

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NEVELÉS GYAKORLATI PROBLÉMÁI

Radnóti Katalin és Wagner Éva

ELTE TFK Fizika Tanszék, Deák Diák Iskola, Budapest

Jelen tanulmányban elsősorban eredeti végzettségünknek megfelelően a fizika és a kémia oktatása területén mutatkozó – kedvezőnek nem nevezhető – jelenségekkel kívánunk foglalkozni. A különböző hazai felmérések szerint sajnos ez az a két tantárgy, melyet a diákok általában legkevésbé szeretnek, és ezek a természettudományos nevelés legproblematikusabbnak mutatkozó területei (*Csapó, 1998; Józsa, Lencsés és Papp, 1996*).

Írásunkban olyan kérdésekre keressük a választ, illetve olyan kérdéseket teszünk fel, amelyek minket – akik naponta gyerekek elé állunk – foglalkoztatnak. Ezek a kérdések szerteágazóak, mint ahogyan a természettudományos nevelés is az. Olyan problémákat vetünk fel, melyek közül több is alapos, tudományos igényű vizsgálódásra érdemes. Bemutatunk egy – a problémák hatékony kezelésének érdekében kialakított tanítási stratégiát. E stratégia kidolgozása során empirikus vizsgálatokat is végeztünk. Ezek felvételének célja az adott iskola diákjai előzetes tudásának felmérése volt, ezért eredményeink – noha érdekesek – nem általánosíthatóak. Írásunk központi céljai a következők: a *problémák csokorba szedése, hipotézisek megfogalmazása, valamint kutatásra alkalmas kérdések felvetése.*

A középiskolás gyerekek jelentős része – beleértve már az első osztályosokat is – nem szereti a fizika és a kémia tantárgyakat. Nem kellemes tapasztalat látni, miként dekorálják ki könyveiket, ügyesen alkotva meg a „Kémia” szóból a „Rémtan” kifejezést.

Kémiából a kilencedik évfolyamon a régebbi, és számos jelenlegi tanterv alapján is, már az első órákon meg kellene érteniük a diákoknak a kvantummechanikai atommodell. Szorgalmasan próbálkoznak is a kvantumszámok megtanulásával, a munkafüzet számos, ezzel kapcsolatos feladataiban szereplő üres helyek kitöltésével. Fizikából is hasonló a helyzet. A newtoni fizika alapelemeit a legtöbben valószínűleg soha nem értik meg, de a tanár kedvéért (no és a jó osztályzatokért), sok-sok tankönyvi mondatot megtanulnak, sőt, néhányan a mintafeladatok alapján még számolásos feladatokat is képesek megoldani. A legtöbb osztályban akad néhány érdeklődő, felvételre vagy tanulmányi versenyre készülő gyerek. Sokak szerint – ha ezt nem is mondják ki nyíltan – csak nekik érdemes tanítani. Mi azonban azt gondoljuk, hogy nem engedhetjük meg magunknak azt a luxust, hogy több éven keresztül kizárólag e néhány gyerek igényei szerint tanítsunk. *Feltesszük a kérdést megkapják-e valójában a diákok – a túlzottan diszciplínaorientált tananyag tanulása közben – azt a természettudományos tudást, amely szükséges a mai, bonyolult világban való eligazodáshoz? Lehet-e úgy tanítani ezeket a tantárgyakat, hogy*

az iskolázás eredményeképpen minden diák rendelkezzen olyan természettudományos műveltséggel, amely segít majd nekik eligazodni a mindennapi életükben?

Az utóbbi években egyre több tanulmány foglalkozik azzal a problémakörrel, miszerint a tanulók előzetes tudása meghatározó jelentőségű a tanulás eredményessége szempontjából. A témával kapcsolatban *Nahalka István* (1997a, 1997b, 1997c) tett közzé elemző, magyar nyelvű összefoglalót a folyamatban lévő nemzetközi kutatásokról néhány saját vizsgálattal kiegészítve. Tanulói tévképzetek témakörével kapcsolatban végzett vizsgálatokat *Korom Erzsébet és Csapó Benő* (1997) is. *Seta Oblak* (1997) a kora gyermekkori előismeretek szerepére hívja fel a figyelmet. Több japán tanár és kutató (*Kawakatsu, 1997; Norio, 1997; Norio, 1997*) a középiskolás korosztály körében tartja fontosnak az előzetes tudás szerepét. Kiemelik, hogy mennyire fontos az ismeretszerzés folyamatában a témával kapcsolatos elképzelések verbalizálása, hipotézisek megalkotása, és a megfelelő kontextusba helyezés.

A természetet, mint egységes egészet szemlélő emberek hiányára *Vida Gábor* mutat rá meglehetősen szkeptikus soraiban: „Az egész nem azonos a részek összességével.” Hiányolja az olyan karmestereket, akik képesek az összehangolásra. „Jó példa erre a környezetvédelem kakófóniája, melynek kiváló szakspecialistái vannak, mégis baj van, ha egy komplex környezeti probléma, például Bős-Nagymaros ügy megoldásáról van szó.” (*Vida, 1998. 19. o.*)

A természettudományos nevelés megújulásának lehetőségét a hazai és a nemzetközi elemzések, kutatási eredmények, és nem utolsósorban *saját tapasztalataink* alapján, a következőkben látjuk:

- 1) A gyermeki előismeretek, a *gyermektudomány* elemeinek minél szélesebb körű figyelembe vétele a tanulási folyamat megtervezésekor.
- 2) Az új ismeretek feldolgozásakor minden esetben a diákok életének valóságos viszonyaihoz köthető *kontextusba* kell helyezni a jelenségeket. Ehhez szükségesnek tartjuk, hogy a környezeti problémák mellett történeti elemek is megjelenjenek.
- 3) A gyerekek megfelelően választott *kísérletek* alapján történő tapasztalatszerzésének megszervezése – az elmélet irányító szerepének figyelembe vétele mellett.
- 4) Mivel az *egyéni tudás megkonstruálása társas folyamatokban zajlik*, ezért a gyermekek tanulási folyamatának megtervezésekor szükségesnek tartjuk a különböző jellegű kollektív munkaformák alkalmazását is.
- 5) Annak érdekében, hogy a diákok *a természetet egységes egészként* tudják felfogni, s így az iskolában megszerzett tudásuk hatékony segítség legyen felnőttkori döntéseikben, és mindennapi életükben, szükséges a természettudományos tantárgyakban szereplő ismeretanyag összehangolása, valamint közös szaknyelv alkalmazása a tanítási folyamat során.

A felsorolás természetesen nem fontossági sorrendet jelöl, azt minden esetben az adott szituáció dönti el. Véleményünk szerint azonban, ezek azok a főbb területek, amelyek napjaink természettudományos nevelési gyakorlatában hiányosságként jelennek meg. Az első ponttal foglalkozunk kicsit részletesebben tanulmányunkban, a többinél csak érintőlegesen villantunk fel egy-egy jellegzetességet.

A gyermektudomány elemei és a tanítási gyakorlat

Munkánk elméleti hátterét a *konstruktív pedagógia* adja. Vizsgálataink szempontjából ennek legfontosabb jellemzői a következő képpen foglalhatók össze:

- 1) A tudást a tanuló aktívan létrehozza, s nem csak passzívan elfogadja.
- 2) A tanulók az új tudományos ismeretet a saját tudásra reflektálva, s abba integrálva hozzák létre.
- 3) Az egyének tanulási folyamataiban a világ egyéni interpretációi születnek meg, amelyek „jóságát” adaptivitásuk dönti el.
- 4) A tanulás gyakran társas folyamatokban zajló egyéni konstrukciós folyamat, melyben a gondolatok megmagyarázása és megvitatása döntő jelentőségű.
- 5) A tanulók osztályterembe magukkal hozzák világról alkotott saját elképzeléseiket, s meg kell kapniuk minden lehetőséget azok kifejezésére.

Az elmúlt években egyre több publikáció hívta fel a szakemberek figyelmét a gyermeki előismeretek óriási szerepére a tanulási folyamat megtervezésében. Előzetes ismereteken nem az előző órákon tanított tananyagot kell érteni, hanem azokat a bizonyos mértékig naiv „elméleteket”, amelyek a gyermekekben az őket körülvevő világ hatására alakul ki. Ez *gyermektudománynak* is nevezhető, hiszen „működése” szempontjából nagy hasonlatosságot mutat a tudománnyal. Sőt, a gyermektudomány elemei – a legtöbb esetben – zavarba ejtően azonosak a tudomány története során létezett elméletekkel (*Nahalka, 1997b*). *Jerry Fodor* még ennél is tovább megy, amikor tanulmányának lábjegyzetében a következőket írja: „...a magasabb kognitív folyamatok figyelemre méltóan hasonlítanak a tudományos felfedezés folyamataihoz – valójában az utóbbi igen nyilvánvalóan nem más, mint az előbbi.” (1996. 125. o.) *Fényes Imre* szerint az emberré válás folyamata is hasonló ahhoz, „ahogyan a gyermek és a mindennapi életét élő ember ismerkedik a világgal” (1980. 5. o.).

