

Tanári tévképzetek kémiából

A tanulók naiv elképzeléseinek tulajdonsága, hogy csak nagyon nehezen változtathatók meg, makacsul ellenállnak az oktatás hagyományos módszereinek. Stabilitásukra jellemző, hogy még felnőttkorban és akár a szaktantárgyat oktató tanárok esetében is kimutathatók. Ezek a tanári tévképzetek az oktatói munka potenciális veszélyforrásai, mivel a tanítás során átadódnak a diákoknak, és megerősítik a tanulókat abban a hitükben, hogy naiv elképzelésük helyes. Ennek következtében az oktatási folyamat során maga a pedagógus válik a tanulói tévképzetek egyik forrásává.

Elméleti háttér

A kémia módszertanával kapcsolatos szakirodalomban gyakori az a kutatói vélekedés, hogy a tantárgy oktatásában felbukkanó problémákért, a tárgytól való tanulói elfordulásért oktatási módszerünk is felelős (Johnstone, 2000; Goodwin, 2000; Taber, 2001; Bailey és Garratt, 2002; Saul és Kikas, 2003; Sirhan, 2007). Azokat a tévképzeteket, amelyek az oktatási folyamat során keletkeznek a diákokban, didaktogén tévképzeteknek (‘didactogenic misconception’) nevezik a szakirodalomban. Ezek forrásait tekintve két fő csoportba oszthatók: a tanítási folyamat által generált tévképzetek, illetve a tanári tévképzetek.

A tanítási folyamat generálta tévképzetek

E tévképzetek oktatásunk elkerülhetetlen velejárói. Kialakulásuk lényege, hogy még a legkörültekintőbb tanári módszer mellett is akad olyan diák, aki az órán látottak-hallottak alapján bizonyos dolgokat másként értelmez, téves következtetésekre jut. Ennek oka, hogy minden tanuló egyedi kognitív struktúrával rendelkezik. Fogalmi rendszerét, előzetes tudását a vele megtörtént események feldolgozásával, ennek értelmezésével, a környezetével való interakciók során alakította ki. A továbbiakban már ez a rendszer a felelős a bejövő információk értékeléséért. A különböző struktúrájú feldolgozó rendszerek pedig ugyanazon bemenetből nem feltétlenül megegyező kimenetet produkálnak.

A tanítási folyamat generálta tévképzetek leggyakrabban a tanári nyelvhasználat következményeként alakulnak ki, mikor köznapri jelentéssel is rendelkező szavainkat kémiai környezetben használjuk. Gyakran olyan didaktikai hibákra vezethetők vissza, amelyeket a tanár nem is feltételez (Tóth, 1999; 2000). Bekövetkezhet akár egy tanórai kísérletnél, amikor az oldat fogalmának megértetésére szintelen sót oldunk (színes só helyett) szintelen folyadékban. Ez sok esetben a kémiai tanulmányainak kezdetén lévő tanuló számára annak az elképzelésének a megerősítését jelenti, hogy a só feloldódásakor eltűnik, megszűnik létezni. Ugyanígy megerősítheti téves elképzelésében a diákot az a tankönyvi ábra, ahol a gázrészecskék közötti teret kék háttérrel töltik ki. Ez azt sugallja számára, hogy a részecskék között nincs vákuum, hanem ott valami tartóanyag – a levegő – van. De akár egy klasszikus tanári magyarázat, a demokritoszi atomfogalom filozófiai indíttatású megközelítése is a folytonos anyagmodell megerősítését jelenti tanulóink számára. Ha az anyag (például az alufólia) minden kettéosztásakor fémesen csillogó,

hőre táguló anyagot lát diákunk, akkor számára logikus, hogy a végső alkotó is rendelkezik majd ugyanezen tulajdonságokkal.

Tanári tévképzetek

A természettudományok taníthatóságával foglalkozó kutatók az 1970-es évektől kezdtek el részletesen foglalkozni a tanulók által a környezetük világ magyarázatára létrehozott elméletszerű fogalmi struktúrákkal, a természeti jelenségek megértésére alkotott spontán gyermeki elméletekkel. A jelenségkörrel foglalkozó kutatók különböző elnevezésekkel illették a fogalmat, amelyek közül napjainkra a 'tévképzet' ('misconception') és az 'előzetes elképzelések' ('previous ideas') jelennek meg leginkább a témával foglalkozó közleményekben (*Nahalka, 1997; Korom, 1997*).

