

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NEVELÉS ÉS A TUDOMÁNYELMÉLETEK

Nahalka István

Eötvös Loránd Tudományegyetem Neveléstudományi Tanszék

Problémafelvetés

A magyar természettudományos nevelés tudományos színvonala rendkívül magas. A nemzetközi felmérésekben tapasztalt eredményesség azt bizonyítja, hogy a biológia, a fizika, a természetföldrajz és a kémia oktatásában a hazai tantervek milyensége, s a területtel foglalkozó tanárok felkészültsége diszciplináris szempontból, tudományos színvonalukat tekintve hosszú évtizedek óta kiválónak értékelhetők. Ez az eredményesség azonban nem jelent egyben problémamentességet is, vagy azt, hogy ne kellene a magyar természettudományos nevelés fejlesztésén folyamatosan gondolkodni, s a megfelelő lépéseket ne kellene megtenni. A nemzetközi felmérések nem érintenek számos olyan területet, amelyek viszont a természettudományos nevelésben nem elhanyagolhatók, sőt egyre inkább feladatokat jelentenek e nevelési ág számára. Ezen területek, tehát a hazánkban is komoly fejlesztést igénylő kérdéskörök közé tartozik a *természettudományos nevelésben uralkodó tudománykép* kérdése. Vajon az a tudománykép, amelyet természettudományos tantárgyaink tanítása során közvetítünk, mennyire felel meg a korszerű tudományelméleteknek, a tudomány valóságos társadalmi szerepének? A természettudományos tantárgyakat tanító tanárok mennyire ismerik azokat a fejleményeket, amelyek az elmúlt kb. öt évtizedben a filozófiában, a tudomány-szociológiában, s a pszichológia ezen területtel foglalkozó ágaiban bekövetkeztek?

Szeretnénk a problémát kicsit élesebben felvetni. A természettudományos nevelés területén dolgozó pedagógusok közül kevesen vannak olyanok, akik ma megkérdőjeleznék a természettudományokban, s ebből következően a természettudományos nevelésben is az empiria „mindenekfölöttiségét”, vagyis azt, hogy minden természettudományos (és általában minden tudományos) ismeretünk az empirikus megismerésben gyökerezik, kísérletekkel, megfigyelésekkel, mérésekkel vizsgáljuk a természetet, a tapasztalatok alapján elvonatoztatunk, fogalmakat alkotunk, következtetéseket vonunk le az általános összefüggésekre vonatkozóan. Nem másról van itt szó, mint az *ismeretszerzés induktív logikájáról*, az egyszerűbbtől az összetett felé, az egyestől az általános felé való haladás-

ról. Fizika órákon előbb (tanulói vagy tanári) kísérletek alapozzák meg az elsajátítandó ismeretet, az elméletet, ami mindig az empirikus bizonyítékok után, mint általánosítás, mint a megelőző kísérletekből levezethető, s így bizonyítottnak tekinthető állítás következik. Bármilyen, ennek nem megfelelő logika alkalmazása valószínűleg felháborodást váltana ki a természettudományos tantárgyak oktatóiból, szakdidaktikai szakembereiből. Didaktikai kultúránkba nagyon mélyen beivódott az induktív logika követése, ezt tekintjük egyedül tudományosnak, korrektnek. Pedig – szélsőségesen fogalmazva – *a helyzet éppen ennek az ellenkezője*. Az elmúlt évtizedekben a tudományfilozófiában bekövetkezett nagymértékű fejlődés során bebizonyosodott, hogy a tudomány működése másnyilván, az előbb vázolttal szemben álló logikát követ. A tudományra éppen hogy nem az induktivitás, hanem a deduktív jellegű ismeretsajátítás a jellemző. A tudomány működésében alapvető szerepet játszanak az elméletek, az elmélet és empiria közötti kapcsolat a természettudományos nevelésben is alapvető újragondolást igényel. Nem kevesebbet állítunk mint azt, hogy *a hazai természettudományos nevelésben alkalmazott ismeretsajátítási logika, s ebből adódóan a tanítás során közvetített tudománykép alapvetően hibás*. Tanterveket, tankönyveket kell újraírni, a tanárképzésben kell érvényesíteni a korszerű tudományelméletek mondanivalóját, s egy egész, meggyökeresedett gondolkodásmódot kell átalakítani a természettudományos nevelés gyakorlatában, s úgy vélem, ez nem lesz könnyű feladat.

A tudományfilozófia új felismerései

E fejezet írásakor kissé zavarban vagyok. Egyrészt tudom, hogy a természettudományos tantárgyakat tanító tanárok közül nagyon sokan – s ez az jelenti, hogy e tanulmány olvasói közül is sokan – viszonylag keveset tudnak a tudományfilozófia elmúlt évtizedekben elért eredményeiről, vitáiról, vagy fogalmazzunk kicsit patetikusan: a tudományelméletek terén bekövetkezett kopernikuszi fordulatról. E fejezetben ezért megkísérlem, hogy legalább vázlatosan némi ismertetést adjak a természettudományos nevelés szempontjából is releváns fejleményekről. Ugyanakkor – s innen származik a zavar – nem vagyok tudományfilozófiával foglalkozó szakember, sok mindent csak rendkívül felszínesen ismerek e területről, s amit ebben a fejezetben elkövetek, az illetéktelen beavatkozás egy autonóm tudományterület folyamataiba. Így érzem azonban, hogy – vállalva az esetleges pontatlanságokat, kisebb-nagyobb hibákat – ezt meg kell tennem. Nem kérhetem az olvasót a rendkívül szűkös magyar nyelvű irodalom áttanulmányozására, s talán még kevésbé tehetem azt, hogy a nehezen hozzáférhető idegennyelvű irodalomra hivatkozom. Természetesen nálam összehasonlíthatatlanul felkészültebb szakemberek, a terület kutatói írtak nagyszerű könyveket, tanulmányokat a modern tudományelméletekről, azonban a legkülönbözőbb okok miatt ezek kevésbé jutnak el a gyakorló pedagógusokhoz. Márpedig én most nem csak egyszerűen egy tudományos dolgot szeretnék írni, amelyben elég csak hivatkozni a megfelelő irodalmi adatokra, hanem egy olyan tanulmányt, amely ráébreszti a tanítás gyakorlati szakembereit (pedagógusokat, oktatásirányí-

tókat, pedagógiai kutatókat) a korszerű tudománykép kialakításával kapcsolatban a kérdés fontosságára, a gondolkodás és cselekvés szükségességére.

Mint a bevezetőben már leírtuk, a mai, hazai természettudományos nevelés egy túlhaladott, indukcionista tudományelmélet talaján áll. Ez az elképzelés arra épül, hogy a tudományos kutatás kiindulópontja az előítéletmentes, elméletfüggetlen megfigyelés, kísérlet, mérés, s az ezen módszerekkel összegyűjtött ismeretek feldolgozásával, elemzésével, általánosítás és absztrakció útján jutunk el a tudományos ismeretek csúcspontjához. Ez az indukcionista, vagyis a folyamatok középpontjába az indukciót állító tudománykép lényege, amelynek a tudományos folyamatokról való gondolkodásra vonatkozóan messzemenő következményei vannak. Mindenekelőtt: az induktív felfogás hívei a tudományos elméleteket logikailag igazolhatóknak tartják. Ezen igazolás legfőbb módszere – e gondolkodásmód szerint – a megerősítő kísérlet, az empiria. Az az elmélet, ami nem ellenőrizhető és igazolható a gyakorlatban megfigyelésekkel, kísérletekkel, az nem érdemli meg a „tudományos” jelzést, a tudományt a „nem tudomány”-tól éppen az igazolhatóság, még pontosabban az igazoltság választja el.

Az indukciós szemléletben lehetséges, sőt követelményként fogalmazódik meg a *minden előítélettől, előzetes elgondolástól mentes megfigyelés és kísérlet*, amit nem befolyásolhat semmiféle elméleti megfontolás. Az elfogulatlan kutató ki kell, hogy zárjon minden elméletet magából, ha kísérletet tervez és hajt végre. Ebben a felfogásban a tudomány fejlődése nem más, mint szakadatlan ismerethalmozás és eközben mind nagyobb és nagyobb általánosítottsági fokú elméletek létrehozása. Az új elmélet mindig magába foglalja a régit, a jelenségek nagyobb körére kiterjedve. A folyamat olyan, mint amikor egy léggömböt fújunk fel. A léggömb – a tudományos ismeretek halmaza – egyre nagyobb lesz, s ez a léggömb egyes pontjain, felületrészein történő „kitüremkedés” – az egyes tudományterületeken elért előrehaladás – eredménye. Az ismeretek tehát kumulálódnak.