A *Khun* nevéhez köthető ismeretelmélet a tudomány fejlődését normál és forradalmi szakaszok váltakozásaként látja. „A *normál tudomány* – az a tevékenység, amellyel a legtöbb tudós szinte minden idejét eltölti – arra a feltevésre épül, hogy a tudományos közösség tudja, milyen a világ. A közösség vállalkozásának sikere nagyrészt azon múlik, hogy hajlandó-e megvédeni ezt a feltevést, akár komoly áron is. A normál tudomány például gyakran nem enged lényeges, új felismeréseket érvényesülni, mivel ezek szükségképpen akadályozzák alapvető elkötelezettségei teljesítését. Ha viszont ezek az elkötelezettségek önkényes mozzanatot is tartalmaznak, akkor a normál kutatás lényegéből következik, hogy az új felismerés túlon túl sokáig nem fojtható el. Néha egy normál probléma makacsul ellenáll azoknak a támadásoknak is, amelyeket a megfelelő szakterület legképzettebb kutatói intéznek ellene, pedig ismert szabályok és eljárások segítségével megoldhatónak kellene lennie. Máskor egy normál kutatásra szánt és szerkesztett berendezés nem a várt módon viselkedik, olyan anomáliát tár föl, amely ismételt próbálkozások után sem egyeztethető össze a szakmai várakozásokkal. A normál tudomány újra meg újra utat téveszt így, vagy másképp. Amikor pedig ez bekövetkezik – azaz amikor a szakmabeliek már nem hagyhatják figyelmen kívül a tudományos gyakorlat meglévő hagyományát felbomlasztó *anomáliákat* –, akkor rendkívüli kutatások kezdődnek, amelyek végül új kötelezettségek vállalására, a tudományos kutatás új alapjának kidol-

gozására készítetik a szakmabelieket. A szakmai elkötelezettségek ilyen változásai rendkívüli események; ezeket nevezzük ebben a munkában *tudományos forradalmaknak*.” (1984. 23. o.)

A tudomány történetét tanulmányozva bőséggel találhatunk példákat forradalmi változásokra. Ezek azonban nem néhány nap alatt végbement változások. A newtoni dinamika megalkotásához vezető hosszú utat *Arthur Koestler* (1956/1996), magyar származású író mutatja be az „Alvajárók” című nagy sikerű művében. Különösen izgalmas mind pszichológiai, mind filozófiai és ismeretelméleti szempontból az a folyamat, ahogyan *Kepler* a róla elnevezett törvényekre „rátalál”. A szerző csokorba szedi azokat – a középkorban uralkodó – elképzeléseket, amelyekből fokozatosan *Kepler* felismeri a napjainkban már oly természetességgel tanított összefüggéseket. A műben többször utal a gyermeki világvéleményekre is, bár valójában nem ez a célja. Érdekes néhány gondolatot idéznünk: „Amikor megkísérlem úgy látni a világmindenséget, ahogy a babiloniak láthatták mintegy ötezer évvel ezelőtt, vissza kell nyúlnom saját gyermekkoromig.” (*Koestler*, 1956/1998. 23. o.) Hasonlóan elmondhatók a dinamikával kapcsolatos előzetes elképzelésekről is: „... a gyermek, akinek világa sokkal közelebb áll a primitív látásmódhoz, mint a felnőtt ember világszemlélete, makacsul arisztotelianus...” (*Koestler*, 1956/1998. 142. o.).

Az előbbi szempontok szerint kiválóan elemzi *Galilei* munkásságát *Vekérdi László* (1997). A szerző szerint *Galilei* „kognitív kopernikánizmusa” minden felfedezésében tettenérhető, vagyis minden általa feltárt új jelenséget az elfogadott kopernikuszi világvélemény bizonyítékként lát és értékeli – ebben a paradigmarendszerben gondolkodik. Fizikatörténeti elemzésekkel, valamint a legfontosabb fogalmak kialakulásának lépéseivel találkozhatnak *Barrow* (1994), *Bernal* (1977) és *Simonyi Károly* (1978) könyveiben. *Fényes Imre* 1980-ban megjelent posztumusz műve különösen fontos számunkra. Eben kifejezetten evolúciós szemléletben tárgyalta a fizikai fogalmak alakulását, rámutatva arra, hogy azok kezdetben milyen jellegű differenciálatlan képzetek formájában voltak jelen az emberi gondolkodásban, például: a differenciálatlan hőállapot fogalmának szétválasztása hő(mennyiség)re és hőmérsékletre. Rámutat továbbá a köznapi ember tudatában lévő erő fogalom különböző jelentéseire – impulzus, erő, energia, munka és teljesítmény.

A környező világ valamilyen mértékű, megértéséhez rendszerező elveket, elméleteket alakít ki a gyerek magában. Az információs társadalom kialakulása és fejlődése, valamint az információrobbanás következményeként olyan, a hétköznapi világtól távol álló, tradicionálisan a tudományos vizsgálódás témakörébe tartozó fogalmakról is elméleteket alkotnak, mint például az energetika, az éghajlat, az evolúció, az Univerzum stb. Gondoljuk csak végig, hogy már az iskoláskor kezdete előtt mi mindent néz meg egy gyerek a TV-ben, mennyi információt igényelnek (és közölnek) pusztán a gyermekek körében legkedveltebb reklámok! A gyerekek többsége már 5–6 évesen arra „kényszerül”, hogy olyan elméleteket, világmagyarázatokat alkosson, amelyeket az iskola a tudomány privilégiumainak tart. Ismét *Fényes Imrét* idézve „...az adott tapasztalatok összessége sohasem áll meg önmagában, hanem igyekszik elméletté, illetőleg elméletekké kiegészülni: az elmélet születése nem akadályozható meg.” (1980. 6. o.)

A gyerekek megalkotják maguk világmagyarázatait, és így túlnyomó többségük eredményesen értelmezi a körülötte lévő világ jelenségeit. Ezen elméletek hiányában, a gye-

rekek egyre kevésbé lennének képesek a hétköznapi elvárásainak megfelelni, a legegyszerűbb kérdésekre válaszolni. Például: miért kell vitamint szedni, mi az a szennyezett levegő, mitől gazdaságos egy háztartás, miért lebegnek az űrhajósok a TV-ben látható filmriportban, és így tovább. A gyerekek egy része meg is tudja fogalmazni – igaz sajátos kommunikációs eszközökkel – ezeket az elméleteket, míg mások csak alkalmazzák azokat a hétköznapi során adódó jelenségek magyarázatára, esetleg történések előrejelzésére. Ez a tevékenység lényegében analóg a tudományos tevékenységgel.

Azonosak-e ezek a világmagyarázatok, elméletek a tudomány által alkotott elképzelésekkel? Nyilvánvalóan nem! A kisgyerekek világmagyarázataiban gyakran fantasztikus elemek, mesei vonások találhatók, elcsipett, félig megértett tudományos, esetenként áltudományos információkkal keveredve.

Ez a helyzet (nehezítve a szocializáció és a kommunikáció különböző problémáival), amikor a gyerekek iskolába lépnek. A tanítási folyamat tervezésekor, a tananyag összeállításakor meg sem kíséreljük azt, hogy erről a helyzetről tudomást vegyünk! Tanterveink, – legalábbis a természettudományos programok többsége –, akár a századfordulón is készülhetett volna (kiemelve belőlük azoknak a tudományos elméleteknek az interpretációit, amelyek azóta születtek). Nem tudjuk milyen talajra építkezünk, az esetek többségében fogalmunk sincs arról, hogy amit mi világosan, szakmailag korrekten megfogalmazunk, valójában mit is jelent a gyerekek számára? Hogyan értelmezi szavainkat, szak kifejezéseinket az iskolások többsége! A néhány jelesre felelő valószínűleg hasonlóképpen, ahogyan mi azt elvárjuk. De mi van a többiekkel?

Számos problémát okozunk, ha a tanításban figyelmen kívül hagyjuk a gyermektudomány elemeit. A gyerekek egy része ugyanazokat a tényeket, jelenségeket teljesen más-képpen magyarázza, mint a jelenleg elfogadott tudományos elmélet. Ha nem ismerjük meg, és vesszük figyelembe a gyerekek előzetes alternatív elképzeléseit, megerősíthetjük egy téves elképzelérendszer elemeit, ami a gyerekek észlelését is megváltoztatja. Ennek következményeként nemcsak iskolai tanulmányaikban érhetik kudarcok, de felnőtt életük során is könnyen manipulálhatókká válhatnak.