A kutatás egyik elindítója az a tapasztalat volt, hogy a diákok az iskolában nem „tisztalappal” kezdenek, hanem magukkal hozzák elképzeléseiket az őket körülvevő világ működéséről. Gyakori esetnek bizonyult az is, hogy olyan – egyébként kiváló – tanulók, akik az iskolai rutinfeladatokat hibátlanul képesek megoldani, ismeretlen, újszerű helyzetekben, a tantárgytól esetleg elszakadva, a probléma megoldására az iskolai tudás helyett visszatértek ezekhez a naiv elméleteikhez, az azokhoz kötődő fogalmi rendszerhez (*Korom és Csapó, 1997*). Ezeknek a kezdeti elképzeléseknek némelyike az iskolai oktatás hatására nyomtalanul eltűnt, míg más elképzelésekhez a diákok makacsul ragaszkodtak (*Vosniadou és Ioannides, 1999*). Ez a ragaszkodás némely esetben olyan mértékűnek bizonyult, hogy több esetben tanárok esetében is kimutatható volt.

Ezek a tanári tévképzetek országtól és tantárgytól függetlenül hasonlatosak voltak a diákok elképzeléseihez. Lewis és Linn (1994) tapasztalata volt például, hogy a pedagógusok a hőmérséklet és a hő fogalmát továbbra is a naiv elképzeléseiknek megfelelően – fluidumként – kezelték. Papageorgiou és Sakka (2000) általános iskolai tanároknak az atomról, molekuláról, keverékről és elemről alkotott fogalmait vizsgálta. Felmérésük eredménye szerint a tanárok fogalmai sok esetben jelentés nélküliek, zavarosak voltak. Egyértelműen kimutatható volt, hogy a fogalom tudományos jelentésének torzulásában jelentős szerepet játszik a köznapi szóhasználat. *Valanides* (2000) az általános iskolai tanárookra kiterjedő vizsgálatának eredménye szerint a tanárok a diákjaikkal megegyező értelmezési nehézségekkel küzdenek a vákuum vagy a részecskék állandó mozgásával kapcsolatosan, és tanárok közt is gyakorinak bizonyult az a téves elképzelés, hogy a molekulák képesek megolvadni, tágulni. *Chou* (2002) a tajvani fizika-, biológia- és földrajztanárok kémiával kapcsolatos fogalmait vizsgálta. Egyik tapasztalata szerint a tanárok csaknem negyedének probléma a természettudományokban alapvető ismeretnek számító tömegmegmaradás törvényének alkalmazása.

Amennyiben a pedagógus bizonyos fogalmakról, egyes jelenségek magyarázatáról téves elképzeléssel rendelkezik, akkor az oktatás során ezt közvetíti diákjai számára is.

A felmérés bemutatása

A cél

A hazai és a nemzetközi irodalomban is szerepelnek utalások a tanári tévképzetekre, de magyarországi előfordulásukról kvantitatív adatok nem állnak rendelkezésünkre. Felmérésem célja az volt, hogy tájékoztató jellegű adatokat nyerjek egy esetleges nagyobb léptékű kutatáshoz, megismerjem a kémia alapismereteinek helyességét a magyarországi pedagógusok esetében, megvizsgáljam a külföldi szakirodalomban megjelent és a magyarországi eredmények közötti összefüggéseket.

A felmérés egy további célja volt annak előzetes vizsgálata, hogy a természettudományos tárgyakat tanító pedagógusok alapvetőnek mondható, de nem közvetlen szak-

tárgyi ismeretei mennyire megalapozottak; valamint annak mérlegelése, hogy a pedagógusok jelenlegi tudásszintje mennyire alkalmas egy komplex természettudományos tárgy oktatására.