Az induktív tudományfelfogás keretében a *hipotézis nem más, mint a még be nem bizonyított elmélet*. Az elméletek úgy születnek, hogy a felhalmozódó ismeretek, az előítéletektől mentesen végrehajtott megfigyelések, kísérletek, mérések mintegy indukálják általánosító hipotézisek megfogalmazását, amelyek aztán korrekt, empiriára alapozott *bizonyítási eljárásban válnak elméletté*. Megfelelő számú, kellő tudományos, módszertani alapossággal végrehajtott kísérlettel az elméletek logikailag is igazolhatók e felfogás szerint. A magyar származású *Lakatos Imre*, a tevékenységét az Angliában kifejtő gondolkodó, az induktív tudományfelfogást meghaladó tudományfilozófusok egyike „igazolhatóság-elmélet”-nek (justificationism) nevezte ezt a gondolkodásmódot. Így fogalmaz ezzel kapcsolatban: „Mindenki, aki hisz az igazolhatóság-elméletben, egyetért abban, ... hogy egy kemény tényt kifejező, önálló állítás megcáfolható, de néhány ilyen állítás induktív módon igazolható egy univerzális elméletet. Az igazolhatóság-elmélet hívei számára a tudományos tisztesség abban áll, hogy nem szabad állítani olyasmit, ami nincs igazolva” (*Lakatos*, 1970. 11. o.). Lényegében ez a felfogás uralta *Francis Bacon*, *John Stuart Mill* tudomány szemléletét (hogy olyanokat említsük, akik a természettudományos nevelés irodalmában is gyakran szerepelnek), illetve a XX. században az induktív-

empirikus szemlélet a precíz, formális logikai megalapozást kereső logikai pozitivisták programjában vált meghatározó tényezővé.

Századunkban azonban – s nem is a közelmúlt fejleményéről van szó – megszületett e ma már naivnak nevezhető, indukciós tudományfelfogás alapvető kritikája is. Elsősorban *Karl Popper, Lakatos Imre és Thomas Kuhn* voltak azok a tudományfilozófusok (a sok lehetséges névből ismét csak a természettudományos nevelés szakirodalmában leggyakrabban szereplőket említve), akik intellektuális fordulatot hajtottak végre a tudományelméletek terén. Az indukcionizmust tagadó elméletek sokszor persze egymással sem kompatibilisek, az elképzelések közül mára már több is túlhaladottá vált, a tudományfilozófia további fejlődése során derült ki egyes elgondolásokról, hogy nem jól írják le a valóságot. Bármennyire is különböznek azonban egymástól a „perlekedő” modern tudományelméletek, van néhány pont, amelyekben a tudományfilozófusok többsége egyetért. Ezek a pontok élesen szembenállnak a fent az indukciós felfogás jellemzőiként leírtakkal.

Mindenekelőtt: az induktív-empirikus tudományfejlődési modellel szembenállók szerint *a tudományfejlődésnek a megfigyelésektől az elméletekig feltételezett egyirányú útját a tudomány fejlődésének valóságos tényei nem igazolják*. Csak empirikus tények birtokában nem lehet elméleti általánosításokhoz eljutni, minden empirikus vizsgálat háttérben mindig ott van valamilyen – lehet, hogy nem tudatosan ható – elmélet, előfeltevés, módszertan, gondolkodásmód. A korszerű tudományfelfogások tehát nem fogadják el, hogy minden új elméleti ismeret megalkotásának kiindulópontja a megfigyelések és kísérletek halmaza. Vigyázat: nem azt állítják, hogy az empiria, a „természet fagatása” nem fontos. Természetesen nem számíthat komolyabb figyelemre az olyan tudományelmélet, amely nem ismeri el a megfigyelés, a kísérletek, vagyis a gyakorlati kutatómunka jelentőségét. A fordulatot hozó tudományelméletek „csak” azt tagadják, hogy egyirányú út vezetne az empiriától az elméletekig. Ehelyett a tudomány fejlődésének folyamata bonyolultabb, már a megfigyeléseket, a kísérleteket is bizonyos elméleti háttértudás birtokában végezzük, már a kérdéseinket is egy elmélet fogalomrendszerét használva fogalmazzuk meg, s a választott módszereink is az elméleti kontextus által meghatározottak. Vagyis *nem létezik elméletfüggetlen megfigyelés, kísérlet és mérés*, sőt, úgy tűnik, ez a *deduktív meghatározottság* alapvető jelentőségű a tudomány fejlődésében.

A kutatók ezt az összefüggést jól ismerik, még akkor is, ha nem mindenki gondolkodik el a filozófiai általánosítás lehetőségein. Próbáljuk meg elképzelni, hogy egy fizikus a CERN részecskegyorsítójában méregdrága kísérleteket elméletfüggetlenül, „előítéletektől mentesen” akarna elvégezni! Nincs semmilyen előzetes elképzelése arról, mi fog történni, ő csak részecskéket szeretne ütköztetni, s aztán majd „meglátjuk mi lesz”. A valóságos kutatómunka ennél sokkal tervszerűbb, sokkal inkább determinált az éppen uralkodó vagy egymással versengő elméletek által. Mindebből az is következik, hogy *a megfigyelések és kísérletek funkciója nem az elméletek igazolása* a dolog logikai értelmében. Véges számú eset egyébként sem igazolhat egy általános tételt. Az új tudományelméletek kidolgozóinak „szent meggyőződése”, hogy a logika alapvetően deduktív eszközei (a következtetések logikája) nem alkalmasak induktív eljárásokra, induktív bizonyításra (itt természetesen nincs szó a matematikai indukció egzakt módszeréről). Ezzel

szemben a megfigyelések és a kísérletek az elméletek kritikus ellenőrzésének, fogalmi gazdagításának, kibontásának, s végső soron a megcáfolásuknak (falszifikációjuknak) az eszközei. *A tudomány logikája tehát döntően deduktív!* Az ismeretek nem csak egyszerűen akkumulálódnak, egy-egy új elmélet a régebbi tapasztalatokat „átfesti”, más kontextusba helyezi, vagyis egy-egy új elmélet születésekor egész ismeretrendszerünk átalakul.

Mivel az elméletek logikai értelemben nem igazolhatók az empíria által, vagyis a logikai pozitivisták programja nem kivitelezhető, ezért a *még* nem igazolt és a *már* igazolt elmélet megkülönböztetésének nincs semmi értelme, vagyis nem beszélhetünk az induktív szemlélet szerinti hipotézisekről. A hipotézisek az újabb tudományelméletek szerint nem azok az elméleti spekulációk, amelyeket még nem bizonyítottunk be. Értelmetlen is ez a meghatározás az induktív-empirikus tudományfejlődési modellt tagadó tudományelméletekben, hiszen ezek szerint az elméletek nem igazolhatók logikai úton, az empíria által. A valóságos kutatómunkában a hipotézisek nem az elméletek kezdő fázisát jelentik, hanem a kutatás keretétől szolgáló elmélet valamilyen, a *gyakorlatban ellenőrizhető következményét*. Vagyis a hipotézis nem a rendkívül kreatív, csak nagyon keveseknek megadatott elméletépítő munka terméke, hanem a sokszor nagyon is hétköznapi, elméletirányított tevékenységé, *Thomas Kuhn* szavaival élve a *normál tudományé*, vagyis konkrét, deduktív következtetés eredménye. Amikor *Albert Einstein* megalkotta az általános relativitáselméletet, akkor nem hipotézist állított fel, hanem egy elméleti rendszert. Az általános relativitáselmélet alapján azonban megfogalmazható a Merkur perihéliummozgásának „rendellenessége”, vagy a csillagok fényének a Nap közelében történő irányváltozása, mint hipotézisek, amelyeket a konkrét mérések fényesen igazolnak.

Maguknak az elméleteknek a keletkezése bonyolult folyamat, s talán e kérdésben térnek el egymástól a legélesebben a tudományelméletek. *Karl Popper*, a pozitivista tudományelmélet első alapos kritikusa szerint az elméleteket a tudomány fejlődése során nem igazoljuk, hanem éppen ellenkezőleg, a cáfoló kísérleti eredmények alapján elvetjük. A tudományos gondolkodást az elméletek irányítják, mivel azonban ezek soha nem írhatják le „tökéletesen” a valóságot, az ismeretek gyarapodásával az elmélettel ellentétes empirikus eredmények is születnek, s ezek falszifikálják, vagyis megcáfolják az elméletet. Ekkor a tudós új elméletet alakít ki, s a folyamat kezdődhet előlről, egy magasabb szinten, mert *Popper* szerint ez az elméletalkotási és falszifikációs spirál a valóságról alkotott ismereteink, képünk fejlődését eredményezi (*Popper*, 1972). *Popper* számára a tudományost a tudománytalantól nem az empirikus igazolhatóság, hanem a *falszifikálhatóság*, a *cáfolat lehetősége* választja el. A marxizmus, a hittudomány, a freudizmus *Popper* számára nem tudományos elméletek, mert makacsul ellenállnak minden falszifikációs kísérletnek, gondolkodási rendszerük lehetővé teszi a cáfolatok alóli kibújást.