A következő, személyes tapasztalatból származó példa jól mutatja, hogyan alakul a gyerekek észlelése, amikor már megerősödött egy elméletük. Az eset egy fővárosi általános iskola egyébként teljesen átlagos nyolcadik osztályában történt, abban az időszakban, amikorra már a gyerekek befejezték a mozgások témakörének feldolgozását. A tanár a következő kérdést tette fel a gyerekeknek: Mit gondoltok, ha azonos méretű vas- és üveggolyót egyforma magasról leejtünk, melyik fog hamarabb földet érni? A gyerekek túlnyomó többsége azt válaszolta, hogy a vasgolyó, mert az a nehezebb. Voltak néhányan, akik azt mondták, hogy az üveggolyó, mert az a könnyebb; mindössze egy tanuló állította azt, hogy a golyók egyszerre érnek majd talajt. A kísérletet többször is elvégezték, de a gyerekek mindig előzetes várakozásaik megfelelően értékelték. Tehát, aki azt várta, hogy a vasgolyó ér hamarabb földet, az azt is látta hamarabb leesni, és így tovább. A tanár nem nyugodott bele ebbe az eredménybe és arra kérte a gyerekeket, hogy hajtsák le a fejüket a padra, csukják be a szemüket, és arra koncentrálnak hány koppanást hallanak. A kísérletet többször elvégezték, az eredmény ismét ugyanaz, az osztály tanulói egy kivétellel két koppanást hallottak. Az utolsó alkalommal a tanár csak egy golyót ejtett el. A gyerekek csukott szemmel, padra hajtott fejjel kórusban kiáltották, hogy most is

két koppanást hallottak. Sajnos nem sikerült videóra venni az arcukon tükröződő döbbenetet, ahogyan felnézve látták, hogy a tanár kezében ott van a másik golyó, tehát semmiképpen nem lehetett kettő, csak egy koppanás.

Természetesen vitatható, hogy szükséges-e ezt a bonyolult kérdést nyolcadik osztályban feltenni. A tapasztalat azonban mindenképpen tanulságos, különösen akkor, ha azt is hozzátesszük, hogy ugyanaznap ugyanannak az iskolának egy ötödik osztályában megismételve a kísérletet, (ahol a gyerekek előzetes várakozása nagyjából ugyanaz volt, mint a nyolcadik osztályban) az első alkalommal kórusban kiabálták a gyerekek, hogy a golyók egyszerre értek le!

Miért fontos számunkra ez a példa? Ékes bizonyítéka annak, hogy ha a tanítás során figyelmen kívül hagyjuk a gyermektudomány elemeit (a mozgások leírására használt arisztotelészi kép) *olyan mértékben erősíthetjük meg egy az éppen kialakítani kívánttól eltérő elmélet elemeit*, hogy a gyerekek nemcsak a jelenségek magyarázatára használják korábbi elképzeléseiket, hanem az olyan erőssé válik, hogy az *észlelésüket is meghamisítja!*

A gyerekek egy része már eleve elutasítja a tudományos elméleteket, mert azok bonyolultak, megértésük nagy erőfeszítést követel és ráadásul legtöbbször csekély eredménnyel kecsegtet (egy unalmas szövegű példa megoldása). A gyerekek egy másik – igen jelentős – része a „felszínen” elsajátítja ugyan a tudományos elmélet iskolai részeit, de jelentős része sohasem válik a sajátjává, soha nem fogja a köznapi életben felmerülő problémák, helyzetek megoldására felhasználni (energetika körüli problémák, viszony az atomenergiához stb.). Ezeknek a gyerekeknek a fejében kialakul egy iskolai tudás, amit csak az iskolában használnak, és egy praktikus tudás, amivel az élet dolgaiban döntenek. A hétköznapi tudásban nagy szerepet kaphat az áltudomány, ami lehetővé teszi az állampolgárok manipulációját.

Kérdések, vizsgálatok, hipotézisek

Munkánk során azt vizsgáltuk (és vizsgáljuk), hogy miként történik a fizika és a kémia alapvető fogalmainak alakulása, szükséges kognitív struktúrák kiépülése kisiskolás korban, 5–6. évfolyamon, majd a későbbi évek során.

A fizikatanulás kezdetei – fogalmak, amelyek nem differenciálódnak

A korábbiakban már utaltunk *Fényes Imre* (1980) munkásságára, aki a köznapi ember differenciálatlan képzetait tette elemzése tárgyává – melyekből végül a fizika alapfogalmai kialakultak. A továbbiakban ennek oktatási vetületeit vizsgáljuk.

Amikor a hatodikos gyerek életében először beül egy fizika órára, már valószínűleg eldöntött, jól szerepel-e ebből a tárgyból, avagy sem! Ez az állítás elég súlyos ahhoz, hogy sokakban ellenérzést keltsen, itt nem pusztán az iskolai eredményességet nagymértékben meghatározó családi háttérről van szó! Sőt éppen ennek a tényezőnek köszönhetően elengedhetetlen követelmény az alapfogalmak kialakítása és tisztázása! Már jóval az iskoláskor előtt megkezdődik a legalapvetőbb mennyiségekkel való ismerkedés, majd szervezett formában – tanítási órákon – folyik az általános iskola korábbi évfo-

lyamain. A gyerekeknek már van tömegfogalmuk – igaz, ebben az életkorban még a súly fogalmával azonos. Van térfogat fogalmuk, amely szintén keveredik a tömeg/súly fogalom-együttessel – bár ebben az esetben már a differenciálódás kezdetei is megfigyelhetők. Tapasztalataink szerint van egy ezektől függetlenül kialakított űrmérték képük is, amely sokukban a váltószámok megtanulásának gyötrelmes képét idézi fel. Rendelkeznek továbbá egy intuitív sűrűség-fogalommal, hiszen sokszor emeltek föl különböző anyagú és méretű tárgyakat; habszivacs labdákat, tollal töltött párnát, vizesvödröt, fadarabokat... Az intuitív sűrűség-fogalomba sokuknál „bezavar” a viszkozitás, hiszen a sűrűre főzött puding, vagy a háztartásban használt olaj minden gyerek tapasztalati világában megtalálható. Az említett négy mennyiség a gyerekek jelentős részében olyan halmazokat alkot, amelyeknek igen nagy a közös részük, sőt számos mennyiséget teljesen azonosnak vélnék. Minden fizikatanár számára nyilvánvaló, hogy a tömeg és a súly fogalmának differenciálása hosszú tanulási folyamat eredményeként érhető csak el, de vajon a tömeg és térfogat fogalmak nagymértékű differenciálatlansága hány gyerekek és tanárnak okoz kudarcokat a fizikatanulás során?

Egy tanítási stratégia körvonalai

Manapság már köztudott, hogy a természettudományos tárgyak tanításával problémák vannak. Nyilván minden természettudományos tárgyat tanító tanár törekszik munkája minél eredményesebbé tételére. Mi magunk is ezt szeretnénk elérni. A következőkben bemutatjuk annak a tanítási stratégiának a körvonalait, amelyet néhány fővárosi iskolában szerzett tapasztalataink alapján, és az előbbiekből ismertetett elmélet biztosította háttérrel alakítottunk ki. Munkánk részeként érdekes empirikus eredmények is születtek, de ezek, mivel nem reprezentatív mintával dolgoztunk, nem általánosíthatók.

A stratégia három fő részből áll. Az első szakaszban, a fizikatanítás kezdetén a gyerekek diagnosztikus tesztet írnak, amelyben megvizsgáljuk, milyen előzetes tudással indulnak a tanulásban. Ezt a tesztet négy fővárosi iskola – Fővárosi Kísérleti Általános Iskola, Deák Diák Iskola, Budapesti Lisznyai úti Általános Iskola és Váci Mihály Általános Iskola – hatodik osztályaiban vettük föl.

Mivel a dolgozatnak a gyerekek számára természetszerűleg nincsen tétje nem kap osztályzatot, minden kérdésre őszintén és részletesen válaszolnak. A teszt kérdéseinek összeállítása során figyelembe vettük a szakirodalomban ismertetett kérdéseket (pl. Földkép, *Nahalka*, 1997b). Arra a fogalom-differenciálódási folyamatra támaszkodtunk, amelyet *Fényes Imre* (1980) mutat be a „Fizika eredete” című könyvében, valamint felhasználtuk saját korábbi tapasztalatainkat is. A következő részben egy olyan fogalom-kör tanításának tapasztalatain keresztül mutatjuk be elképzeléseinket, amelyek a fizika tanítása során a kezdeteket jelentik a legtöbb esetben. Ezek a fogalmak a tömeg, térfogat és a sűrűség.

A kitöltendő teszt kérdései között szerepel legalább egy tömeg-térfogat fogalom együttes alakulásáról érdeklődő kérdés. Leggyakrabban „Mi a nehezebb, 1 kg toll, vagy 1 kg kő?” 111 hatodik osztályos 53%-a, az 1 kg kő nehezebb alternatívát választja.