Módszer

A felmérőlap alapját a Kikas és Saul (2003) által összeállított mérőlap képezte, amely a középiskolai tanulók kémiai fogalmakkal kapcsolatos vizsgálatához készült. A feladatlap 4 témaköréből hármat tesztkérdésekkel

A kutatás egyik elindítója az a tapasztalat volt, hogy a diákok az iskolában nem „tisztá lappal” kezdenek, hanem magukkal hozzák elképzeléseiket az őket körülvevő világ működéséről. Gyakori esetnek bizonyult az is, hogy olyan – egyébként kiváló – tanulók, akik az iskolai rutinfeladatokat hibátlanul képesek megoldani, ismeretlen, újszerű helyzetekben, a tantárgytól esetleg elszakadva, a probléma megoldására az iskolai tudás helyett visszatértek ezekhez a naiv elméleteikhez, az azokhoz kötődő fogalmi rendszerhez. Ezeknek a kezdeti elképzeléseknek némelyike az iskolai oktatás hatására nyomtalanul eltűnt, míg más elképzelésekhez a diákok makacsul ragaszkodtak. Ez a ragaszkodás némely esetben olyan mértékűnek bizonyult, hogy több esetben tanárok esetében is kimutatható volt.

vizsgált. A tesztkérdések lehetséges válaszaik kialakításakor az összeállítók felhasználták a tévképzetes szakirodalomban az adott fogalommal kapcsolatos leggyakoribb helytelen tanuló válaszokat, azaz a helyes válaszon túl ezek képezték a három lehetséges alternatívát. Vizsgálták még a kémiai szimbólumok ismertségét és az egyenletrendezést is.

Mintavétel

A vizsgálat 2008 júniusában zajlott. A minta 38 fős volt. Megoszlása: 11 férfi, 27 nő. A tanításban eltöltött idő 1–27 évig terjedt, az átlagos érték 15,5 év volt. A mintában gyöngyösi, debreceni, szegedi és budapesti általános és középiskolai tanárok szerepeltek, akiknek természettudományos végzettsége van, de az nem kémia. Például: történelem-földrajz, földrajz-angol, matematika-fizika, biológia-filozófia, fizika-technika stb.

A feladatlap kitöltésére felkért pedagógusok az anonimitás ellenére is vonakodtak a felmérésben részt venni. Többen úgy értékelték, hogy ez a pedagógus-értékelés egyik rejtett módja, mások eleve kódolva látták a kudarcot, így a felmérőlapjukat több alkalommal is „elveszítették”, illetve a határidő lejártáig sem töltötték ki.

Értékelés

A minta értékeléséhez az adatközlőket három csoportba osztottam, a tanított tárgyuaktól függően: így biológia (9 fő), fizika (10 fő) és földrajz (9 fő) szakosokra. Ez egyfajta hierarchiát sugalló csoportosítás is. A sorrendiség az illető tantárgyban található kémiai ismeretanyag mennyiségéből következik. Előzetes feltételezésem szerint a biológiaszakosok kerülnek a tanításuk során a legnagyobb mértékben kapcsolatba a kémiával, őket követik a fizika, majd a földrajz szakosok. Így ha valaki biológia-földrajz szakos tanár volt, akkor őt a biológia csoportba soroltam be. A feldolgozás során keletkezett egy harmadik csoport is, ugyanis voltak olyan tanárok, akik a tanított tárgyak esetén csak a matematikát tüntették fel lapjukon,

nem jelezve, hogy van-e egyéb tárgyból is képesítésük, amit jelenleg nem tanítanak, vagy valóban csak egyszakosak. Így egy 4 fős „matematikus csoport” is megjelenik az eredményekben.

A feladatok értékelése dichotóm skála alapján történt: 1 pontot jelentett a helyes, 0 pontot a helytelen válasz.

Eredmények

Az egyes csoportok által adott helyes válaszok százalékos arányaiból (1. táblázat) nem tűnik egyértelműnek az a feltételezés, hogy a biológiát is tanító pedagógusok rendelkeznek a legmegalapozottabb kémia tudással. Az elvégzett korrelációvizsgálat sem mutatott ki szignifikáns különbséget a négy csoport között az egyes feladatok eredményességében.

