai váz szerkezete

Már említettük, hogy dedukcióról onnantól van értelme beszélni, hogy vannak igaznak tartott előfeltevéseink, axiómáink. Ezek megfogalmazásához alkalmas nyelvre van szükség. A természettudományokban sokszor a matematikai logika mesterséges nyelvével, a kijelentéslogikával, az első- és magasabb rendű logikával vagy más, összetettebb nyelvekkel leírhatók az axiómák és általában az egész logikai levezetés. Máskor ez nem lehetséges, sőt nem is biztosan célszerű. Ha kellő pontossággal vannak definiálva a fogalmak, akkor a hétköznapi nyelv is alkalmas lehet a logikai viszonyok leírására.

A nyelvi absztrakció és általában a dedukció jelentősége szorosan összefügg azzal, hogy az adott tudományágban mekkora szerep jut a logikai következtetéseknek. Sok tudományterület szinte csak az induktív állítások megfogalmazásáig jut el, és nem célja ebből több szintű logikai következmények leszűrése. Ha egy történelemkönyvet kinyitunk és vizsgálni kezdjük az állítások jellegét, rájövünk, hogy állítások döntő többsége a tapasztalatokra, forrásokra, beszámolókra, kutatásokra alapozott induktív jellegű kijelentés, és viszonylag kevés az olyan állítás, mely egy másikból logikai úton következik. Ekkor nincs sok értelme logikai nyelv alkalmazásának. A másik véglethez talán a fizika tartozik, ahol néhány axiómára hatalmas elméletek építhetők. Itt érdemes absztrakt logikai nyelven dolgoznunk. A kérdésben fontos szerepet kap az is, hogy a modell a valóságot milyen jellegű matematikai absztrakcióval kívánja leírni. Az egyszerű állítások és logikai következtetési szabályok minden tudományágban megtalálhatók, a számok, függvények, valószínűségi változók, vektorterek már speciálisabb felhasználásúak. Utóbbi esetekben szükségszerű a formális nyelvek használata, mert ezen objektumok kifejezése a mindennapi nyelvben nehézkes.

Az oktatás során érdemes kitérni arra, hogy egyrészt milyen jellegű matematikára, logikára építjük az adott tudományterület logikai vázát, másrészt pedig hogy milyen nyelven akarjuk az egészet megfogalmazni. Ha a hétköznapi nyelvet választjuk, akkor nagyon fontos, hogy az absztrakt fogalmakat, melyek a modell elemeiként használunk, elvállasszuk a hétköznapi megfelelőjüktől. Például olyan egyszerű szavak, mint a „mozgás” vagy „ember” hétköznapi jelentésüknél sokkal szűkebb értelemben, csupán a logikai szerkezet szemléletes megjelenítése érdekében használjuk. El kell kerülni, hogy a hétköznapi jelentés és a modell-beli jelentés összemosódjon a hallgató számára, hiszen innen csak egy lépés az elmélet és a valóság összekeverése.

Lényeges itt beszélnünk arról, hogy a modell axiómái alatt nem a matematika axiómáit értjük. A matematikát eleve adottnak tekintjük a tapasztalati tudományos levezetésekhez.

A matematikai axiómák alapvetően különbözőek a tapasztalati tudományok axiómáitól, hiszen nem tapasztalatból adódó indukció következményei. Tapasztalati tudományos axiómák például Maxwell törvényei az elektrodinamikában, az elemek lehetséges kötéseinek száma a szerves kémiában.

A dedukció nem ad újabb információt a rendszerhez, hiszen az axiómáktól elvárjuk, hogy belőlük az állítások egyértelműen levezethetők legyenek. Emiatt a sokszor hosszadalmas levezetések igazából csak más formába rendezik, „kicsomagolják” az axiómák tartalmát. Azonban egyrészt ezáltal értjük meg igazán az axiómák jelentését, másrészt így tudunk olyan állításokat kapni, melyek ismét összevethetők a tapasztalattal. Az oktatásban fontos kiemelni az axiómaként kezelt állításokat, hogy a levezetés deduktív és induktív elemei kellően elkülöníthetők legyenek.