A következő szakaszban a teszt megírása során felmerült legfontosabb problémákat beszéljük meg a gyerekekkel, ekkor kerül sor az előző kérdés megvitatására is. A követ-

kezőkben ismertetett eredmények az órákon megfigyelőként résztvevő negyed éves főiskolás fizika szakos hallgatók jegyzetei alapján készültek. A tesztben helyesen válaszoló gyerekek a következőképpen magyaráznak a többieknek: „Hát nem vettétek észre a kérdésben 1 kg toll és ugyanannyi, vagyis pontosan 1 kg kő szerepel! Ezek természetesen egyforma nehezek!” Az ellentábort nem győzi meg ez az érvelés (a feladatot ők is elolvasták) és a következőképpen válaszolnak: „De hát hogyan lehetnének egyenlők, képzeltek már magatok elé 1 kg tollat, ez akkora lehet, mint egy nagyobb párna, és ehhez képest az 1 kg kő nagyon kis helyet foglal el. Hogyan lehetnének egyenlők?” Különösen érdekes volt számunkra, hogy amíg az előző fél használta az egyenlő mennyiségek jellemzésére a „nehéz” kifejezést, addig ez a tábor nem nevezi meg, hogy milyen mennyiségeket vizsgál. A magyarázatból persze érződik, hogy a „milyen nehéz” kérdésre ezekben a gyerekekben a „mekkora helyet foglal el” kép hívódik elő, és a válasz megadásában még egy fordított arányosság-féle sem zavarja meg őket (minél kisebb, annál nehezebb). A válaszok mögött szinte tapintható a formálódó sűrűség-fogalom. A dolog érdekessége, hogy a megfigyelt osztályokban lezajló beszélgetések során, a tesztben eredetileg helyesen válaszoló gyerekek közül sokan elbizonytalanodnak, amikor a másik fél érvelésére megjelenik képzeletükben a nagy helyet elfoglaló toll, és a kisebb térfogatú kő.

A harmadik szakasz, az irányított órai munka, itt a tömeg, a térfogat és a sűrűség mennyiségek értelmezése történik, és megkezdődik e fogalmak tudományos igényű alapozása. Ebben a szakaszban olyan feladatokat használunk, amelyek a gyerekek számára érdekesek, esetleg az előzetes beszélgetéseken éppen ők javasolták. Minden osztályban úgy szervezzük a munkát, hogy a gyerekek a csoportokban végzett mérések és kísérletek tapasztalatainak megvitatása során lehetőséget kapjanak belső képeik, elgondolásaik megfogalmazására. (Sajnos e folyamat eredményét nem tudtuk megvizsgálni, mert az osztályok összetétele a 6. és a 7. évfolyam között jelentősen megváltozott.)

Természetesen nem jelenthetjük ki a vizsgált esetek száma alapján, hogy ez a fogalomalkotási – differenciálódási folyamat tipikus lenne, de számos idősebb korosztályban felmerülő probléma alapján valószínűsíthető, hogy a gyerekek jelentős részénél a térfogat, a tömeg és a sűrűség fogalmak alakulása még az általános iskolás korszak végére sem zárul le. Ha végiggondoljuk, ezek a fogalmak mennyi természettudományos és gyakorlati ismeret alapjait képezik, nem csodálhatjuk, ha a gyerekek nagy részének gondot például okoznak a kémiai számítások, és a hidrosztatika törvényei.

Még egy témakört szeretnénk kiragadni a fizika tanítását megelőző diagnosztikus tesztek eredményeinek tanulságaiból. Ez pedig az anyagmegmaradás témaköre. A következő kérdést tettük fel: ha egy mérleg serpenyőiben egy pohár jeget kiegyensúlyozunk, a jég elolvadása után milyen lesz a mérleg helyzete. A gyerekeknek megközelítőleg 1/3 része azt válaszolta, hogy a mérleg egyensúlyban marad, míg 2/3 rész a víz nehezebb illetve könnyebbé válása mellett érvelt. Amikor sor került a feladat megbeszélésére, és a kísérlet elvégzésére, a gyerekek érvei között első helyen az szerepelt, hogy a jég térfogata megváltozik a vízéhez képest, és ezért a víz térfogata sem lehet azonos a jégével (földrajzból, illetve korábbi környezet-, vagy természetismeret tantárgyból tanulták azt, hogy a megfagyó víz szétrepesztí a sziklákat), vagyis az elolvadt jégből kapott víz a mérleget eredeti egyensúlyi helyzetétől eltéríti. Abban, hogy a víz könnyebb vagy nehezebb lesz-e az olvadás után, többnyire különböztek a válaszok. A gyerekek nem emlékeztek pontosan

san arra, hogy minek nagyobb a térfogata, a jégnek, vagy a belőle, olvadás után nyerhető víznek. Azt, hogy az anyagmegmaradás vizsgálatát célzó kérdésünk mennyire szolgálta eredeti célját, a beszélgetés után nehéz eldöntenünk. (A gyerekek közül néhányan megjegyezték, hogy a víz párolog, és ez okozhat tömegcsökkenést, de ez a megjegyzésük csak a kísérlet elvégzését megelőző hipotézisalkotásban jelent meg, mivel a tesztben a feladatot úgy fogalmaztuk meg, hogy a jég egy zárt dobozban került a mérlegre.) Ezzel szemben felhívta a figyelmünket arra, hogy a gyerekek számára egyáltalán nem magától értetődő dolog az anyag megmaradásának törvénye, s ez számos későbbi kudarc forrása lehet.

Mi tartunk munkánk tanulságának?

Egyet szeretnénk kiemelni: a gyerekekben, a tanítási folyamatokat megelőzően sokféle elképzelés működik, amelyek csak kis részben felelnek meg a tudományos igényű képeknek. Ahhoz, hogy eredményes legyen a tanítás, fel kell térképeznünk a legfontosabb fogalmak állapotát, és csak ezen állapot ismeretében állíthatjuk (állíthatnánk!) össze azt a tananyagot, amit a gyerekeknek tanítunk. Mennyi kudarcotól kímélhetnénk meg tanítványainkat és magunkat is, ha viszonylag részletesen ismernénk a természettudományok alapozó időszakában elengedhetetlenül fontos fogalmak alakulásának szakaszait! Ha megfelelő feladatbankkal rendelkezünk a diagnosztizáláshoz, és a helyzet pontos megismerését követő elmélet alakító folyamat irányításához! Ha kellő időt fordíthatnánk arra, hogy felmérjük, megvizsgáljuk tanítványaik előzetes tudását! Ha a különböző osztályokban diagnosztizált problémákat tisztáznánk a gyerekekkel! Végre e folyamat eredményeként megfelelő alapokra épülhetnének a természettudományos tanulmányok! E vízió szerint ennek az alapozó szakasznak a programját a gyerekek(!) „írják”. Meggyőződésünk, hogy a magyar természettudományos oktatás színvonalát lényegesen csak akkor tudjuk majd javítani, ha az alapozó szakaszban a lehető legtöbb gyerekben ténylegesen kialakítjuk a tudományos igényű alapfogalmakat.

Az, hogy mit tekintünk olyan alapfogalomnak, amellyel kapcsolatban mindenkinek korrekt ismeretekkel kell rendelkezni, az valószínűleg komoly vitákra ad majd alkalmat. A sűrűség, tömeg, sebesség és az erő valószínűleg ilyenek. De már ezeknél a fogalmaknál is bajba keveredhetünk, hiszen az vitatható, hogy mit kell tudnia az átlagpolgárnak a súlyos és a tehetetlen tömeg kérdéséről.

A tudomány elemeinek társadalmi kontextusba helyezése

Mindennapjainkban igen nagymértékben vannak jelen különböző *áltudományos nézetek*. Ezek ellen fel kell (kellene) vértetniünk tanítványainkat. Az egyik lehetséges megoldás az lenne, ha tudatosítanánk tanítványainkban azt, hogy milyen kritériumokkal kell feltétlenül rendelkeznie egy tudományos elméletnek. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy rendkívül nehéz elválasztani egymástól a tudományt és az áltudományt. Nem egy, napjainkban elfogadott tudományos elméletet minősítettek áltudományosnak keletkezése idejében (Lakatos, 1978).

Feyerabend (1978/1998) szerint például a tudomány racionálisabb volta nem is igazolható! A rivális elméletek közti választás nem tekinthető racionális folyamatnak. Nem létezik tudományos módszer, nincs olyan kizárólagos eljárás, vagy szabályok olyan csoportja, amely minden kutatás alapját képezné.

Popper (1966/1997) hívta fel a figyelmet a *kritikai megközelítés* fontosságára, így különböztetvén meg a racionális tudományt a babona, (ma úgy mondanánk áltudomány), különféle formáitól. Szerinte a tudomány azoknak az igen kevés emberi tevékenységeknek az egyike – talán az egyetlen –, melyben a tévedéseket rendszeres kritikának vetik alá, s általában időben korrigálják. Az áltudomány visszautasít minden bírálatot és képtelen az önkorrekcióna. Az igazság rettenthetetlen bajnoka szerepében tetszeleg. A meghökkenés általános vágya motiválja, forrása sokszor az ismeretek hiánya és oksági viszonyt vél felfedezni véletlenszerű kapcsolatok esetében. A tudományos megismerésben az analógiák fontosak, de nem szabad ezeket sem túlhajtani. A magyarázatok látszólagos egyszerűsége is jellemzője lehet az áltudományos gondolkodásnak.