1. táblázat. A szaktanárok által adott helyes válaszok megoszlása

| | <i>Biológiás csoport</i> | <i>Fizikás csoport</i> | <i>Földrajzos csoport</i> | <i>Matematikus csoport</i> |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Kémiai elem fogalma | 44% | 47% | 45% | 47% |
| Atom- és molekula-fogalom | 61% | 62% | 62% | 62% |
| Szimbólumok ismerete | 86% | 79% | 79% | 78% |
| Tényszerű ismeretek | 81% | 74% | 73% | 73% |

Így a továbbiakban a pedagógusok válaszait nem vizsgáltam szakok szerint, hanem egységesen kezeltem. A tanulóknál szokásos tévképzetvizsgálatok esetén azokat a tévképzeteket tartják jellemzőnek az illető mintára, amelyeket 10 százaléknál több diák esetén lehet kimutatni, így a továbbiakban csak azokra a (tesztkérdésre adott) válaszokra térek ki, amelyek esetében a tanári tévképzetek markánsan jelennek meg.

2. táblázat. Oldódás folyamatát vizsgáló kérdésre adott válaszok megoszlása

| | |
|---|-------|
| A cukrot vízbe téve az feloldódik. Eközben a cukor szétbomlik | |
| atomjaira | 7,9% |
| molekuláira helyes válasz | 42,1% |
| mikroszkopikus cukorszemcsékre | 39,5% |
| ionokra | 10,5% |

A tanári válaszokban is egyértelműen felbukkannak az anyag felépüléséről vallott gyermeki gondolkodás alapelemei, így például a folytonos anyagmodellre vonatkozó utalások. A 2. táblázat adatai szerint a helyes válaszadókkal nagyságrendileg csaknem megegyezik (42,1 százalék ↔ 39,5 százalék) a folytonos anyagmodell szerint gondolkodók száma. A folytonos anyagmodell alapvetése (Barker, 2000) ugyanis, hogy az anyag végtelenül (folytonosan) aprítható. Ez az aprítás végbemehet őrléssel, de akár oldódással is. Ez utóbbi esetben az oldószer részecskéi tördelik még apróbb szemcsékre a cukor kristályait. Az aprítás során csak a kristályok mérete csökken, de mindvégig megmaradnak a cukorra makroszkopikusan jellemző tulajdonságok (átlátszóság, édes íz). Az ilyen típusú elképzelés révén nem juthatunk el soha a végső alkotóig, az atomig vagy jelen esetben a molekuláig. Amit az ilyen elképzelést vallók atomként képzelnek el, az valóságtartalmát tekintve nem egyezik meg az atomról alkotott, oktatásban elfogadott képpel.

A 2. táblázatban az ionokra utaló 10,5 százaléknyi válasz arra enged következtetni, hogy az oldódás magyarázatánál a leggyakrabban alkalmazott só (ionokból felépülő

kristályszerkezet) oldódása befolyásolta a válaszadókat. Só esetében valóban ionokra történik a kristályrács szétesése. Mivel a só és a cukor is ugyanolyan kristályszerkezetűnek tűnik, nagy valószínűséggel a pedagógusok a só oldódásának magyarázatát vetítették ki a cukor vízben történő oldódására is.

3. táblázat. A fagyás folyamatát vizsgáló kérdésre adott válaszok megoszlása

| | |
|--|-------|
| Amikor a víz megfagy, változás következik be | |
| az atomjaiban | 2,6% |
| a molekuláiban | 26,3% |
| az előző két részecske nem változik meg <i>helyes válasz</i> | 65,8% |
| az atomjaiban és a molekuláiban is | 5,3% |

A 3. táblázat eredményei azt mutatják, hogy a válaszadók tisztában vannak azzal, hogy a makroszkopikus szinten vízként ismert anyagot molekulák alkotják. A folytonos anyagmodell szerinti elképzelés értelmében erre a vízmolekulára a makroszkopikus szintű tulajdonságok vonatkoznak. Mivel a víz fagyása fizikai változás, az itt megismert makroszkopikus törvényszerűség – fagyáskor a víz kitér, így szétrepeszt az üveget, porlasztja a kőzeteket – vonatkozik a vízmolekulára is. Erre a gondolatmenetre utalhat a 26,3 százaléknyi pedagógus válasza, akik a molekulák (térfogat)változását jelölték meg a fagyásnál atomi-molekuláris szinten bekövetkező változásként.