2.4. A tapasztalathoz való eljutás nehézségei

A tapasztalat az elméletekhez sokféle úton jut el. A legősibb módszer kétségkívül a spontán megfigyelés, mely egy jelenség alkalomszerű tapasztalatát jelenti. A tudomány egy szervezettebb szinten megkívánja, hogy kellő mennyiségű és jellegű tapasztalat gyűljön össze, ehhez rendszeres, tervezett megfigyelés szükséges. Még egy lépés a kísérlet, ahol az ember nem csupán passzív szemlélője a jelenségeknek, hanem maga idézi elő őket különféle módokon, hogy hatékonyabbá váljon a megfigyelés. Ha a megfigyeléskor, kísérletkor mennyiségi információt is gyűjtünk, akkor mérést végzünk.

Az, hogy melyik módszert milyen arányban alkalmazzák, függ a tudományterület jellegétől és aktuális módszertanától. Már itt felmerül egy probléma, mely az elméleteket működés-elméletek és történeti elméletek csoportjaiba sorolja.

A működés-elméletek általában olyan állításokat építenek a modellekbe, melyek a világ egy szeletének működési mechanizmusait kívánja feltárni, melyeket időben és térben bizonyos korlátok között változatlanoknak tekintenek. Ilyen elméletek tapasztalataival szemben jogos követelmény, hogy a megfigyelés és kísérlet megismételhető legyen, vagyis a modellben meghatározott keretek között újra meg újra végrehajtva egyező, de legalábbis nagyon hasonló tapasztalatot kapjunk. Ellenkező esetben a modell nem fog hasonlítani általánosan a vizsgált tapasztalatra, ami a modell alkalmatlanságára utal. A működés-elméletek állításainak vizsgálata tehát általában nagy mennyiségű, ismételt megfigyelés és vizsgálat segítségével történik.

A működés-elméletek legnagyobb mozgatója az a hit, hogy a világot természeti, társadalmi és egyéb „törvények” irányítják. Ez nem alaptalan vélekedés, de olyan jellegű filozófiai feltevés, melyet a modell fenti fogalmából igyekszünk száműzni. Fogalmazzunk inkább úgy, hogy a világ működését törvényekkel modellezhetjük, hiszen a modell előfeltevéseiként használt axiómák a modellen belül hasonlóan viselkednek, mint a tör-

vények.

A történeti elméletek vizsgálata sokkal nehezebb. Ezek olyan egyedi eseményeket vizsgálnak, melyeket ugyan részben lehet magyarázni működés-elméletekkel, ám az időbeli távolság vagy időskála miatt nem végezhetők olyan módon kísérletek és megfigyelések, mint a működés-elméleteknél. Ilyenek a múltban történt, jövőben történő, vagy a jelenleg is tartó, nagyon lassú eseményekre vonatkozó modellek. Ilyeneket találunk a történelemben, kozmológiában, biológiában, szociológiában, közgazdaságtanban. Közös jellemzőjük, hogy a modellekhez kénytelenek vagyunk nagy mennyiségű közvetett tapasztalatot felhasználni, kísérletet pedig nem is nagyon tudunk végezni.

A történeti elméletek modelljei ezért általában pontatlanabbak, gyakrabban változnak, több változatuk létezik, hiszen nincs lehetőség kellően nagy számú tapasztalattal alátámasztani őket. Ez azonban nem teszi kevésbé tudományossá őket, hiszen ugyanúgy beleférnek a modell fenti definíciójába. A különbség mindössze a tapasztalatok megszerzésének gyakorlati nehézsége okozta bizonytalanság.