Popper falszifikációs elmélete ma már túlhaladottnak tekinthető, amennyiben az elméletek cáfolata, megkérdőjelezése nem lehet ilyen egyszerű folyamat, a falszifikáció, mint logikai alapokon álló aktus nem írhatja le megfelelően a tudomány valóságát. Logikai szempontból igaz ugyan, hogy egy a várakozásokkal kétségtelenül szembenálló empirikus eredmény cáfolata az elméletnek, azonban az empirikus eredmények sohasem mentesek minden kétségtől, elfogadásuk nem egy egyszerű folyamat, sok ellenőrzésre van szükség, azon is vita lehet, hogy a várt empirikus ténynek valóban következnie kell-

e az elméletből, továbbá az elméletek „elasztikus” képződmények, egy darabig jól elviselik az ellentmondó tényeket, illetve kis módosításokkal az ellentmondás gyakran megszüntethető.

Az elmélet továbbfejlesztője *Lakatos Imre* nem elsősorban elméletekről beszél, hanem kutatási programokról, amelyek elméletekből, kutatási módszerekből, fogalmak rendszeréből, egyfajta sajátos gondolkodásmódból épülnek fel, s amelyek egymással harcban állnak egy-egy tudományterületen (*Lakatos, 1970*). *Lakatos* gondolkodásmódjában is még fontos szerepet játszik a logika, hiszen az egyes kutatási programok közötti döntések itt még logikai alapokon nyugszanak, azon például, hogy milyen az egyes, versengő kutatási programok kemény magja, vagyis meghatározó elmélet- és fogalomrendszere, a meglévő tapasztalatok közül melyikkel lehet nagyobb halmazt megmagyarázni, melyik kutatási program képes átfogóbb módon megfogalmazni a kutatás kérdéseit.

Thomas Kuhn (1984) amerikai tudományfilozófus már túllép a tudományos tételek, elméletek igazságtartalma logikai alapon történő keresésén. Tudományelmélete szociológiai indíttatású, alapvető szerepet kap abban az adott *szakmai közösség*, amely végülis eldönti egy folyamat végeredményeként, hogy egy új elméletrendszert gondolkodásmódot, módszertani irányt – ahogy *Kuhn* mondja az azóta divattá vált szóval: *paradigmát* – elfogad-e, s a további kutatások alapjává tesz-e. *Kuhn* megkülönbözteti egymástól a *normál tudományt* és a *tudomány fejlődésének forradalmi szakaszát*. A normál tudomány egy adott, nem megkérdőjelezett paradigma keretei között működik, a tudományos munkát az uralkodó paradigma vezérli, az szabja meg a használt fogalomrendszert, a feltehető kérdéseket, az elméletből megalkotott hipotézisek igazolására szolgáló kísérletek, mérések, megfigyelések körét. *Kuhn* ezt a munkát a rejtvényfejtéshez hasonlítja. Ha például az elemek periódusos rendszere lényegében helyesen írja le a valóságot, akkor léteznie kell a 43-as rendszámú technécium nevű elemnek is, annak ellenére, hogy a vegyészek a földi anyagok közt nem találták. A rejtvényfejtés – ebben az esetben egy különleges „puzzle”, hiszen minden részletet a helyére kell tenni – végülis meghozza az eredményt, mesterségesen is sikerül előállítani az elemet, s a távoli csillagok fényében is felfedezik sajátos „nyomát”. Ennek a folyamatnak a lényege logikai szempontból nem indukció, hanem éppen dedukció. Deduktív módon jutunk az elméletekből kiindulva a hipotézisekhez, amelyek már konkrét vizsgálat tárgyává tehetők. Gyökeresen különbözik a normál tudománytól a tudomány forradalmi szakasza, amely a normál tudomány működése során felhalmozódó ellentmondások, kínos, a paradigmával nem összeegyeztethető ismeretek felhalmozódásával alakul ki. Ha például az atomban a *Thomson modellnek* megfelelően a negatív töltésű részek egy pozitív töltésű „masszában” helyezkednek el, akkor az alfa részecskék egy jól leírható módon fognak szétszóródni, ha egy aranylemezt bombázunk velük. A számításokat végző fizikus lelki szemei előtt már meg is jelenik, hogy milyen képet kellene látni az előhívott negatívokon. Ha nem azt látja, az *anomália*, s a konkrét példa esetében *Rutherford* éppen ezt az élményt élhette át. A paradigma ellentmondásai, az anomáliák először még nem veszélyeztetik az elméleti rendszert, annak némi módosításával, „egyelőre megoldatlan probléma”-ként való kezeléssel a paradigma időlegesen menthető, s egyelőre még be is tölti fontos funk-

cióját a normál tudományban. Az anomáliák súlyosbodásával azonban a helyzet egyre tarthatatlanabbá válik, egyre nő a valószínűsége annak, hogy egy kutató, vagy egy csoport egy új elmélettel, egy új paradigmával álljon elő. Ez a tudomány forradalmi folyamatainak leglátványosabb és legizgalmasabb szakasza. A kérdés ilyenkor az, hogy az új paradigma ígéretes-e, van-e olyan ereje, mint a réginek (képes-e magyarázatot adni azokra a jelenségekre, amelyekre a régi elmélet magyarázatot ad), s használható-e olyan esetekben, amelyekben a régi paradigma csődöt mond. A döntés azonban formális logikai eszközökkel, vagyis az elméletek igazságtartalmának formális logikai eszközökkel történő értékelésével nem leírható, társadalmi folyamat. Az adott elmélet alkalmazásában érdekelt tudós társadalom mond végülis ítéletet az új paradigmáról, elfogadja vagy elveti azt. Ez néha nagyon hosszú folyamat is lehet.

Mint látható, a tudományelméletek (már az itt említettek is, s nem is sorolhattunk fel sok további elképzelést) nagyon különböző kiindulópontokkal rendelkeznek. Bárhogyan legyen is, az induktív magyarázathoz, az elméletek konfliktusmentes egymásra- és egymásba épülésére alapozó elképzeléshez képest a modern tudományelméletek valószínűbb, plasztikusabb képet nyújtanak a tudomány fejlődéséről, erről a tudománytörténeti elemzések adnak meggyőző bizonyítékokat.

Természettudományos kérdésekkel foglalkozó szakemberek számára néhány példa segítségével talán még jobban megvilágíthatjuk a modern tudományelméletek közös mondanivalóját. *Max Planck* az abszolút fekete test sugárzására vonatkozó eredményét nem valamilyen egzakt kísérletsorozat végén kapta meg, a korábbi vizsgálatokból az eredmény nem volt levezethető, semmilyen általánosítás, semmilyen absztrakció nem segített a megfelelő elgondolás kialakításában. *Planck* teljesítménye kreatív teljesítmény, s elsősorban az ösztönözte, hogy az adott kérdésben semmilyen klasszikus fizikai paradigma nem nyújtott a mérési eredményeknek megfelelő eligazítást. Az anomália nyilvánvaló volt, a mérési eredmények triviális módon ellentmondtak az elmélet alapján elvégzett számítások eredményeinek. *Planck* eredményét a tudományos közvélemény csak lassan fogadta el. Pedig az 1900-ban megjelent közlemény a század egyik legnagyobb fizikai teljesítményének, a kvantummechanika kialakításának előhírnöke volt.