4. táblázat. A molekulafogalom helyességét vizsgáló kérdésre adott válaszok megoszlása

| | |
|---|-------|
| Ha megnöveljük az atomok mennyiségét egy molekulában, akkor az így kapott anyag | |
| tömörebb, vastagabb lesz | 2,8% |
| csökken a reakcióképessége | 5,6% |
| növekszik a reakcióképessége | 25,0% |
| a felsoroltak között nem szerepel a helyes válasz <i>helyes válasz</i> | 66,7% |

A folytonos anyagmodell továbbélését bizonyítja a 4. táblázat 'növekszik a reakcióképessége' válasza. Az atomi részecskeszemlélethez vezető út egyik fontos mérföldköve volt az állandó súlyviszonyok törvényének (Proust-törvény) felismerése, amelyre ez a feladat áttételesen rákérdezett. A válaszok alapján a pedagógusok negyedének teljesen tudománytalan elképzelése van az atomi-molekuláris világ entitásairól. Elképzelésük szerint összetételét tekintve a molekula nem egy jól definiált kémiai részecske, melynek képlete független az előfordulásának helyétől, módjától, hanem az összetevői változhatnak. Az ilyen elképzelés szerint a vízmolekula (H_2O) például akár előfordulhatna a sokkal reakcióképesebb $H_4O(?)$ vagy $H_2O_4(?)$ formában is.

5. táblázat. Az elemfogalmat vizsgáló kérdésre adott válaszok megoszlása

| | |
|---|-------|
| A kémiai elemek egymástól különböznek | |
| megjelenésükben, kinézetükben | 0,0% |
| sűrűségükben, tömörségükben | 5,3% |
| abban, hogy különböző elemeket különböző molekulák alkotják | 10,5% |
| az atomjaik tömegében <i>helyes válasz</i> | 84,2% |

Az 5. táblázat kérdése az elemfogalmat vizsgálta, áttételesen a periódusos rendszer felépülésére való utalással. Mengyelejev ugyanis az elemeket növekvő atomtömegeik szerint rendezte táblázatba. A kérdésre adott 10,5 százaléknyi helytelen válasz azt tükrö-

zi vissza, hogy az atomok és molekulák fogalma nem kellően tisztázott. Befolyásolhatta a pedagógusokat a válaszadásban az a köznapis ismeret is, hogy a tanórai példaként használatos, mindenki számára közismert, nemfemes elemek jó része valóban molekuláris felépítésű (például: oxigén, nitrogén, klór, kén stb.), de ez csupán töredéke a ~109 elemnek. Ugyanakkor, ha az izotópfogalmat is figyelembe vesszük, a helyesnek vélt válasszal szemben is kritikákat fogalmazhatunk meg, de valószínűleg nem ennek köszönhető a helytelen válaszadás.

6. táblázat. A kémiai reakciók lényegét vizsgáló kérdésre adott válaszok megoszlása

| A HCl-képlet jelent | |
|---------------------|-------|
| egy atomot | 0,0% |
| egy molekulát | 89,5% |
| egy elektront | 0,0% |
| egy kémiai elemet | 10,5% |

Az elemfogalom tisztázatlanságára utal, hogy a hidrogén-kloridot 10,5 százaléknyi tanár besorolja a periódusos rendszerben szereplő elemek közé, miközben már a kérdésfeltevésből kiderül, hogy ez két elem (H és Cl) atomjaiból származtatható molekula.

7. táblázat. A kémiai reakciók lényegét vizsgáló kérdésre adott válaszok megoszlása

| Ha kén-trioxidot egyesítünk vízzel, akkor kénsav keletkezik. E folyamat során nem történik változás | |
|---|-------|
| az atomokkal <i>helyes válasz</i> | 72,2% |
| a molekulákkal | 11,1% |
| a kén egy darabkájával | 8,3% |
| a vízzel | 8,3% |

A 7. táblázat adatai is arra utalnak, hogy a pedagógusok atom- és molekulafogalma nem kellően megalapozott. Azon válaszadó tanárok, akik a molekulák változatlanóságát jelölték meg lejtárszódo kémiai folyamat esetén, nincsenek tisztában a kémiai reakciókkal kapcsolatos ismeretek lényegével. A kérdésre adott helytelen válaszok a folytonos anyagmodell továbbélésére utalnak. A helytelen válaszok értelmében ez a reakció azt jelenti, hogy bár a kénsav vízből és kén-trioxidból keletkezik, de benne ezen alkotók (legyenek azok molekulák, vagy a makroszkopikus kénszemcsék, esetleg a folyékony víz) továbbra is megtartják eredeti tulajdonságaikat, csak időlegesen „állnak össze” kénsavvá.