A tapasztalatok megszerzésénél egyre kifinomultabb eszközök és módszerek jöttek, jönnek létre. Ez azonban rejtett módon egy fontos bizonytalanságot visz a rendszerbe. Ugyanis néhány megfigyelési, kísérleti módszer önmagában bonyolult elméleten alapul, vagyis a kísérletet is modellezni kell! Így sok információ, melyet tapasztalatnak tekintünk egy modell szempontjából, valójában csak egy másik modell állítása. Amikor egy történelemmel foglalkozó régész radiokarbon-kormeghatározást végez, felhasznál egy sor fizikai és műszaki modellt, hogy tapasztalatot biztosítson tudománya számára. Vagy amikor egy digitális légnyomásmérő műszert használ valaki, akkor súlyosan támaszkodnia kell elektronikai modellekre, hogy elhihesse, hogy a néhány számjegy valóban összefüggésben áll a nyomással.

Ezek egyszerű példák, de a komolyabb kísérletekkor az egyes tudományterületek, modellek súlyosan építenek egymásra. A tapasztalat ekkor már messze áll a közvetlenül mérhető vagy érzékelhető egyszerű információtól, hanem mire a nyers tapasztalattól a magas szintű modellig eljutunk, számos más modellt is alkalmazni kell. Ez is óvatosságra int az elméletekkel kapcsolatban.

A hallgatók esetében különösen fontos a kritikai szemlélet a tapasztalatokkal szemben. Az oktatás jellegéből adódik, hogy az átadott elméletek mennyiségéhez képest nagyon kevés a kísérlet, megfigyelés, mérés. Így amikor az oktatásban tapasztalatokról van szó, más emberek máshol és máskor végzett tapasztalatairól beszélünk. Fontos, hogy a hallgatók ne higgyenek vakon ezekben, mert így a tapasztalatokból történő induktív következtetést könnyen átutalják a logika hatáskörébe.

2.5. A modell és a valóság kapcsolata

A definícióban azt mondtuk ki, hogy a modell, mint logikai rendszer és a tapasztalatok között hasonlóság, analógia áll fent. A hétköznapi értelemben vett hasonlat jellemzője, hogy néha nagyon sok ponton sántít, viszont képes lehet a hasonlított dolog lényegének megragadására is. Egy jó hasonlat segít megérteni valamit egy dologról egy másik fogalomrendszeren keresztül, ami könnyebben elképzelhető, szemléletesebb, jobban érthető. Beláthatjuk, hogy a tudományos modellek is ilyen jellegűek. A bonyolult tapasztalat-gyűjteményhez egy olyan logikai-matematika rendszert rendelnek, mely közvetlenül vagy közvetetten az emberi értelem szabályait követi. Így ha a modell és a valóság hasonlít egymásra, a modell vizsgálatával esélyt kapunk arra, hogy a tapasztalt világot is jobban megértsük.

A köznapi hasonlat, hasonlítás szavak jellemzője, hogy némák maradnak afelől, hogy mi a hasonlóság oka. Ha valaki hasonlít az apjára, annak nyilván valódi, mélyebb oka van, míg ha egy báránnyal egy hajóra emlékeztet, ott nyilván nem találunk ilyen okot. A modell fenti definíciója szerint a tudományos munka közben kevésbé érdekes, hogy mi az oka, alapja az analógiának. Akkor tekintünk egy elméletet jónak, ha sok ponton egyezik a hasonlat, vagyis sok helyen illik össze a logikai rendszer a tapasztalattal.

Amikor analógiáról beszélünk, akkor nyitva hagyjuk a kérdést, hogy vajon van-e valami többlet a hasonlóság, analógia mögött, ami praktikus a realizmus és instrumentalizmus kérdésben való semlegességhez. Hiszen ha a hasonlat mély értelmű igazságon alapszik, vagyis a logikai struktúra valamilyen formában létezik a valóságban is, akkor a realizmushoz jutunk. Míg ha a hasonlat csupán egy gondolati eszköz, hogy könnyebben kezeljünk valamit, akkor az instrumentalizmust kapjuk. Vagyis a tudományos modell úgy kapcsolja össze a tapasztalat egy szeletét egy gondolati vázzal, hogy nem foglalkozik az analogikus kapcsolat valódi okával.