Einstein példája is nagyon beszédes. A klasszikus fizikai paradigmák alapján logikus feltételezés volt az elektromágneses sugárzás számára egy hordozó közeg, az éter feltételezése, ugyanakkor a precíz mérések makacsul ellentmondtak a feltételezésnek. Rendkívül jellemző, hogy annak ellenére, hogy a fizikusok társadalma a speciális relativitáselmélet mai kutatásai egyik alapparadigmájának tekinti, tehát elfogadta, de még ma is megismétlik azokat a kísérleteket (elsősorban a *Michelson-Morley* kísérletről van szó), amelyek klasszikus elméletek következményeinek való ellentmondásukkal jelentős mértékben hozzájárultak a klasszikus fizika elméleti felépítményével szembeni bizalmatlanság kialakulásához. *Einstein* a speciális relativitáselmélet megalkotásakor nem a nagy sebességek esetén fellépő hatások akkurátus kimérésére támaszkodott, ilyen kísérletek nem voltak, hiszen a nagy sebességek problémája a klasszikus mechanikában fel sem merül. *Einstein* óriási intellektuális teljesítménye éppen a hagyományos gondolkodásmódtól való elrugaszkodás, a hagyományos paradigma elvetése, s egy váratlan, furcsa következményekhez vezető, új elgondolás kialakítása. A speciális relativitáselmélet

alapposztulátuma, vagyis a fény sebességének invarianciája – a választott inerciarendszertől függetlenül állandó volta – „ellentmond a józan észnek” és a klasszikus mechanika szemléletmódjának. Később azonban bebizonyosodott, hogy *Einstein* elmélete a tapasztalatok tágabb körét magyarázza, s a józan észnek való ellentmondás csak a klasszikus fizikai látásmódhoz szokott gondolkodásunk számára jelent problémát, a valóságos kísérleti adatokkal ez az elmélet van nagyobb összhangban. A speciális relativitáselméletet azonban nem lehet, nem is kell igazolni a szó logikai értelmében. Az elméletek ezt nem igénylik. A kutatók napi munkájuk során viszont állandóan használják az elméleteket (például a részecskegyorsítóknál végzett munka során a speciális relativitáselméletét), s teszik ezt mindaddig, amíg az anomáliák elszaporodása után valaki vagy valakik nem jelentkeznek egy még nagyobb hatókörű elmélettel. Ekkor a régi elmélet falszifikálódik, s legfeljebb közelítő számításokban alkalmazzák a továbbiakban.

Tovább sorolhatnánk a példákat, a flogisztion elmélet sorsát, a kontinensvándorlás elméletét, az oxigén felfedezését *Kopernikusz*, *Galilei*, *Newton* munkássága példázhatná, hogy a naív indukciós elmélet mennyire nem hűen tükrözi a valóságos folyamatokat. Ezek a példák is világosan mutatják, hogy *a természettudományok nagy forradalmi soha nem az új elméletek valamifajta levezetésével, valamilyen logikai következtetéssel végén koronázzák meg a kutató munkát.* A folyamat ennél bonyolultabb, *benne az indukcióval szemben a dedukció játssza a főszerepet.* Az empiria, a kísérletek nem megalapozói a tudásnak, hanem a tudás ellenőrzésének nagyon fontos eszközei. Ez a felfogás nem értékeli le az empiriát, sőt azzal, hogy a valóságnak megfelelőbb, de továbbra is jelentős szerepet kíván annak kiosztani, valójában kiemeli az empiria jelentőségét.

A modern tudományelméletek tehát a feje tetejéről a talpára állították a tudományok szemléletmódját. Kérdés ezek után, hogy mindez hogyan jelentkezik az oktatásban. Röviden fogalmazva: *a természettudományos nevelésben a tudománykép még mindig a feje tetején áll.* Szó sincs róla, hogy a természettudományos nevelés makacsul ellenállna a modern tudományelméletek támadásainak, hiszen ilyen támadás nincs. A modern tudománykép közvetítése, mint kihívás, egyszerűen meg sem fogalmazódott a magyar természettudományos nevelésben, szakdidaktikus, pedagógus, diák és szülő abban a hiszemben kutatja, formálja, szenved el vagy szemléli és kritizálja az oktatási folyamatokat, hogy lényegében nincs tudatában e problémának. *Az induktív tudomány-szemlélet uralma meg sem kérdőjeleződik a tantervekben, a tankönyvekben, a kutatásokban és a napi pedagógiai gyakorlatban.* Ezt a helyzetet továbbá a változtatás szükségességét és lehetőségét szeretnénk a továbbiakban részletesebben elemezni.

Az induktív tudomány-szemlélet uralma a természettudományos nevelésben

Felmerülhet a kérdés, miért volna érdekes és hasznos a természettudományos nevelés szempontjából a tudományelméleti konzekvenciák számbavétele. Hiszen itt filozófiai elméletekről van szó, meglehetősen elvontokról, ráadásul egymással is „perlekedő” el-

méletekről. Nem lehet azonban véletlen, hogy a természettudományos nevelés elméleti kérdéseivel foglalkozó szakemberek közül sokan a '80-as évektől meglehetősen intenzíven foglalkozni kezdenek azzal a kérdéssel, hogy a tudományelméletben bekövetkezett „kopernikuszi fordulat”-nak milyen konzekvenciái vannak a természettudományos nevelésre nézve (Donnelly, 1979; Harris és Taylor, 1983; Hodson, 1988; Martin és mts., 1990; Burbules és Linn, 1991). Mindannyian kimondják – a helyzet alapos elemzése után –, hogy a természettudományos nevelés jelentős problémájáról van szó, az oktatás által közvetített tudománykép befolyásolja a majdani felnőttek világlátását, a tudományhoz való viszonyukat, azt, hogy értőbben és ezért megértőbben viselkednek-e majd a tudományos és a technikai jelenségekkel szemben, vagyis mint felelős állampolgárok hogyan viszonyulnak majd gondolkodásukban és cselekedeteikben a tudomány és a technika világához. Ez a perspektíva viszont azt mutatja, hogy *a tudománykép kérdésével feltétlenül foglalkoznunk kell.*

Számtalan bizonyítékot találhatunk arra, hogy *a természettudományos nevelés alapjaiban induktív-empirikus tudomány szemléleti talajon áll.* Ha valaki csak futólag megvizsgálja mondjuk a hazánkban jelenleg leginkább használt természettudományos tankönyveket, akkor lépten-nyomon az induktív út követésével találkozunk. Ugyanez érvényes a tantervekre is. Még a mai tantervfejlesztési folyamatokban is az induktív-empirikus megközelítés uralkodik. De mutassuk be a jelenséget néhány más példán, részletesen is.

Az Egyesült Államokban *Alfred Collette* és *Eugene Chiappetta* egyébként sok tekintetben nagyon korszerűnek mondható, tanárképzésben használt tankönyvükben a tudományos kutatások folyamatának leírásánál egyértelműen az induktív elképzelésnek megfelelő modellt mutatják be. Jellegzetes pontjai ennek a tudományos tények és fogalmak induktív „termelődésének” leírása, s különösen a tudományos elméletek és hipotézisek viszonyára vonatkozó megállapítások. Ezt olvashatjuk: „A természettudományban a «spekulációkat» tágabban hipotéziseknek és elméleteknek nevezzük. Azonban az elméletek határozottan több empirikus megalapozottsággal rendelkeznek, mint a hipotézisek. Ebből a nézőpontból azt a spekulációt, amely ellenőrizhetetlen, hipotézisnek nevezzük. Míg ha egy spekulációt empirikusan megalapoznak, megfelel az ismert tényeknek, s nincs indokolható versenytársa, akkor elméletnek nevezzük.” (*Collette és Chiappetta*, 1984. 6. o.).

További példa idézhető egy fontos műből, egy meglehetősen széles körben használt, az Unesco által természettudományos tantárgyakat tanító tanárok számára kiadott kézikönyvből. „Abban a hitben hogy a természet megismerhető, a tudósok ... állandóan az általa föltett rejtvényeket próbálják megoldani. Mint az áruló nyomokra vadászó, s azokból elméleteket felépítő detektívek, keresik a nyilvánvaló komplexitás megértésének lehetőségeit, próbálva összekapcsolni az egyik megfigyelést a másikkal. E megtalált kapcsolatok ekkor rendszerré formálódnak, s a tudósokat megerősítik abban, hogy egy jelentős elmélethez jutottak, mint például a speciális relativitáselmélet és a kvantummechanika” (Unesco, 1980. 17. o.). A mű azért is érdekes, mert saját szemléleti alapjairól kiindulva a deduktív út úgy mond kritikáját is tartalmazza. Figyeljük meg az érdekes érvelést: „A természettudományok deduktív tanítása az emberi tapasztalatok útján

visszafelé vezet a gyerekeket, először (például) a részecskék elméletét feltételezve, s azután azt alkalmazva a kristályszerkezetre, a gáztörvényekre, s a részecskék viselkedésének más jellegzetességeire. Ebben az esetben a gyerekeket a tudományos gondolkodásmóddal ellenkező módon tanítjuk. A modern természettudományos kurrikulumok más úton járnak, a problémákat induktív úton közelítik meg. A gyerekek megfigyelik, hogy a kristályok szabályos, geometrikus struktúrával rendelkeznek, hogy a füsttel teli tartályban Brown-mozgás észlelhető, hogy a levegőnek nyomása van, megfigyelik a folyadékok és a gázok diffúzióját. Ezek a jelenségek ahhoz a felismeréshez vezetik a gyerekeket, hogy a megfigyelések egymással való összekapcsolása érdekében ésszerű feltételezni, hogy az anyag részecskékből áll, szemcsés, diszkrét, nem folytonos” (Unesco, 1980. 24. o.). Ez a fajta gondolkodásmód tudományelméleti és tudománytörténeti szempontból egyaránt nem állja meg a helyét, a mondott jelenségek alapján soha nem lett volna felfedezhető az anyag atomos jellege, nem is így történt természetesen. Ám a gyerekek tanulási folyamatai szempontjából is tarthatatlan az állítás, hiszen ők még a tudósoknál is kevésbé lennének képesek „kitalálni” az itt leírtak alapján az anyag diszkrét jellegét. Tudomásul kell vennünk továbbá, hogy az anyag atomos jellegével kapcsolatban a gyerekeknek már viszonylag korán kialakulnak képzeletük, ismereteket raktároznak el a rájuk záporozó információáradatból, vagyis nem igaz az, hogy a gyerekek „abszolút tiszta lappal” kezdik meg tanulni az anyagszerkezet tudományos elméletét.