Beck Mihály (1978) szerint megfelelő *ellenőrző kísérlet* nélkül egyetlen eredményt sem lehet értékelni. A mérések hibáival is tisztában kell lenni, és a hibahatáron belüli különbségeknek nem szabad jelentőséget tulajdonítani. A mérési eredményeknek legyen fizikai jelentése. Sokszor a statisztikai kezelés hibája az, hogy kevés számú adatból próbálnak meg minden tekintetben érvényes megállapításokat tenni. A tudományos megismerésben mindig nagy szerepe van az intuíciónak. Ezt azonban mindig a bizonyítás művelete kell, hogy kövesse. Napjaink tudományellenes hangulatát az áltudományos irányzatok kihasználják.

Marx György és *Tóth Eszter* (1985) „Modellalkotás a természettudományos nevelésben” című írásukban megfogalmazzák a természettudományos kutatás módszereit. A szerzők célja nem az, hogy kísérletet tegyenek a tudomány és az áltudomány megkülönböztetésére, hiszen erre a tanulmány írásának idejében még nem mutatkozott ilyen mértékben szükség, mint napjainkban. Ellenben példaértékűen összefoglalják a tudományos kutatás és a természet megismerése során alkalmazható módszereket, mely sokat segíthet az áltudományos nézetek elleni küzdelemben. Itt jegyezzük meg, hogy azokban az években sok kollega nagyon kritikusan fogadta a modellezés, mint munkamódszer bevezetéséért a középiskolai fizikaoktatásba. Pedig napjainkban ez aktuálisabb, mint valaha! Valószínűleg inkább arról lehet szó – mint oly sokszor a tudomány történetében –, hogy a kezdeményezés kicsit megelőzte saját korát, illetve a hazai viszonyok között nem voltak még meg a feltételei. Lássuk a szerzők által megfogalmazott célt:

„Gyermekeinket, tanítványainkat egy változó világ felé indítjuk el, amelynek felnőtt korokra fontossá érő tényanyagát (energiaforrásait, technológiáját, mérnöki genetikáját, a velük összefüggő társadalmi problémákat) nem tudjuk megtanítani, hiszen magunk sem ismerjük. Útravalóul az ismeretlen területen történő tájékozódás stratégiáját adhatjuk, amelyet a múltban is sikerrel alkalmazott a természetkutatás:

- a) A valóság tisztelete és megfigyelése.
- b) A lényeges vonások, a fontos adatok kiválasztása.
- c) Modellalkotás: a kérdéses adatok változását értelmező, kevés szabadsági foka és szemléletessége folytán nyomon követhető rendszer szerkesztése.
- d) A modell működtetése: további jelenségek előrelátása a modell alapján.

- e) A modell ellenőrzése kísérletekkel, érvényességi határainak letapogatása.
- f) A modell magabiztos gyakorlati alkalmazása annak érvényességi határain belül.
- g) Az érvényesség határán túl a modell javítása, gazdagítása, kutatás újabb modell után. GOTO C).

Ez a hét tézis nem felmondandó iskolai tananyag, hanem cselekvésformára érlelendő nevelési cél, ami hasznos lehet azoknak a fiatalok számára is, akikből végül nem természetbúvár válik.” (Marx és Tóth, 1985. 192. o.)

Véleményünk szerint talán nem is helyes kifejezés az, hogy áltudomány, hiszen nem lehet különválasztani a tudománytól, sem módszerei, sem eredményei tekintetében, némileg ellentmondva ezzel néhány általunk idézett szaktekintélynek. Inkább olyan jelenségnek lehet tekinteni, mint a tudás hiánya, félreértése, illetve tudományos csalás, mint eredmények „szándékos” meghamisítása, adatsorok esetében nem megfelelő kiértékelési módszer választása stb. Ugyanakkor nehéz a tények, a kísérleti eredmények megítélése is. Itt a megismételhetőség lehet egyfajta kritérium. Ne felejtjük azonban el, hogy minden kísérletet, mérést, megfigyelést elméleti keretben hajtunk végre! Így legfeljebb arról beszélhetünk, hogy egy adott jelenség azonos körülmények között azonos módon megy végbe. Az interpretálás viszont már elméletfüggő. Az elmondottak alapján próbálkozunk meg „definiálni”, hogy mit tekinthetünk tudásnak, tudománynak, illetve áltudománynak, megtartva ez utóbbi kifejezést széleskörű használata következtében:

Tudásnak tekinthető az ősember, egyes primitív törzsek stb. által felhalmozott tudás, amely a mindennapi életük során adaptívnek bizonyult. Nem tudományos értekezések formájában terjesztették elő, hanem nemegyszer, vallási, mitologikus köntösben, hiedelmek szertartások, mesék képében jelentek meg. Hasznos tudásnak számítottak a babilóniak csillagászati ismeretei, amelyek alapján felosztották az évet, bevezették a hónap, óra, perc stb. fogalmakat, amelyek ősi eredetére utal az is, hogy nem a tízes számrendszert vették alapul. Fontos volt a Nilus áradásának ismerete, a nap- és holdfogyatkozások idejének, a különböző csillagok, illetve bolygók pályájának előre való kiszámítása. (Ez az ókori emberek kinematikájának is nevezhető.)

A tudomány már bizonyos mértékig szervezett ismeretrendszert jelöl. Egyes alapelemeiből, axiómákból levezethetők megfigyelhető jelenségek. *Heurisztikus ereje van, új jelenségeket tud „megjósolni”, illetve különböző megfigyelésekre, kísérleteknek az elvégzésére tesz javaslatot. Megjelenik a kísérlet, mint a természet módszeres kérdésének az eszköze, amelyekre a természet válaszolni képes. Fontos eleme az ellentmondásmentesség igénye, továbbá a kísérleti adatok reprodukálhatósága.*

Az áltudomány – a tudománnyal szemben – nem képes előrejelzésre. Sokszor a meg nem értett dolgok magyarázatára születik, nemegyszer önkényesen állít fel szabályokat, kísérleti adatai nem reprodukálhatók.

Az áltudományos nézetek száma világszerte nő. Ezek nyilvánosságát a tömegtájékoztatás és a modern informatika lehetőségei jelentősen megnövelik. Megváltozott társadalmi szerepük is. A média nemegyszer a tudományos mellett, áltudományos nézeteket is közvetít, azokat tudományosnak beállítva. Például ilyen az asztrológiával, ufókkal, ezredvégi jóslatokkal foglalkozók ismeretterjesztő filmek egy része is. A tanítás szempontjából az lehetne a cél, hogy ne tálaljanak bizonyított tudományos tényként áltudományos ismereteket! Következő példánkban egy atomerőműben történt üzemzavar kap-

csán, kicsit humoros formában bemutatjuk a médiák szerepét az áltudományos nézetek terjesztésében.

Az észak-amerikai Pennsylvania állambeli Three Mile Island-on lévő atomerőműben „esemény” történt 1979. március 28-án hajnalban, melyet *Marx György* (1996) *Atom-mag-közelben* című könyve alapján idézünk röviden fel. Meghibásodott a primer hűtőkör egyik szivattyúja. Az operátor hibás beavatkozása miatt a reaktor aktív zónája víz nélkül maradt, emiatt a reaktorépületbe radioaktivitás került, végül pedig ez a reaktor-blokk használhatatlanná vált. Később a zárt reaktorépület levegőjének megtisztításakor egy kevés radioaktív nemesgáz került a légkörbe, amit kémiaiilag nem lehetett lekötöni. Ennek hatása azonban elhanyagolható volt a lakosságot állandóan érő természetes háttér-sugárzás mellett. De mi történt e közben az atomerőművön kívül?

A CBS televízió adásából idézünk: „Ez az első lépés egy nukleáris rémálom megvalósulása felé. Az atomerőművön belül olyan erős a radioaktivitás, hogy áthatol az 1 m vastag védőfalon és mérföld távolságokban is mérhető.” (*Marx*, 1996. 165. o.)

Az autópályákat a következő napon menekülők ezrei árasztották el.

Jimmy Carter, akkori amerikai elnök a magyar származású *Kemény Jánost* bízta meg az üzemzavar kivizsgálásával, aki *leginkább a hibás emberi beavatkozást tette felelőssé*. Véleménye szerint nagy üzemzavar gyors beavatkozást igényel, amit magának a „gépnek” kell elvégeznie.