A következőkben felvázoljuk, milyen módon lehet a fenti modell-fogalmat az instrumentalizmussal és a realizmussal összeegyeztetni. Ismét utalni kell rá, hogy mindkét irányon belül nagyon sok különböző értelmezés lehetséges, most csak vázlatosan mutatjuk be a lehetőségeket.

2.5.1. Tudományos modell és instrumentalizmus

A tudományos modellek fenti vizsgálata nagyon könnyen összeegyeztethető az instrumentalizmussal. Ez nem meglepő, hiszen az instrumentalizmus mint a tudományos realizmus tagadása jelenik meg, a tudományos modellek esetén pedig az egész kérdéshez szkeptikusan viszonyulunk.

Instrumentalista álláspont esetén feltesszük, hogy a modell és a tapasztalatok közötti

hasonlat csupán eseti hasonlóság, mindenfajta mélyebb tartalom nélkül. A modelleket mi hozzuk úgy létre, hogy hasonlítsanak a tapasztalatra, tehát mi gyúrjuk, alakítjuk olyan formára a logikai rendszert, hogy meglegyen az analógia. Nincs értelme a modellek logikai összefüggéseit a világba képzelni, mert azok csak a fejünkben léteznek. Az indukció nem megtalálja a világban lévő összefüggést, hanem létrehozza azt az elménkben. Így a világ működésének háttéréről indukcióval nem szerezhetünk információt.

A modellek a hasonlóság révén az elménknek megfelelő struktúrában, a matematika és logika eszközeivel rendezik el a tapasztalatokat, így azok az értelem számára gyorsabban, hatékonyabban felhasználhatók válnak. A hasonlóság így szorosan összefügg a használhatósággal. Önmagában a hasonlóság nem elég, olyan módon kell kapcsolatban lennie a modellnek a valósággal, hogy használhassuk azt a világban való eligazodásra, előrejelzésre, technikai és más újítások létrehozására.

A hibásnak vagy pontatlannak bizonyult elméletek azt mutatják, hogy a modellek csak tökéletlen eszközök. Azonban attól még, hogy egy modellenél fejlettebbet, jobbat találunk ki, érdemes a régit is megtartani, ha használhatónak bizonyul bizonyos feladatokra.

2.5.2. Tudományos modell és realizmus

Realista álláspont esetén a modell és a valóság közötti kapcsolatnál feltesszük, hogy a modell logikai-matematikai szerkezete képes a tapasztalatok, és az azok mögötti valóság szerkezetének megragadására. Emiatt a hasonlóság nem esetleges, hanem ha kellően hasonló modellt alkottunk, akkor az mond valamit a tapasztalatok mögötti igazságról is.

Ha a matematikai-logikai rendszerek valamilyen módon léteznek a tapasztalatok mögött is, akkor nem feltaláljuk, csak felfedezzük őket. Az, hogy ez hogyan és miként lehetséges nagyon sokféle irányból megválaszolható kérdés. Az a közös, hogy a realizmus szerint azért lesznek használhatóak az elméletek, mert a modellek készítésekor használt hasonlóság lényegi kapcsolatot takar, így a modellt vizsgálva olyan dolgokat tudhatunk meg a világról, melyek igazságát joggal feltételezhetjük.

Bár a modellekről feltételezzük, hogy igazak vagy hamisak, a hamisnak bizonyuló modelleket nem feltétlenül kidobni, mert lehet, hogy egyes dolgokban téved, viszont rész-igazságokat fogalmaz meg, és azt könnyebben megérteni belőle, mint a valóban helyes modellből.

3. A tudományos modell alkalmazása az oktatásban

Személyes véleményem, hogy nem szabad a hallgatókat a tudományos realizmus filozófiájával befolyásolni, hanem biztosítani kell a lehetőséget, hogy ezt a kérdést önállóan válaszolhassák meg. Ettől még a tudományok tárgyi anyagában sem kell változtatást eszközölni, csupán az átadásuk módját kell kritika alá venni. Fentebb egy lehetséges útként bemutattuk a tudományos modell hasonlóságon alapuló definícióját és megvizsgáltuk ennek következményeit. Felmerül a kérdés, ha valóban alkalmas a modell fogalma, hogy ne váljon döntőbíróvá a realizmus-instrumentalizmus kérdésben, akkor hogyan lehet ezt átültetni az oktatásba? Ehhez vizsgálunk meg röviden néhány szempontot.