Hozzunk most példákat a hazai szakirodalomból. A természettudományos oktatás szakdidaktikai művei egyértelműen induktív-empirikus talajon állnak. A tanárképzés során a szakdidaktikusok nagy súlyt fektetnek a tapasztalatokból való kiindulás, az induktív elméletépítés elvének átadására. A *Kacsur István* szerkesztette *Biológia tanítása* című könyvben több ponton is világosan kimutatható az induktív tudományelméleti beállítottság. Ez itt mint a biológiában az experimentalitás térnyerése jelenik meg: „A tanár a kutatóbiológus szemléletével tanítson. Ezért tervezzen a tanulókat a természettudományos gondolkodás munkamódszereibe bevezető kísérleteket. Ez azt jelenti, hogy a tanulók lehetőséget kapnak problémamegoldásra, hipotézisek alkotására kísérletek tervezésére, folytatására, s a kísérleti eredmények alapján a hipotézisek felülvizsgálatára egy szóval a «kutató kísérletezésre»” (*Kacsur*, 1987. 82. o.). Ez a szöveg elvileg még nem bizonyítja az induktív-empirikus szemlélet uralmát, hiszen a valóságos tudományos kutatások is az itt leírt módon folynak („gyanús” lehet számunkra a szöveg, illetve a hipotézis fogalma is mintha az induktív szemlélet szerinti jelentést takarná). De hogy ne legyen kétségünk, hogy itt valóban a túlhaladott tudományelméleti felfogásnak megfelelő gondolatok fogalmazódtak meg, olvassuk tovább a szöveget. Példák szerepelnek ezután amelyek világosan mutatják a szemlélet lényegét: „Például: a földigiliszta feregmozgásának vizsgálata. Helyezz csipesszel egy földigilisztát benedvesített durva deszkalapra, és figyelj az előrehaladását! Hogyan mozog a földigiliszta a deszkalapon? Rajzold le a mozgás fázisait! Ezután következik a bőrízomtömlő szemléltetése. A tanulók felismerik a hosszanti és körkörös izmok váltakozó összehúzódásának jelentőségét a feregmozgásban. Ezért meg tudják magyarázni a feregmozgást a bőrízomtömlő felépítése alapján” (*Kacsur*, 1987. 90. o.). A példa szerint a gyerekeknek a felismerésekhez a földigiliszta mozgásának vizsgálata alapján kellene eljutniuk, magát a részletesebb ismeretet,

a bőrizomtömlő működését elvileg ebből kellene kikövetkeztetniük. Figyeljünk fel azonban a példa kapcsán egy nagyon fontos jelenségre. *A tanár valójában nem képes megvalósítani a tisztán induktív utat*, itt a könyv szövege ezt el is ismeri, hiszen azt az utasítást fogalmazza meg, hogy a tanár szemléltessen a megfigyelés után, illetve a gyerekektől is azt várja, hogy magyarázzák meg a látottakat az elméleti ismeret alapján. Vagyis az itt elképzelt folyamat „mélyszerkezetét” tekintve valójában dedukció, a tanár mintegy „prezentálja” az ismeretet, amit a gyerekek egy konkrét szituációban meg is vizsgálnak. Persze az induktív felfogásnak megfelelően a megfigyelés megelőzte az általánosabb ismeret, az „elmélet” megfogalmazását, de látszik a szövegből, hogy e megfigyelés és az elméleti általánosítás között képtelenség hidat verni. Itt valójában egy „szégyenlős dedukcióval” van dolgunk, s azért nagyon fontos, mert a valóságos pedagógiai folyamatokban nagy valószínűséggel ez történik az esetek döntő többségében. Hogy ez valóban így van, arra már a '60-as években *Kelemen László* figyelmeztetett empirikus vizsgálatokra épülő művében: „Az az «ideális modell», hogy a fogalomalkotás a szemlélettől a fogalomig néhány közismert művelet (analízis, szintézis, összehasonlítás, elvonás, általánosítás, stb.) segítségével az induktív sima útján halad előre, a valóságban ritkán figyelhető meg.” (*Kelemen*, 1963. 160. o.) – Véleményünk szerint soha nem figyelhető meg, de az ezzel kapcsolatos felfogásunkat egy következő tanulmányban szeretnénk részletesebben kifejteni. – Ha valakinek esetleg még kétségei lennének, hogy a *Kacsur István* által szerkesztett könyv valóban az induktív ismeretelsajátítás útjának szemléletére épül-e, álljon itt egy idézet a könyv egy későbbi fejezetéből: „A biológiai fogalmakat tehát úgy alakítjuk ki, hogy azok tartalmi jegyeit *induktív úton elemezzük*, nem pedig deduktíve közöljük”. (*Kacsur*, 1987. 140. o.)

Egy nemrég a *Pedagógus Szakma Megújítása Projekt* gondozásában megjelent, középiskolásoknak szánt, a természettudományos kutatások módszereit bemutatni kívánó könyv újabb példáját adta annak, hogy milyen mélyen gyökerezik az induktív-empirikus megközelítés a magyar pedagógiai gyakorlatban és gondolkodásban. Az egész tankönyv ennek a túlhaladott tudományelméleti modellnek a leírása, felvonultatva mindazokat a jellemzőket, amelyek meghatározzák ezt a gondolkodásmódot, s amelyeknek semmi közük nincs a valóságos tudományos kutatási folyamatokhoz (*Farkas és Varga*, 1993). Csak illusztrációként nézzük meg például, hogyan vélekednek a szerzők a tudományos kutatás folyamatáról: „E bonyolult folyamatban [a tudományos megismerésben – N.I.] első lépés a tények megállapítása – megfigyelés és kísérlet útján. A tények megállapítását követi a megfigyelt jelenségek leírása (a matematika segítségével), majd ezek alapján az elmélet felállítása, a régi és az új elmélet összevetése, s közben a szerzett új ismeretek gyakorlati ellenőrzése. A megismerés útja tehát a jelenségek közvetlen tanulmányozásától vezet a lényegükhöz, a belső, rejtett törvények megismeréséhez, miközben minden lépést a gyakorlat segítségével ellenőrizzük.” (*Farkas és Varga*, 1983. 69. o.) Ezt a szemléletet fejtik ki a továbbiakban részletesen a szerzők. Szimptomatikus, ahogyan az elméletek és a hipotézisek kapcsolatát leírják, pontosan visszaköszön a *Collette* és *Chiappetta* szerzőpárosnál már tapasztalt gondolkodásmód: „Minden elmélet átment a hipotézis fázisán, és csak az ellenőrzés után vált elméletté.” (*Farkas és Varga*, 1983.

84. o.) Ez nem más mint az *induktív hipotézis-fogalom és az induktív igazoláselmélet világos kifejezése*.