A munka befejezését követően *Kemény János* hallgatóinak a következő témáról tartott előadást: „Az amerikai demokrácia a magas szintű technika korában”. Ebből idézünk egy rövid részletet: „A riporterek szeretik a véleménykülönbségeket. Egy nap majd ezt olvashatjuk az újságban: 'Három tudós, név szerint *Galilei*, *Newton* és *Einstein* arra következtetnek, hogy a Föld gömbölyű. De a *New York Times* értesült róla, hogy *John Doe* professzornak meggyőző bizonyítékok állnak rendelkezésére arra vonatkozóan, hogy a Föld sík.' És a riport részrehajlás nélkül folytatódik, egyenlő teret biztosítva mindkét nézet kifejtéséhez. Ez persze karikatúra, de ilyen extrém esetek ismételt előfordulnak a nukleáris vita során. Így nem is csodálkozom, hogy az amerikai társadalom össze van zavarva ez ügyben. Persze tudom, hogy az egész országot érintő ügyben a Parlamentnek kell döntenie. Egyik éjjel Washingtonban vérfagyasztó álmom volt: az amerikai képviselőház 215 szavazattal 197 ellenében eltörölte *Newton* gravitációs törvényét.” (*Marx*, 1996. 167. o.)

Azt a kérdést, hogy a gyerekek tudományhoz, illetve áltudományhoz való viszonya hogyan változott az utóbbi években, egzakt mérésekkel nem vizsgáltuk. Így ezen a területen csak a saját magunk, és a kollégáink által tapasztalt jelenségekre támaszkodhatunk. Ezek alapján úgy érezzük, hogy a tudományok által igazolt tényekre, tudományos elméletekre gyakran fittyet hányó áltudományos nézeteknek lelkes táborra akadunk a diákok (és kollégák) körében. Gondoljuk most végig ennek a jelenségeknek az okait, és elemezzük kicsit a következményeit.

Annak, a nagyjelentőségű jelenségnek hogy a társadalom (benne diákjaink, kollégáink, ismerőseink) fogékony az áltudományos nézetekre számos oka lehet. Mi ezeket a következőkben látjuk: az emberek nem ismerik az adott kérdés megoldását, magyarázatát megadó tudományos elméletet (vagy nincs is ilyen). Hallottak ugyan a tudományos elméletről, de nem értették meg, és így nem tudják alkalmazni a gyakorlatban felmerülő

probléma megoldása során. Megtanulták a tudományos magyarázatot (megismerték az elméletrendszer), de nem tanulták meg, hogy egy elméletrendszer segítségével gyakorlati problémák magyarázhatóak. A problémát nem képesek egymaguk megoldani, ellenben az áltudományos divatos magyarázat tetszetős, jó reklámú stb. Végezetül talán a legfontosabb ok az, hogy ezeknek a nézeteknek van a *legnagyobb adaptivitásuk* a mindennapi életben!

Elemezzük most azokat a tényezőket, amelyekre az iskolai oktatásnak közvetlenebb hatása lehet. Vizsgáljuk meg a tanítási folyamatot abból a szempontból, hogy mennyire teszi lehetővé az egyes elméletrendszerek tényleges elsajátítását, és a gyakorlathoz való viszony alakítását. Be kell vallanunk magunknak, hogy a tanítandó elméletrendszerek alapos elsajátítása nagyon fáradságos munkát igényel a diákoktól. A rendelkezésre álló idő, valamint a folyamat végén lebegő felvételi/vizsga követelményei, tartalma egyáltalán nem indokolják, hogy ezt a folyamatot a tanultak szimulálására használjuk. *Bemutassuk legalább egy elméletrendszer tanulmányozása során, hogy hogyan alkalmazhatók a tudományos ismeretek és módszerek praktikus kérdések megoldására, állampolgári döntések meghozatalára.* Ezzel szemben a gyerekekben a tudományról olyan képet alakítunk ki, hogy legtöbbször azt gondolják, a tanult törvények, összefüggések mindenhatóak (minden körülmények között érvényesek), a tudomány pedig tévedhetetlen, és minden probléma egzaktul megoldható tudományos módszerekkel. Arról, hogy a tudomány (a világról alkotott mai ismereteink rendszere) változott, régebben másképpen gondolkodtak, mást tanítottak, mint ma, és más rendszert hívtak tudománynak vagy hallgatunk, vagy abba a kategóriába kerül, amiről akkor szólnak, „ha marad rá idő”. Nem mutatjuk be a gyerekeknek, hogyan lehet a mindennapi életből származó problémákat tudományos módszerekkel megoldani, hogyan lehet eseményeket előre jelezni. Nem tudjuk felkészíteni diákjainkat arra, hogy a tudomány előrejelzéseit mennyire befolyásolják azok a feltételek, becslések, amelyekből egy adott probléma megválaszolása során elindulunk, így a gyakran különböző eredményre jutó tudományos műhelyek véleményeit diákjaink állampolgárként majd semmibe veszik, és elfogadják a többnyire egyszerű, egyértelmű magyarázatot adó áltudományos elképzeléseket. Miért is tanítunk természettudományt a népesség legnagyobb részének? Azoknak, akik nem lesznek fizikusok, mérnökök, vagy fizikatanárok? Akik „csak” állampolgárok lesznek – és ebben a minőségben ismerkednek mintegy 12 évig a természettudományokkal az iskolában?

Az iskolai oktatásban nagyobb szerepet kell, hogy kapjon a kritikus gondolkodásmód fejlesztése! A tanárnak azonban nincs könnyű helyzete, és nem csak azért, mivel az utóbbi években a természettudományra fordítható órák száma csökkenő tendenciát mutat, hanem mint már arra rámutattunk, a tudományos és az áltudományos nézeteket nehéz egymástól megkülönböztetni. Tanítványaink sok esetben otthonról is hoznak magukkal áltudományos nézeteket, amelyekben esetleg szüleik hisznek. Ezért a kérdést óvatosan, kellő empátiával kell kezelni. De elhallgatni, figyelembe nem venni semmiképpen sem lehet!

Napjainkban egyre terjed a természettudomány eredményeinek is felelősségre vonása. Formálódóban van egyfajta tudományellenesség. Sokat segíthet a probléma kezelésében a tudomány eredményeinek történelmi szemléletben való bemutatása.

Célszerű a tanulókkal együtt megvizsgálni azt, hogy az egyes felfedezések milyen társadalmi környezetben jöttek létre, milyen addig létező elméleteket, gondolkodási rendszereket, szemléletmódot váltottak fel, majd pedig annak következményeképp milyen változások jöttek létre az emberiség életében. Miképp segítette elő a fizika tudománnyá válása és fejlődése, a matematika felhasználása, a kvantifikálás módszere, és a többi természettudomány a kémia és a biológia kialakulását, fejlődését? Hogyan szabadt meg a kémia az alkímista szemlélettől, miként alakították át életünket a vegyipar termékei?

Az év végi ismétlést színesebbé, érdekesebbé tehetjük a gyerekek számára, ha a tankönyv szerinti rendszerezés után komplex jellegű feladatokat is kapnak (netán játékos formában). Ehhez jó segítséget ad a tudománytörténet, sőt – a többi természettudományos tantárgy mellett – azt összekapcsolhatjuk a történelmi, irodalmi, zenei tanulmányokkal is.

Például kémiából: kiválasztunk egy elemet, megnézzük, hogy ki, mikor, hogyan fedezte fel, mi utalt létére, esetleg milyen addig uralkodó nézetet váltott fel, illetve kérdőjelezte meg, milyen fizikai és kémiai tulajdonságai vannak, mi a szerepe az élő szervezetben (ha még nem tanulták, akkor célszerű utána nézni, nem baj, ha „előre” tanulnak a gyerekek), mi a szerepe a földi kőzetek, ásványok világában, hol fordul elő, milyen környezeti hatása van stb. Továbbá mi történt abban a történelmi korszakban, esetleg évben, ha évhez köthető a felfedezés, milyen uralkodó eszmék voltak jellemzőek, milyen csaták, vagy egyéb történelmi események voltak, milyen irodalmi és zeneművek keletkeztek.

Valószínűleg célszerű lenne vizsgálat tárgyává tenni a tudományról alkotott lehetséges gyermeki elképzeléseket. Elképzeléseink szerint a tudomány/áltudomány témakörében a következő alapkérdések köré lehetne szervezni a kutatást:

- a) a tudomány mindenhatóságába vetett hit,
- b) a tudományellenesség (minden rosszért a tudomány a felelős),
- c) a tudomány nincs kapcsolatban a mindennapi élettel, a tudomány csak a tudósok által művelt „valami”, amit az iskolának nevezett intézményben el kell sajátítani.