3.1. A tárgyak módszertanának kritikai ismertetése

A fentiek alapján jogos az igény, hogy egy tudományterület tárgyalása előtt nyújtsunk némi bevezetőt a tárgy módszertanáról. Ha a modellek fenti, szkeptikus értelmezését használjuk, akkor ez egészen röviden megtehető, megússzuk a bővebb filozófiai megalapozást. Elég, ha felhívjuk a figyelmet a módszertani elemek ismertetése után, hogy nyitott kérdés, hogy az így megalkotott elméletek hogyan kapcsolódnak a valósághoz. Érdemes kiemelni annak fontosságát, hogy ezt a kérdést mindenkinek célszerű megválaszolnia, hiszen valahogyan meg kell alapoznia a tudást, hogy aztán azt nagy biztonsággal használni lehessen. Ezen szempontokkal már sokat értünk el, kinyilvánítottuk, hogy tudatosan semlegesek akarunk maradni a realista-instrumentalista kérdés ügyében, ha ezen fogalmakat nyilván nem is említjük. Ezen kívül a tárgy és általában a tapasztalati tudomány látókörén kívülre toltunk át egy olyan kérdést, mely igazából oda is tartozik.

3.2. Modellezésre való utalás

Ha valaki a kritika nélküli realizmust meghaladva kívánja az oktatást végezni, néhol pontosítani kell a mondanivalót. A legfontosabb szempont, hogy kiemeljük a tudományos modell fenti fogalmában lévő dualizmust, a modell és valóság elválaszthatóságát. Nem is különösebben fontos, hogy éppen a „modell” szót használjuk, fogalmazhatunk többféleképpen: Például az elméletet úgy kaphatjuk, hogy *modellezzük*, *idealizáljuk*, *absztraháljuk* a valóságot, *kiemeljük a valóság néhány szempontját vagy lényeges elemét*, és még folytathatnánk. A lényeg, hogy a hallgató érzékelje, hogy valami mást hozunk létre, mely bizonytalan kapcsolatban van a valósággal. Az elmélet és a tapasztalat kapcsolata pedig lehet *hasonlóság*, *analógia*, *párhuzamosság*, *emlékeztetés*, *kapcsolatba hozás*, vagy más, a lényeg, hogy kellő bizonytalanságot hagyjon a kapcsolat háttere felől. A *leírás* szó sem rossz, ám gondatlanul használva realista értelmezéshez vezethet.

Ezeket a finomításokat nyilván nem lehet folyamatosan alkalmazni, hiszen rendkívül meghosszabbítanák a tárgyalásmódot. Egy fogalom esetén nyilvánvalóan elég egyszer leszögezni a fentieket. Például ha egy szociológiai írásban az elején kiemeljük, hogy az *ember* szóval a továbbiakban az embert modellezzük, és felteszünk róla bizonyos dolgokat. Túl sok fogalom esetén azonban ez is a kelleténél több magyarázkodáshoz vezet. Ha a tárgy elején vagy nagyobb témakörök elején kellő súlyt adunk a problémának, és néhol felhívjuk a hallgatók figyelmét a modellezés tényére, akkor az elegendő lehet a realizmus elkerüléséhez.

Kiemelt szerepet kapnak azok a részek, amikor egy elméletből következő hosszú, akár szöveges, akár matematikai levezetése után bizonyos eredményekre jutunk. Ekkor érünk ahhoz ponthoz, ahol a modellt a megalkotásához hasonlóan ismét össze kell kötnünk a valósággal. Itt fontos az oktatónak hangsúlyozni, hogy a modell eredménye milyen kapcsolatban van a valósággal, kiemelni, hogy az eredményeket ellenőrizni kell. Ráadásul tapasztalati alátámasztás csak azt mutatja, hogy a modell kellően erős hasonlat volt, többet nem tudunk mondani realizmus nélkül. Ezek a konkrét eredmények azok, melyek sokszor megmaradnak a hallgatóban, és azokat a gyakorlatban is alkalmazni fogják. Ezért igen fontossá válik, hogy ezen a ponton hangsúlyozzuk az elmélet és a valóság különbségét.