Az induktív-empirikus tudománymodell érvényesülését ismerhetjük fel a *felfedezéssel* kapcsolatos felfogásban és gyakorlatban. A felfedezéssel tanulás, mint csodaszerep kap szerepet egy ideje a természettudományos nevelés szakdidaktikai elemzése során. Felfedezéssel tanulás az a tanulási folyamatot értjük, amelyben a gyermek pusztán az empirikus tényekkel, a saját maga által elvégzett kísérletek eredményeivel szembeesülve, egy „jól megkomponált” tevékenységi folyamatban lényegében maga fedezi fel az összefüggéseket, alkotja meg a megfelelő fogalmakat, állítja fel az összefoglaló elméleteket. A felfedező tanulás (vagy felfedeztető tanítás) említése valószínűleg a legtöbb, természettudományos tantárgya(ka)t tanító tanárban rossz érzéseket kelt. Így érzik ugyanis, hogy itt valami nagyon modern, hatékony, s a tudomány valóságos menetének is megfelelő tanítási módról van szó, amit valami miatt ők maguk a gyakorlatban nem vagy csak nagyon nehezen tudnak produkálni. Mindenféle ideológia készen áll a sikertelenség megmagyarázására: nincs elég idő, nincs eszköz, túl nagy létszámú az osztály, stb. Pedig nem lenne szükség a magyarázatok keresésére, ha logikusan végiggondolnánk a felfedező tanulás követelményeit, s rájövnenek arra, hogy itt képtelenségekről van szó. Nem elég, hogy valami olyasmit akarunk a gyerekektől, amiről azt hisszük, hogy az a természettudósok tevékenysége, még ott is tévedünk, hogy valójában ez lenne a természettudósok tevékenysége. Mint láttuk a természettudósok nem az empirikus adatok, tények gyűjtögetésével alapozzák meg elméleti felismeréseiket, hiszen a folyamat pontosan fordított. *Miért várjuk el akkor a gyerekektől, hogy a valóságos tudomány működésével ellentétesen gondolkodjon, kitaláljon valami olyasmit, amit így nem is lehet kitalálni.* David Harris és Michael Taylor tanulmányában olvashatunk éles kritikát a felfedezéssel kapcsolatban, elemezve ebből a szempontból az Egyesült Államokban kidolgozott PSSC (Physical Sciences Study Committee) és az angol *Nuffield Physics tanterveket*, kimondva, hogy e programokban az induktív logika maximális megvalósítására törek-szenek, jóllehet következetes érvényesítésre egyik tanterv sem képes. Fontosak azok a kérdések, amelyeket a szerzők megfogalmaznak: „mit is jelent valójában a felfedezéssel tanulás az osztályteremben és az iskolai laboratóriumokban? Azt várjuk a gyerekektől, hogy a tudományos kutatók szerepét játsszák? Azt várjuk tőlük, hogy a kiskocsit a munkaasztalon rángatva önállóan kialakítsák a gyorsulás fogalmát? Vagy az iskolai oktatáson belüli felfedezést ahhoz a prózai értelmezéshez közelállóan értelmezzük, miszerint a gyermek újra megkonstruálja a maga számára *Newton* vagy *Boyle* kutatásait tanárának lépésről lépésre megszervezett irányítása mellett? Vajon a természettudomány az anyatermészetbe bezárva arra vár, hogy az iskolásgyermek rábámuljon és kiássa onnan?” (Harris és Taylor, 1983. 277. o.) Wynne Harlen írja le azt a szemléletes példát, hogy amikor a tanár arra kérte a gyerekeket, hogy két egyforma pohárba töltsenek azonos mennyiségű vizet, s tegyenek ebbe egy-egy különböző térfogatú kődarabot, majd arra szólította fel a tanulókat, hogy mondják meg, mi történt a kísérlet során, akkor a gyerekek sok mindent mondtak, hogy milyen színűek lettek a kövek, hogy milyen buborékok szálltak fel, csak éppen azt nem mondták, amit a tanár szeretett volna hallani, hogy tudniillik eltérő lett a két pohárban a vízszint (Harlen, 1986. 33. o.). Hétköznapi tapasztala-

latok is bizonyítják, hogy a szinte már „dogmatikus ihletésű” felfedezettve tanítás, vagyis a megelőző ismeretek figyelembevételét, a világos strukturáltságot nélkülöző, az alapvető motivációk hiányában kierőszakolt felfedezés vagy lehetetlen, vagy nem éri el vele a megfelelő hatást. A kérdve kifejtő módszer során sem felfedezettjük a gyerekekkel az összefüggéseket, s ugyanez a helyzet a munkatankönyvek, munkalapok lépésről lépésre megtervezett feladatsoraival is, hiszen egyrészt sugalljuk e módszerekkel a megoldásokat – sokszor még így sem jönnek be –, másrészt pedig nyilvánvaló, hogy ezen módszerek esetleges sikerében alapvető szerepet játszik az, hogy a gyerekeknek (az egyes gyerekeknek) milyen megelőző ismereteik, tapasztalataik voltak az adott témában, hogyan gondolkodtak arról. Vagyis a legtöbb esetben itt semmiféle felfedezésről nincs szó, „pusztán” a meglévő ismeretek mozgósításáról, rendezéséről, alapvető nyelvi elemek elsajátításáról (mindez egyébként nagyon sokat jelent és nagyon fontos). Vagyis ha mindenáron akarunk ilyen jelzőket a folyamatra aggatni, akkor itt sokkal inkább *dedukción* van szó.

Rendkívül érdekes kérdés az indukció-dedukció problematika szempontjából a *természettudományos modellek, a modellezés szerepe*. A modell szó többjelentésű. Jelent egyrészt mintát, követendő dolgot. Jelent tárgyi modellt, vagyis az eredetihez formájában, esetleg működésében is hasonló tárgyat, játékot. Jelent demonstrációs eszközt. Jelent elméleti konstrukciót, ekkor a modell szó valójában az elmélet vagy a paradigma szónak a szinonimája. Jelent valamilyen anyagi rendszert, amelynek néhány tulajdonsága, működése reprezentálhatja egy másik anyagi rendszer tulajdonságait, működését. S jelenthet a modell – tudományelméleti értelemben – elméleti leképezést, vagyis olyan összefüggésrendszert egy adott elméleti keretben, egy adott valóságszféra vizsgálatában, amely egy másik paradigma keretei között vizsgált jelenségek, rendszerek leírásának is jó mintája, elsősorban a matematikai megfelelések fontosak ebben az esetben. A természettudományos nevelésben használt modellfogalom valójában az itt felsorolt értelmezések közül néhánynak a keveréke. Amikor például az anyag részecskeszemléletével kapcsolatban anyagszerkezeti modellről beszélünk, akkor keveredik a modell elméletként való használata és az anyagi rendszerek hasonlóságát felhasználó modellfogalom. Ha elmondjuk, hogy az anyagot kicsiny, gömb alakú, állandóan mozgó, egymással kölcsönhatásban álló részecskék halmazaként fogjuk fel, akkor egy elméletet fejtettünk ki. A modell szót használva erre az elméletre, azt valójában az elmélet szinonimájaként kezeljük. Ha azonban azt mondjuk, hogy keverjük össze mákot és babot, s konstatáljuk, hogy a „keverék” térfogata nem egyenlő a mák és a bab eredeti térfogatainak összegével, hanem annál kisebb, akkor azt mondhatjuk, hogy két különböző anyag részecskéinek halmazát, mint anyagi rendszereket modelleztük a mákkal és a babbal, mint másik két anyagi rendszerrel. Így képzeljük, hogy ezek bizonyos tulajdonságai jól reprezentálják amazok megfelelő tulajdonságait, vagyis a modellkísérlet segítségével megfogalmazhatunk bizonyos hipotéziseket a valóságos részecske-rendszerek viselkedésére vonatkozóan. Például mondhatjuk azt, hogy részecskeelméletünk alapján várható, hogy egy deciliter víz és egy deciliter alkohol összekeverésével nem két dl keveréket kapunk, hanem kevesebbet. Mint látható a modell szerepe itt az, hogy segíti a deduktív hipotézisalkotást, olyan jelenségre hívja fel a figyelmet, ami esetleg különben nem jutna eszünkbe. A mo-

dellalkotás, a modellezés a modern természettudományos oktatási programokban gyakran használt kifejezés. Amennyiben az elmélet szinonimájaként használják – s ez gyakran előfordul – akkor kerülni kellene az ilyen megállapításokat: „néhány kísérlet eredményeire alapozva megfogalmazzuk modellünket”. Világos, hogy ez szintiszta indukciónak, csak az elmélet szót a modell szóra cseréltük ki. Ugyanakkor a modell szó bevezetésének és a modellezés, mint módszer terjedésének pozitív hatása is volt még a magyar természettudományos nevelésben is, tudniillik az, hogy egy modell felállítása után a modell „faggatása”, vagyis kritikus kísérletek elvégzése, valamint a modell állandó finomítása, javítása, esetleg teljes elvetése már jól reprezentálja a valódi tudományos kutatást. Kár, hogy a magyar természettudományos oktatói társadalom a modellezésnek ezt a módját soha nem tudta igazán elfogadni.