A gyerekek tapasztalatszerzésének néhány kérdése

A *tudomány* szempontjából a kísérlet célja általában a létező elméletek érvényességének ellenőrzése, valamint adatok gyűjtése az esetleges módosításhoz (*Kuhn*, 1965/1984), szerint ilyen a „normál tudomány” működése, mely hasonlít a rejtvényfejtéshez, az adott paradigma kiteljesedését szolgálja.) Vagyis egy kísérletet valamilyen konkrét elmélet alapján gondolnak ki és készítik el a hozzá szükséges kísérleti berendezést, fogalmazzák meg a várható eredményt. Ez lényeges az esetleges biztonsági előírások szempontjából is, robbanás várható, fülke alatt kell-e dolgozni stb. *A természet módszeres kérdezése a kísérlet. A kérdés feltevése pedig már mindig feltételez egy elméletet. Ennek nem szabad kimaradni az adott tudományterület oktatásából sem! Pedig sokszor elvész.*

„A logika azt mondja: az elmélet, az igazán jó elmélet úgy épül fel, hogy kísérletek sora előzi meg az elméletépítést, ám a tényleges, történelmi fejlődésben éppen fordított a

helyzet: előbb született az elmélet, s utána jött a kísérleti bizonyítás. Az első, amit tudtak, a válasz volt, a legutolsó pedig az, hogy vajon ez a válasz megfelel-e a természetnek; az általános nézet pedig az volt, hogy ha nem felel meg, arról a természet tehet!” (Bernal, 1977. 32. o.) Lakatos Imre (1978) még tovább megy, amikor kimutatja, úgy fogadtak el elméleteket, hogy a döntő kísérlethez tartozó berendezést még csak meg sem építették.

Hempel (1966/1998) az indukció problémáját vizsgálva kijelenti, hogy szerinte a tudományos hipotézisek és elméletek nem következnek mechanikusan a megfigyelt tényekből, hanem a kreatív képzelőerő működtetése révén találják ki azokat. Példaként Einstein ismeretelméleti megfontolásait, és Kekulé példáját említi, ahogyan a benzol gyűrűs szerkezete „megjelent” előtte. A nagy tudományos előrelépéseket szerencsés ötletekkel, intuícióval érik el, és egyetlen olyan szabály sem adható meg, ami hasonló helyzetekben ismételt sikert biztosít. Popper (1966/1997) szerint ezek sejtések, amelyekből olyan következményeket vezetnek le, amelyek aztán megfigyelés útján vagy kísérletileg vizsgálhatók, ellenőrizhetők. Írásában rámutat továbbá arra, hogy a tudomány nem megfigyelésekkel, hanem problémákkal kezdődik. A problémák általában akkor támadnak, amikor sejtéseinkben, előzetes várakozásainkban csalatkozunk, elméletünk elmentmondáshoz vezet, megfigyeléseink nem a várt eredményt adják stb. Ezen gondolatoknak az oktatásban betöltött szerepe minden tanár számára ismerősen cseng, tanítványainkat is új, érdekes problémák felvetésével szoktuk motiválni egy-egy új anyagrészt feldolgozásának kezdetén. Taglalja továbbá, hogy minden új elmélet új problémákat vet fel, és éppen az új, általa felvetett problémákon keresztül járul hozzá a tudományos tudás gyarapodásához.

A posztmodern tudományfilozófia képviselője Quine (1975/1998) szerint minden elmélet empirikusan aluldeterminált. Felhívja továbbá a figyelmet arra, hogy a megfigyelés, mint fogalom, sajátos, belső feszültségekkel terhes. Felhívja a figyelmet arra, hogy a megfigyelés észleleti evidenciával látja el a tudományos elméletet, de ugyanakkor az észlelet személyes jellegű. Az aluldetermináltság különösen szembetűnő a fizikánál és a kémiánál, mivel rendkívül kevés az, amit meg tudunk figyelni (hőmérséklet-változás, mozgásállapot-változás, kileng a műszer mutatója, esetleg színes vonalak), ugyanakkor meglehetősen absztrakt elméleteket használunk az értelmezéshez. Lehet, hogy a biológia ezért van könnyebb helyzetben?

Visszatérve az oktatásra, sok esetben a gyermek készen kapja a kísérleti eszközöket, előre megmondjuk, hogy melyikkel mit kell csinálni – vagyis előírások, receptek alapján kell dolgoznia. Hol marad ebből a gyakorlatból a probléma felvetése, megfogalmazása, megértése? Sokkal jobban fejlesztenénk tanulóink értelmi képességeit, ha bevonnánk a gyerekeket az ismeretszerzés teljes folyamatába. Vagyis javasolhassanak a gyerekek is kísérleteket saját „elméleteik” alapján egy-egy saját maguk talált probléma megoldására, annak igazolására vagy elvetésére. Dolgozzák ki a megvalósítás lehetőségeit, fogalmazzák meg előzetes elvárásaikat, tervezzék meg a kísérletet, amelyet tanári ellenőrzés és felügyelet mellett el is végeznek, amennyiben az lehetséges az iskola feltételei között. Majd hasonlítsák össze előzetes elképzeléseikkel, amely azzal vagy megegyezik, vagy nem. Ez utóbbi esetben további „kérdéseket” kell feltenni a természetnek, majd a vála-

szok szerint módosítani az előzetes elképzeléseket. Ezek megfogalmazásában, verbalizálásában komoly szerepe van a tanárnak.

A következő tanítási tervet, az előzőeket figyelembe véve készítettük és használjuk (a korábban már említett osztályokban) az intenzív paraméterek kiegyenlítődének bemutatása, a hőmérséklet példáján keresztül:

- 1) Előzetes hipotézist kérünk a gyerekektől arra vonatkozóan, hogy mi történik szerintük, ha azonos tömegű hideg és meleg vizet összeöntünk. Legyen 100 g a tömeg és a hőmérsékletek 20°C és 40°C. Indokolják is meg hipotézisüket.
(Vizsgálataink szerint a 10 év körüli gyerekek esetében az a leggyakoribb, hogy a tanulók 60°C-os közös hőmérsékletet várnak.)
- 2) Felszólítjuk a gyerekeket, hogy tervezzenek mérést állításuk igazolására.
- 3) Végezzék el a mérést.
- 4) Vonják le a következtetést a tapasztalat alapján, vagyis helyettesítsék elméletüket. Ebben természetesen segítenie kell a tanárnak. (Tapasztaltuk néhány esetben, hogy amikor a hőmérő nem a várt 60°C-ot mutatta, másikat kértek, mondván az ő hőmérőjük elromlott, mivel csak 30°C-ot mutat.)
- 5) További problémák fölvetésére is lehetőséget adunk, például más kiindulási hőmérsékletek vizsgálata, különböző tömegű vízminták használata, különböző anyagok használata stb.

A példa tanulságai: A gyerekek meglévő kognitív struktúráinak tudatosítása. Tudásuk nyelvi megformálása alapvető szerepet játszik annak kiegészítésében és alapvető megváltozásában is. Nem baj, ha csak „suta dolgokat” tudnak mondani. Nem feltétlenül kell a gyerekeknek előre megadott „receptek” szerint dolgozni. Maguk fogalmazzák meg a problémát, mit kívánnak vizsgálni az adott kereteken belül. Előzetes elvárásaik alapján milyen kérdést intéznek a természetnek, hogyan tudják annak alapján megtervezni a kísérletet, majd azt kivitelezni. Gondolkodásuk, kreativitásuk sokkal jobban fejlődik a példában bemutatott módszert követve, mintha a tanár előre kikészítené az egyes csoportok padjára a kísérleti eszközöket és megmondaná, hogy milyen műveleteket kell azokkal végrehajtani.

A természettudományos ismeretszerzés, mint társas folyamat

A tudomány történetét tanulmányozva, különösen *Vekardi László* (1997) könyve alapján látható, hogy ritka az, hogy valaki teljesen önállóan, egymagában alkot. A fogalmak tisztázásához, az elképzelések megfogalmazásához nem egyszer hosszú vitákon keresztül vezet az út. Ez azt jelenti számunkra, hogy nem csak számolni kell a gyerekeknek, hanem az elvont fogalmak jelentésének tisztázásához azokkal mondatokat is kell alkotniuk, használniuk kell az új szavakat. Erre egyik legalkalmasabb lehetőség alkalmas feladatokkal végzett csoportmunka. Ekkor a gyerekek ugyanis egymást közt vannak, és beszélnek meg problémáikat, nem pedig rögtön felelési szituációban kell produkálniuk. Ilyenkor bátrabban, kisebb kockázattal fogalmazhatják meg belső képeiket, elméleteiket, gyakorolhatják a szakkifejezések használatát. A megfelelően kialakított csoport segítség és kontrollt is biztosít a tanulás e fontos területéhez. Érdemes megismerni egymás elképzeléseit, gondolatait, a gyerekek naiv, a tudományos képpel nem egyező elképzelé-

seinek egy része ezen a módon is felszínre kerülhet. A tanár az egyes csoportok munkáját figyelve konkrét és hatékony segítséget adhat a gyerekeknek, de egyben alkalma nyílik arra is, hogy jobban megismerje a diákok eredményes munkáját akadályozó, lassító gyermektudomány-elemeket.