3.3. Anyag modellekbe való rendezése

Az anyag feldolgozásánál folyamatosan élünk különféle feltevésekkel, melyeket egy ideig fenntartunk, majd másra cseréljük vagy pontosítjuk őket. A kritika nélküli realista tárgyalás esetén néha összemosódhatnak a különféle feltételezések, és nehezen magyarázható, hogy miért változnak egyes körülmények, feltételezések. Ezen is sokat segíthetünk, ha igyekszünk az anyagot modellek köré rendezni. Így elkülöníthetjük az egymáshoz hasonló vagy akár ellent is mondó, alternatív vagy a másikat elmélyítő elméleteket. Mindenképpen sokat segít, ha az egyes modellek esetén kiemelten foglalkozunk azokkal az axiómákkal, melyet induktív úton szerezhethetünk meg.

Gyakorlatilag nincs olyan tantárgy, ahol egyetlen, átfogó elméletet használnának. A modellek alkalmasak arra, hogy az összetartozó kijelentéseket csoportokba rendezzék. Így a tapasztalatok körét egy-egy modellben külön is megfogalmazhatjuk. Modellenként eltérő feltevések is bekerülhetnek, eltérő érvényesség, eltérő pontosság. Ez az oktatásban különösen akkor fontos, amikor történeti módon kerülnek bemutatásra a korábbi elméletek. Az atommodellek fenti szemlélete például lehetővé teszi, hogy ne kelljen a régi modellek hamisságáról beszélni, hanem csupán egy gyengébb hasonlatként értelmezhesük őket.

Egy két ponton is segítség a hallgatónak. Egyrészt nem válik hiteltelenné a jelenlegi

tudományos állás, mely a korábbi elméletekhez hasonlóan naiv realista értelmezés mellett bármikor a hamisság kategóriájába kerülhet át és értelmetlenné válik. Másrészt növeli a bátorságot, hogy ő maga vegyen észre kételyeket a jelenlegi modellekkel kapcsolatban, és merjen újakat kitalálni.

3.4. Kísérlet, mérés, tapasztalat

Fontos, hogy legalább minimális szinten kritikus szemlélettel tárgyaljuk a kísérletek eredményét. Sokszor egyszerű fogalmazással úgy tűnhet, hogy a „természet” vagy általában a tapasztalat használható általános döntőbíróként az elmélet igazolására vagy cáfolására. Ez pedig egyértelműen realista vonás, amit igyekezzünk elkerülni.

Már említettük, hogy a kísérlet kritikáját nehezíti, hogy a hivatkozott megfigyelések döntő többségét a hallgató nem maga végzi el, hanem másokban kell megbízni. Ez nem lenne baj, de a kísérlet így messze helyeződik, és elmosódnak az elvi nehézségek. Ezért fontos, hogy az egyes kísérletek hibáira, érvényességére, korlátaira rámutatunk. Szintén növelheti a kritikai érzéket, ha „A tapasztalatok azt mutatják. . .” egyszerű kijelentés helyett az „Eddigi tapasztalataink arra utalnak. . .” óvatosabb kijelentést használjuk. Fontos lenne, ha az anyagba bekerülnek néhány olyan megfigyelés is, melyek később hibásnak, pontatlannak bizonyultak. Így a jelenleg elfogadott megfigyelések eredménye sem lenne magától értendő.