Vizsgáljuk meg milyen kép alakítható ki a ma Magyarországon fejlesztés alatt álló, vagy már bevezetett természettudományos tantervekről a bennük foglalt tudományképpel kapcsolatban. Hetven nemrég elkészült, vagy éppen még a kifejlesztés stádiumában lévő tantervet vizsgáltunk (nem csak a bennük foglalt tudományképpel összefüggésben, azonban e tanulmányban természetesen csak ezzel a kérdéssel foglalkozunk). A hetven tanterv többsége – az új tantervek közötti reprezentáltságuknak megfelelően – hat- illetve nyolcosztályos gimnáziumi program volt, nagyjából azonos arányban képviselték magukat biológia, fizika, földrajz és kémia tantervek, de ezeken kívül néhány komplexebb (elemi szintű integrált, környezeti, természetismeret jellegű, stb.) tanterv is szerepelt a mintában. A dokumentumokban megnyilvánuló tudományképpel kapcsolatban megvizsgáltuk, hogy vannak-e utalások a tantervekben arra, hogy a tanulás, a feldolgozás logikája milyen legyen (indukció-dedukció probléma). A következőket találtuk ezzel kapcsolatban:

- A legtöbb esetben olyan megfogalmazásban talákoztunk az indukció-dedukció kérdésével, amelyben hosszabb vagy rövidebb formában, de lényegében azt fejtették ki a tantervfejlesztők, hogy a természettudományok tanulása során a kísérletekből, a tapasztalatokból, megfigyelésekből indulunk ki, igyekszünk összefüggéseket keresni, általánosításokat fogalmazunk meg, absztrakció segítségével fogalmakat alkotunk, s elméleteket építünk fel. Ebbe a kategóriába tartozott 20 tanterv (28,6 %).
- Négy tantervben szerepelt a kísérlet alapvető, meghatározó szerepének a kimondása. Vitatható természetesen, hogy ez egyértelműen az induktív elsajátítási folyamatok dominanciáját jelenti-e, hiszen a deduktív logika szerint is fontos szerepük van a kísérleteknek. E négy tantervben azonban nem találtunk olyan momentumokat, amelyek a deduktív logika elfogadására utaltak volna, s az egyéb szövegrészek is egyértelműen a túlhaladott szemlélet jelenlétét valószínűsítették.
- Kifejezetten az elméletek igazolhatóságának szemléletét tükrözte két tanterv megfogalmazása.
- Szintén két tantervben szerepel a konkrétól az absztraktig vezető egyirányú út jelzése.

- A felfedezés fogalmat használja szintén egy tanterv (természetesen itt sem tiszta a kép, de a további szövegrészek alapján megint jó okunk van feltételezni, hogy az empirikus-induktív gondolkodásmóddal van dolgunk).
- Szintén egy tanterv fogalmazza meg az empiriából való kiindulás és az elméletek induktív felépítésének követelményét (az „induktív” szót nem használja).
- Egy tanterv írja le a modellezés azon változatát, amelynek szintén az empirikus-induktív megközelítés a lényege. Itt arról van szó, hogy a kiindulópont ismét az empiria, amelyből modelleket építünk fel, ezeket ellenőrzésnek vetjük alá, a modellel nem egyező eredmények alapján javítjuk a modellt, ezt megint ellenőrizzük, és így tovább. Bár ebben a képben már megjelenik a dedukció is, lényege mégis az indukciónak marad.
- Végül: van három olyan tanterv, amelyben legalább utalás van a dedukcióra, kifejezetten foglalkozik vele ebből kettő (egy csak megemlíti).

A fentiekben leírt kategóriák, pontosabban a bennük szereplő „tantervhalmazok” között van átfedés, igyekeztünk minden érdemleges, az indukción-dedukción problémát megjelenítő részletet figyelembe venni. Ha ezt az átfedést kiküszöböljük, akkor azt kapjuk, hogy 32 olyan tanterv van, amely foglalkozik valamilyen szinten, valamilyen megfogalmazással és részletességgel ezzel a kérdéssel. Ebből a 32-ből 29 esetben az empirikus-induktív szemléletnek megfelelő megfogalmazások szerepelnek. Kimondhatjuk tehát, hogy az új, a napjainkban meghatározó tantervfejlesztésekben is egy elavult tudomány szemlélet uralkodik, lényegében nem jelenik meg a korszerű tudományfelfogás.

A példákat, a problémákat a tantervekkel, a tankönyvekkel, a szakdidaktikai művekkel, s a konkrét pedagógiai gyakorlat legelterjedtebb elemeivel kapcsolatban szinte a végtelenségig sorolhatnánk. Fontosabbnak tartjuk azonban, hogy bemutassuk néhány olyan vizsgálat eredményeit, amelyek a pedagógusok illetve a gyerekek tudományfelfogását elemezték. Ezek a vizsgálatok arra a kérdésre próbálnak választ adni, hogy az iskolai természettudományos nevelés mint láttuk induktív-deduktív megközelítés szempontjából meglehetősen konfúzus helyzetében milyen álláspontot képviselnek a tanárok, illetve a gyerekekben milyen tudománykép alakul ki e bonyolult összhatás következtében. Bármennyire is ellentmondásos a kép (induktív „ideológia”, ugyanakkor a konkrét tanítási gyakorlatban nagyon sok deduktív elem), úgy tűnik mégiscsak az „ideológia” győzedelmeskedik, s az empirikus vizsgálatok többségének azt kell megállapítaniuk, hogy mind a gyakorló tanárok, mind a tanárképzésben éppen résztvevők, mind a gyerekek körében abszolút túlsúlya van az induktív-empirikus szemléletnek.

Victor Billeh és Muhammad Malik (1977) a pakisztáni tanárképzésben résztvevők tudományfelfogását vizsgálva mutatták ki az elavult tudományelméleti felfogás egyértelmű uralmát.

Peter Rubba és munkatársai (1981) az Egyesült Államokban két, tudományképpel kapcsolatos félreértelmezés jelenlétét vizsgálták középiskolások körében. A két félreértelmezés az „abszolút igazság» mítosza” és az „a törvények nem mások, mint kiérlelt elméletek» meséje” voltak. A kutatók nem jutottak egyértelmű eredményre, a gyerekek az állításokkal kapcsolatban általában neutrális válaszokat adtak egy kérdőív kérdéseire egy ötfokozatú skálán.

Duween és munkatársai (1993) Angliában azonban már egyértelmű képet tudtak kialakítani ehhez hasonló problémakörben, más vizsgálati technikával, interjúk segítségével, illetve egy tanítási modul kidolgozásával, tanításával, majd a változások felmérésével. A gyerekek számára a kísérlet nem más hétköznapi értelemben, mint egy gondolkodás nélküli cselekvés végeredménye. Az elmélet viszont bizonytalanság és feltételezés. A tanítási egység elvégzése után a tudományos elméletek gyakran azonosítják a tényekkel, illetve a korrekt kísérleti eredményekkel, előtte azonban úgy gondolják, hogy nincs kapcsolat a kísérletek és az elméletek között, a kísérleti eredmények előre nem láthatók, a tudósok nem tudják, hogy mi fog történni a kísérletben, mert akkor el sem végeznék azt. A tudomány fejlődése a gyerekek véleménye szerint teljes egészében a kísérleti technika fejlődésén múlik, régebben még nem tudhattunk meg valamit, mert nem volt megfelelő mérőeszközünk. A gyerekek úgy gondolják, hogy ha egyetlen váratlan kísérleti eredmény születik, akkor az egész elméletet megcáfoltuk. A kísérleti tanítás csak kis mértékben volt képes változtatni a gyerekek tudományfelfogásán.

Hasonló kérdésfelvetésekkel foglalkozott Kanadában *Allan Griffiths* és *Maurice Barry* (1993), akik kérdőíves módszerrel vizsgálták középiskolai tanulók tudományfelfogását. A következőket állapították meg a vizsgálat alapján: a tanulók kétharmada nem értette, hogy az elméleti rendszer determinálja a tudósok megfigyeléseit; a tudományt a gyerekek kumulatív folyamatnak tartják, ami fokozatosan halad az igazság felé; a törvények és a tények a bizonyosságot jelentik a gyerekek számára a tudományban, nem tűnik úgy, hogy ezek kísérleti jellegét elfogadnák; a gyerekek szerint a törvény az elméletek felett áll, az elméletek törvényekké válnak; nem látják továbbá, hogy az elméletek és a törvények egy teoretikus hálót alkotnak, csak egyes elemek közötti elkülönült kapcsolatokat látnak. Nagyon fontosnak tarthatjuk *Griffiths* és *Barry* végkövetkeztetését: véleményük szerint mindenekelőtt a tanároknak kellene megváltoztatniuk tudományfelfogásukat (*Griffiths* és *Barry*, 1993).