Amennyiben különböző feladatokat kapnak az egyes csoportok, akkor ez egyben lehetőség a *differenciált fejlesztésre*. Nézzünk erre példát a keverékek, oldatok témaköréből:

- a) Vas és kénpor keverék készítése, majd szétválasztása.
- b) Homok-víz keverék készítése, majd szétválasztása.
- c) Különböző elegyek készítése és szétválasztása.
- d) A levegő százalékos összetétele – önálló ismeretszerzés, ábrázolás grafikonon.
- e) Kísérlettervezés és végrehajtás a levegő szén-dioxid-, oxigén- és víztartalmának kimutatása.
- f) Kísérlettervezés és végrehajtás annak kimutatására, hogy az ivóvízben vannak oldott anyagok.
- g) Telített oldat készítése.
- h) Túltelített oldat készítése.
- i) Oldott anyag kikristályosítása oldatból.
- j) Adott töménységű oldatok készítése, a szükséges számítások elvégzése.
- k) Keressenek különböző keverékeket a természetben és a gyakorlati életben! Milyen esetekben kell ezeket szétválasztani a felhasználás érdekében, és miként történik ez, illetve mikor, milyen felhasználáshoz állítanak elő keverékeket? (ásványok, szenek, kőolaj, fémötvözetek, jódtinktúra stb. kerülhet szóba)
- l) Miként változott a Föld légköre és változik e napjainkban is? Hogyan változik meg a tanterem levegőjének az összetétele 1 tanóra alatt? Miért kell szünetben szellőztetni?

A természet egységes egész

Hazánkban hagyományosan külön tantárgyakra szabdaltan mutatjuk be a természetet néhány kivételtől, helyi kezdeményezéstől eltekintve. Az ismeretek összerakására sajnos elég ritkán kerül sor.

Az elmúlt évszázadokban a tudományok rohamos fejlődése okozta a specializációt, melynek eredményeképp az iskolai tantárgyak is kialakultak. Az új felismerések viszonylag hamar megjelennek a tankönyvekben. Azonban napjainkban, a legtöbb esetben, a fejlődés a klasszikus tudományterületek határterületén alakul ki. Továbbá azok a technikai eszközök, természettudományos ismeretek, melyek lehet, hogy a XXI. század életét alapvetően befolyásolják majd, esetleg napjainkban még meg sem születtek.

Pedagógiai oldalról közelítve a problémát, a vizsgálatok szerint, az ember gondolkodási folyamatait tanulmányozva megállapították, hogy az emberi agy számára nehéz a különböző tudásterületek közötti transzfer. Ha például egy algoritmust „megtanítanak” egy számítógépnek, akkor azt egyformán jól használja a legkülönbözőbb jellegű problémák megoldása során. Nem így az ember. Gyakran tapasztalható, hogy a matematikából tanult összefüggéseket az adott órán jól alkalmazzák a diákok, ellenben ugyanaz a fizika,

vagy a kémia órán már nehézséget jelent (például a kémiai számítások esetében leggyakrabban használt egyenes arányosság).

Az életben megjelenő problémák megoldásához pedig szükséges a transzfer, annál is inkább, mivel nem tudunk diákjaink számára minden elképzelhető probléma megoldásához kész receptet adni, illetve nem is tudhatjuk előre, hogy milyen problémákkal kerülhetnek szembe. Egyik megvalósítható lehetőség az, ha a logikailag összetartozó dolgokat egyszerre tanítjuk, vagy legalábbis minél gyakrabban hivatkozunk a különböző tantárgyakban tanult ismeretekre, bemutatva azok különböző oldalait. Vagyis szükség lenne a természettudományos tantárgyak összehangolására. Mivel a magyar pedagógus társadalom többségében nagy az ellenállás a komplex tantárgyak létrehozásával szemben, a kérdés fontosságára való tekintettel más megoldást kell keresni. Egyik lehetséges megoldásként interdiszciplináris projektek adását javasoljuk, mely történhet vetélkedő, kiállítás, esetenként beiktatandó komplex órák keretében is.

Irodalom

- Barrow, J. D. (1994): *A fizika világmérete*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Beck Mihály (1978): *Tudomány – áltudomány*. 2. átdolgozott kiadás, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Bernal, J. D. (1977): *A fizika fejlődése Einsteinig*. Gondolat Kiadó / Kossuth Könyvkiadó, Budapest.
- Csapó Benő (1998, szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Fényes Imre (1980): *A fizika eredete*. Kossuth Könyvkiadó, Budapest.
- Feyerabend, P. K. (1978/1998): A tudomány egy szabad társadalomban. In: Laki János (1998, szerk.): *Tudományfilozófia*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Fodor, J. (1996): Összefoglalás az elme modularitásához. In: Pléh Csaba (szerk.): *Kognitív tudomány*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Hempel, C. G. (1966/1998): Az indukció újabb problémái. In: Laki János (1998, szerk.): *Tudományfilozófia*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Józsa Krisztián, Lencsés Gyula és Papp Katalin (1996): Merre tovább iskolai természettudomány? Vizsgálatok a természettudomány iskolai helyzetéről, a középiskolások pályaválasztási szándékairól. *Fizikai Szemle*, **46**. 5. sz. 167–170.
- Kawakatsu, H. (1997): *Ways into Newtonian Mechanics, Explaining Strategies for Teachers*. Eötvös Physical Society, Budapest.
- Koestler, A. (1956/1996): *Alvajárók*. Európa Kiadó, Budapest.
- Korom Erzsébet és Csapó Benő (1997): A természettudományos fogalmak megértésének problémái. *Iskolakultúra*, **7**. 2. sz. 15–20.
- Kuhn, T. S. (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Lakatos Imre (1978): *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Laki János (1998, szerk.): *Tudományfilozófia*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Marx György (1996): *Atommag-közelben*. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged.
- Marx György és Tóth Eszter (1985): Modellalkotás a természettudományos nevelésben. (Függelék) In: Boros, Fodor és Sarkadi (szerk.): *Tanári kézikönyv Gimnázium, Fizika I.* Tankönyvkiadó, Budapest.

A természettudományos nevelés gyakorlati problémái

- Nahalka István (1997a): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron I. *Iskolakultúra* 7. 2. sz. 21–31.
- Nahalka István (1997b): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron II. *Iskolakultúra* 7. 3. sz. 23–35.
- Nahalka István (1997c): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron III. *Iskolakultúra* 7. 4. sz. 3–20.
- Norio, S. (1997): Hypothesis-Experiment: Polarized Lenses. In: Marx György (szerk.) *Creativity in Physics Education*. Girep International Conference, Sopron, Eötvös Physical Society, Budapest, 203–213.
- Norio, W. (1997): Hypothesis-Experiment: Collisions. In: Marx György (szerk.) *Creativity in Physics Education*. Girep International Conference, Sopron, Eötvös Physical Society, Budapest.
- Oblak, S. (1997): Creativity in Early Science. In: Marx György (szerk.) *Creativity in Physics Education*. Girep International Conference, Sopron, Eötvös Physical Society, Budapest.
- Popper, K. R. (1966/1997): *A tudományos kutatás logikája*. Európa Kiadó, Budapest.
- Quine, V. O. (1975/1998): A világ empirikusan ehvivalens rendszereiről. In: Laki János (1998, szerk.): *Tudományfilozófia*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Simonyi Károly (1978): *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Vekerdí László (1997): *Így él Galilei*. Typotex Kiadó, Budapest.
- Vida Gábor (1998): Sötét gondolatok a „rész”-ről és „egész”-ről s a tudományról. *EZREDFORDULÓ, Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián*, 6. 18–20.

Radnóti Katalin és Wagner Éva

ABSTRACT

KATALIN RADNÓTI AND ÉVA WAGNER: PRACTICAL PROBLEMS IN SCIENCE EDUCATION

We cover in our study some unfavourable phenomena coming up when teaching physics and chemistry. Different surveys done in Hungary show that these two subjects are the least liked by our students, and also are the most problematic part of teaching science. We question if our students really get the knowledge needed for finding the way in our complicated world when studying the over-doctrinofocused syllabus in our everyday practice. We raise problems most of which are worth searching, also offering suggestions to those. These questions cover a wide range, just as science education does. Our main aim is to collect the problems, state hypothesis, set questions for deep studies. We also recommend ways to renew science education. We find very important considering the elements of children's science, putting the material into the contexts of the children's lives, focusing on the leading role of theories when getting experience from experiments, supplying social possibilities when constructing personal knowledge, introducing nature as a whole. The basic ideas of our work are of the constructivist pedagogy. We show examples of development of children's science. We carried out empiric research to show the changes of the concepts of conservation of materials, mass, volume, density. We also discuss opportunities about handling mock-scientific views in schools.

Magyar Pedagógia, **99**. Number 3. 323–342. (1999)

Levelezési cím / Address for correspondence:

Radnóti Katalin, ELTE TFK Fizika Tanszék, H–1075 Budapest, Kazinczy u. 23–27.

Wagner Éva, Deák Diák Iskola, H–1089 Budapest, Orczy út 3/5.