3.5. Problémák az alkalmazással

Nyilván problémák is felmerülnek, ha igyekszünk a modell kérdését előtérbe állítani. Először talán az időt és ráfordított többlet figyelmet érdemes említeni, a realizmus és instrumentalizmus kérdésében vállalt tudatos semlegesség kétségkívül nagyobb odafigyelést és pontosabb fogalmazást kíván az oktatótól. Enélkül nehéz kiküszöbölni a fentebb tárgyalt hibákat. Érdemes lenne az oktatóknak legalább minimális logikai ismereteket elsajátítani. Akik nem kívánnak mélyebben foglalkozni a matematikai logikával, számos egyszerűbb, rövidebb kiadvány van, például [17].

Másrészt valamilyen módon filozófiai kérdésekről kell beszélni a szaktudományokban, ami elég furcsán jöhet ki, ha rosszul alkalmazzuk. Azonban még mindig jobb, mint ha egy jogos kritikai kérdést elnyomunk vagy egyszerűen olyan módon válaszolunk meg, tekintélyre, vagy a tudományra magára hivatkozva, ami megalapozatlan.

Mai gondolkodásunk megköveteli a semlegességet, de néha elfelejtjük, hogy a semlegesség már maga egy állásfoglalás. Ezért ha a fenti koncepciót akarjuk alkalmazni, akkor őszintén be kell vallanunk a hallgatóknak, hogy azért nem kívánunk döntenit a realizmus

és instrumentalizmus kérdésében, mert ezt a döntést szeretnénk átutalni egyrészt a tudományon kívülre, másrészt a ő személyes döntésük körébe.

Egy érdekes szempont, de a modell fenti használata kirántja a talajt egy sor megszkott demarkációs magyarázatot, vagyis annak megindoklását, mit tekintünk tudománynak, és mit áltudománynak. A tudományos modell fogalmában nehéz elkülöníteni az áltudományt, mert ha betartunk bizonyos módszertani elveket, akkor nagyon sok minden tudománynak tekinthető. Valójában ennek a kérdésnek a megválaszolását is át kell adnunk a személyes meggyőződésnek. Bármilyen nehéz, de ezt a gyengéséget is be kell vallani az oktatásban, de talán éppen erősséggé válhat, mert a hallgatónak itt is önálló véleményt kell kialakítani egy amúgy bizonytalan kérdésben.

Az egészszel kapcsolatban bizonyára felmerül egy szakmai ellenérzés is. Ahogy Dr. Zemplén Gábor írja a [16] cikkében: *„A történeti (és filozófiai) megközelítés tehát nincsen ellentétben a természettudományos tárgyak tanításának hagyományos céljaival. Ezt azért szükséges ennyire egyértelműen kimondani, mert nem ez a hit él ma a legtöbb tanárban Magyarországon. (...) Az általános vélekedés inkább az, hogy a történelem és a filozófia a természettudományos oktatás helyett tud csak megjelenni a tanórákon. ”* Ezt a vélekedést kell kissé megtörni, mert a „tisza” tudományon belül sosem fog megjelenni az önkritika, a kritikai feltevést csak az aktuális tudományterületen felülemelkedő szkeptikus józan ész, a mindenkiben ott élő filozófus képes megfogalmazni.

Összefoglalás

A tudományos elméletek és a valóság kapcsolatának vizsgálatakor megállapíthattuk, hogy a mai magyar egyetemi oktatás egyértelműen a tudományos realizmus irányában foglal állást, és ez a tárgyalásmódon keresztül alakíthatja a hallgatók szemléletét is. Mivel ez a hatás sok fontos kritikai kérdést elaltat, érdemes törekedni arra, hogy az oktatást úgy alakítsuk, hogy a hallgató egyaránt juthasson realista és instrumentalista álláspontra.

Bemutattuk a tudományos modell definícióját, melyet a közismert fogalomhoz képest igyekeztünk úgy formálni, hogy minél alkalmasabb legyen a realizmus és instrumentalizmus közötti semleges álláspont oktatásban való kivitelezésére. Az alapgondolat az volt, hogy érdemes élesen elválasztani a matematikai-logikai gondolati szerkezetet a tapasztalattól, és a kettő közötti kapcsolatnál az analógiánál mélyebb viszonyról nem beszélni. Ezzel nem tagadjuk a tudományos realizmust, csupán elérjük, hogy a tárgyalásmód ne kötelezzon minket a realizmusra, hanem személyes meggyőződés alapján dönthessünk.