A *Glen Aikenhead* vezette csoport Kanadában, Saskatchewan tartományban, egy új természettudományos tanterv elterjesztése után vizsgálta a gyerekek attitűdjeit meglehetősen széles tematikus körben, többek között a tudományhoz való viszony, a tudománykép is vizsgálódásuk tárgya volt. Az elemzés egyértelműen kimutatta az induktív-empirikus megalapozottságot (*Aikenhead*, 1987).

Summers 1982-ben a hong-kongi egyetemen vizsgálta egyéni leírások kérésével a természettudományi szakos tanárjelöltek tudományképét, s a következő megállapításokra jutott: a leírásokban dominált a tudomány egyszerű ismerethalmazként történő jellemzése; a leggyakrabban használt melléknevek a logikus, szisztematikus, empirikus, de nagyon ritka az „elképzelt” vagy a „kreatív” szavak használata; a módszerekről is véleményt formáló leírások a tudományos kutatást induktív folyamatnak mutatták be, amelyben az elméleteket, a törvényeket logikusan lehet levezetni az elsődleges megfigyelésekből; a hallgatók nem említették egyetlen újabb tudományfilozófus nevét sem (*Summers*, 1982). *Summers* bemutatja az angol Természettudományi tanárképzési program (Science Teacher Education Project = STEP) azon részét, amely vállalja a tanárjelöltek tudományelméleti felkészítését. Az itt szereplő öt modul a következő:

- „A tudomány definíciója” – a hallgatók leírásokat adnak, majd a csoport tagjai összehasonlításokat végeznek.
- „A tudományos gondolkodás folyamata a tantervekben” – a hallgatók létező tantervek e témával kapcsolatos jellegzetességeit vizsgálják.
- „Lehet-e egy tudományos cikk csalás?” – egy ugyanilyen című tanulmány elemzése.
- „Atomok bent, démonok kint, miért?” – egy tutor egy egyszerű jelenséget a démonológia kifejezéseit használva magyaráz, amit csoportvita követ.
- „A természettudomány helye az iskolai kurrikulumban” – a hallgatók a tudás különböző formáival ismerkednek.

A természettudományos nevelés feladatai egy korszerű tudománykép formálásában

A természettudományos nevelés feladatai a helyes, vagy legalábbis a korszerű ismereteinknek megfelelő tudománykép kialakításában – ez a fentiekből reméljük kiderült – jelentősek. Egy egész szemléleti alapot kell megváltoztatni, a pedagógusoknak meg kell ismerkedni az új tudományelméleti elképzelésekkel, át kell gondolni újra a szakdidaktikában közvetített ismereteket és gondolkodásmódot, olyan oktatási programokat kell kidolgozni és tanítani, amelyek figyelembe veszik az ezen a téren bekövetkezett változásokat. A tudmányszemléleti váltás legnagyobb kihívása azonban a módszertan területén jelentkezik. Milyen módszerekkel tanítson a tanár ahhoz, hogy magából az elsajátítási folyamatból a korszerű tudománykép bontakozzon ki a gyerek számára? Hogyan érvényesíthető a tudomány alapvetően deduktív logikája? Vajon a gondolkodás, a problémamegoldás, vagyis a gyermeki kognitív működések szintjén hogyan jelentkeznek ezek a problémák? Nincs-e szükség arra, hogy az induktív-deduktív logikákkal kapcsolatos felismerések tükrében levonjunk bizonyos, tanulásra vonatkozó konzekvenciákat? Szükség van-e új tanuláselméletre? Ezek a kérdések azonban már nagyon szorosan összekapcsolódnak a tanulás kérdésével, az ismeretelsajátítás tanulói lezajló folyamataival, s ebben a tanulmányban e témára nem kívánunk kitérni (ez az önkorlátozás meglehetősen nehéz feladat, hiszen a tudományelméleti relevancia érvényesítése és a tanulási folyamatok korszerű értelmezéseinek, a kognitív pszichológia elvárásainak megfelelő tanítás kérdésköre nagyon szorosan összekapcsolódnak).

Maradjunk azonban szorosabban vett témánknál, a tudományelméleti relevancia kérdésénél, s vizsgáljuk meg kissé részletesebben, milyen feladatok fogalmazhatók meg e tekintetben. *A tudományelméleti konzekvenciákat következetesen be kell építeni a kurrikulumokba.* A tudományfejlődés alapvetően deduktív meghatározottsága, az elméletek és az empiria kapcsolata korszerű értelmezései szerint kell kialakítani a tananyag elrendezését, a gyermeki tevékenységek rendszerét. Ez alapvetően a gyerekek által tanulható, mégis *minél általánosabb, magasabb rendű elvek, összefüggések, elméletek* tanítását helyezi az előtérbe. Ezzel tulajdonképpen megerősítjük sokak természettudo-

mányos tantervek fejlesztésével kapcsolatban vallott felfogását, vagyis azt, hogy a modern természettudományos szemlélet elsősorban az átfogóbb ismeretrendszerek, fogalmak, törvények, összefüggések, elméletek megtanulását igényli. Tudjuk ugyanakkor, hogy kifejezetten szembenállunk mások nézeteivel, azokkal a nézetekkel, amelyek az átfogóbb ismeretek elsajátítását az elméletieskedéssel azonosítják – sokszor jogosan, s talán még többször jogtalanul. Az is igaz természetesen, hogy csakis a már megérett, a gyerekek által valóban befogadható általános ismeretek elsajátítása lehetséges, s világos, hogy ezen a téren még nagyon keveset tudunk a gyermeki gondolkodás fejlődéséről.

A kurrikulum-fejlesztés során a világgépi jelentőségű elemekre nagyobb hangsúlyt kell helyezni. Ezek az elemek, egymásba való átalakulásaik lehetnének a kurrikulum fontos szervező elemei. Az átfogó világgépi jelentőségű műveltségi elemek biztosíthatnak egy olyan háttértudást, amely kedvezhet a deduktív gondolkodási folyamatoknak, rendet teremt az egyébként szétszóródó ismeretek halmazában.

A tanításban következetesebben kellene megvalósítani az ismeretsajátítás deduktív módzatait. A problémák felvetése után ismertessük meg a gyerekekkel az elméletet, vagy ha úgy tetszik a modellt, s válják világossá a gyerekek számára, hogy ami ezután következik – megfigyelések, kísérletek, mérések, fogalomalkotások, a részletek megismerése – az mind az elmélet által meghatározott, valójában a természet faggatásával együtt az elmélet „teherbíróképességét” is próbára tesszük. Amikor pedig olyan ismeretek birtokába jutunk, amelyek nem férnek össze az elmélettel, akkor ez az ellentmondás válják világossá a gyerekek számára, érezzék át ők is azt, vagy valami ahhoz hasonló, amit a tudományos kutatók közössége egy-egy paradigmaváltás idején megtapasztal. Él-hessék át a tanulók, hogy milyen is a természettudományos kutatás, milyen egy természettudós munkája (e tanulmány keretei között nem kívánunk azzal a kérdéssel foglalkozni, hogy a modern természettudományos oktatás keretei között nem csak ezt kellene átélniük). A tanulói szerep részben legyen a „tanuló mint tudós” szerepe, ahogy az angol nyelvű szakirodalomban is gyakran szerepel: „pupil as scientist”. De ez a szerep hasonlítson a valódi tudósi szerephez, s ne valamilyen kitalált, a valóságban nem létező tudósi tevékenységet mintázzon.

A felfedeztetéses tanítás szélsőséges, empirikus-induktív szemléletre épülő felfogását száműzni kellene a kurrikulum-fejlesztés folyamatából is. Le kell mondani arról, hogy a gyerekek valaha is képesek lesznek induktív úton végrehajtott felfedezésekre. Ez logikai és pedagógiai képtelenség, nem beszélve arról, hogy a valóságos tudomány sem így működik. Fel kell hagyni a „végezzünk el néhány megfigyelést és kísérletet, majd meglátjátok milyen érdekes dolog sül ki belőle” didaktikájával, mert – hacsak a pedagógus nem sugallja a következtetéseket – ténylegesen semmi sem sül ki az ilyen tanításból. Ne csapjuk be magunkat: ha néhány gyerek az ilyen tanításra pozitívan reagál, vagyis „rájön” arra, amit a pedagógus felfedeztetni szeretne, akkor az mindig, vagy legalábbis az esetek döntő többségében erősen az előzetes tudás által determinált. Minden ilyen esetben óriási a veszélye annak, hogy *azt a bizonyos előzetes tudást nem birtokló gyerekek lemaradnak, sikertelennek nyilvánítatnak, és sikertelennek nyilvánítják magukat.*

Nagyobb figyelmet kellene fordítani a tudománytörténet tanítására. Nem az események, a felfedezések, a tudósok nevének és adatainak a megismerése a fontos, hanem a