Ez a szempont nagyon fontossá válik egy olyan korban, melyre a tapasztalati tudományok igen nagy hatással vannak. A tudomány művelői nagyon sok mindent vesznek kritika alá, de ha a szkepszis alól éppen saját tudásuk marad ki, akkor könnyen juthatunk megalapozatlan dogmatizmusához. Ha a hallgatókban nincs meg kellő kétely saját tudományuk iránt, akkor szemléletük beszűkülhet, és a tudományt minden más felett álló, elsődleges forrásként tekinthetik a világ megismeréséhez. Ezt mutatja be nagyon szellemesen Dr. Kerényi Lajos ([14]):

„Olyan ez, mint amikor a mocsári bogár nagy nehezen kiássa magát a mocsárból, és a kifúrt picikén lyukon keresztül nézegeti az eget. Aztán tudományos előadást tart az égről és a csillagokról. Ám odamegy a sas és azt mondja neki: Öcsi, nem jó ez, ez nem így van! A bogár meg kineveti: Te ostoba, álmodozó sas, én ezt jobban tudom, mert tudományos szempontból foglalkozom a dolgokkal! A sas tovább szárnyal a végtelen felé, a magasságok felé, de már nem szól”

Úgy gondolom, hogy a tudományos modell fogalma alkalmas eszköz lehet arra, hogy az oktatók felkeltsék a hallgatók kételyeit, kritikai kérdéseit, szkeptikusságát a tudománnyal kapcsolatban. Nem azért, hogy elvessek a tudományt, hanem pont azért, hogy felelősebben, jobban megalapozva, korlátokkal és nehézségekkel együtt reálisan látva végezhessek azt.

ad maiorem Dei gloriam

Hivatkozások

- [1] Anzenbacher, Arno: *Bevezetés a filozófiába*, Cartaphilus Könyvkiadó, Budapest, 2001
- [2] Zemplén Gábor, : *Kutatásmódszertan órai jegyzet*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
http://www.filozofia.bme.hu/sites/default/files/anyagok/1265/Kutmod_11_osz_06_instrumentalizmus_realizmus.pdf
- [3] Chakravartty, Anjan: *Scientific Realism*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2011 Edition), Edward N. Zalta (ed.),
<http://plato.stanford.edu/archives/sum2011/entries/scientific-realism>
- [4] 169/2000. Kormányrendelet
www.nefmi.gov.hu/letolt/felsoo/03mell2_tudagak_kormrend.pdf
- [5] Ábrahám György: *Optika*, Panem–McGraw Hill, Budapest, 1998
- [6] Hraskó Péter: *Relativitáselmélet*, Typotex Kiadó, Budapest, 2002
- [7] Sólyomi Jenő: *A modern szilárdtestfizika alapjai I.*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2000
- [8] Litz József: *Elektromosságtan és mágnesességtan*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1998
- [9] Boross László, Sajgó Mihály: *A biokémia alapjai*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2003
- [10] Andorka Rudolf: *Bevezetés a szociológiába*, Osiris Kiadó, Budapest, 2006
- [11] Juhász Márta, Takács Ildikó: *Pszichológia*, Typotex Kiadó, Budapest, 2006
- [12] Kövesdi János: *Menedzsment és vállalkozásgazdaságtan*, Typotex Kiadó, Budapest, 2007
- [13] M. Csizmadia Béla, Nándori Ernő: *Statika*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996
- [14] Kerényi Lajos: *A tudomány Istenre talál - A megtérő tudomány*, Szent Gellért Kiadó, Budapest
- [15] Ferenczi Miklós: *Matematikai logika*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002
- [16] Zemplén Gábor: *Mi a haszna a természettudományos tárgyak oktatásában a tudománytörténet és a tudományfilozófia diszciplínáinak?*, 2011, Budapest
- [17] G. Havas Katalin: *Így logikus*, Szent István Társulat, Budapest, 2002