8. táblázat. A kémiai elemek jellemzőinek meghatározására adott válaszok megoszlása

| Miként lehet meghatározni egy kémiai elemet (pl. vas) jellemző tulajdonságokat? | |
|---|-------|
| indirekt módon, megfigyelve reakcióiban <i>helyes válasz</i> | 31,6% |
| elkülönítve egy darabka vegytiszta vasat | 7,9% |
| meghatározva a molekuláris összetételét | 18,4% |
| meghatározva a sűrűségét és az olvadáspontját | 42,1% |

A 8. táblázat adatai szerint a nem kémia szakos tanárok számára egy elemet döntően annak fizikai tulajdonságai jellemeznek. Ugyanakkor visszatérő problémaként jelenik meg az atom- és az elemfogalom tisztázatlansága, amikor a vasnak mint elemnek a molekuláris (!) összetételét jelölik meg a pedagógusok a kémiai tulajdonságok magyarázatául.

9. táblázat. Az elemek reakcióképességét meghatározó tényezők ismerete

| | |
|--|-------|
| Egy elem kémiai reakcióképességét meghatározza | |
| hőmérséklete | 30,6% |
| az állapota (hogyan szilárd, folyékony vagy gáznemű) | 22,2% |
| az atomjának összetevői helyes válasz | 33,3% |
| a molekulája | 13,9% |

A 9. táblázat helytelen válaszai arra utalnak, hogy a válaszadók a köznapi tapasztalataikból levont következtetéseket igyekeznek felhasználni a válaszadás során. A tanárok több mint fele véli úgy, hogy egy elem reakcióképességét egyértelműen a hőmérséklete, illetve halmazállapota határozza meg. E két válasz bizonyos fókig ugyanazt az elképzelést jeleníti meg: melegítve egy elemet, annak reakcióképessége is növekszik, miközben a melegítés hatására többnyire halmazállapot-változás is bekövetkezik. Ebből következik, hogy minél rendezetlenebb egy anyagi halmaz (szilárd→folyadék→gáz), annál nagyobb a reakcióképessége. Ez a heurisztikán alapuló döntéshozatal egyik formája, amikor a magyarázatot kereső leegyszerűsíti a probléma vagy szituáció vizsgálatát (redukció elve) úgy, hogy csökkenti a figyelembe veendő faktorok számát. Az ilyen típusú válaszokhoz vezető utat az irodalom „egy ok döntéshozatalként” ismeri (*Talanquer*, 2006).

10. táblázat. Mi van a forrásban lévő víz buborékjában?

| | |
|---|-------|
| Amikor a víz forni kezd, akkor a buborékban található | |
| víz helyes válasz | 34,2% |
| hidrogén- és oxigéngáz keveréke | 26,3% |
| levegő | 23,7% |
| csökkent nyomású tér | 15,8% |

A 10. táblázat 'mit tartalmaz a forrásban lévő víz buborékja' kérdése nem szerepelt a Kikas és Saul által összeállított feladatsorban, viszont ez az egyik leggyakrabban vizsgált és hivatkozott tévképzet a kémiában, ezért került be a kérdések közé.

A forrás, párolgás a fizika tananyagának egyik témaköre. A jelenség atomi szintű magyarázata is itt történik meg. Feltételezhető volt, hogy erre a kérdésre a fizika szakos tanárok mindegyike helyes választ ad. Amennyiben a tanított tárgyak szerinti csoportosításban vizsgáljuk meg a hibás válaszok megoszlását, a 11. táblázat szerinti eredmény adódik.

11. táblázat. A 'mi van a forrásban lévő víz buborékjában' kérdésre helytelen választ adók megoszlása tantárgyi csoportok szerint

| | |
|---------------------------|--------|
| Fizika szakos tanárok | 25,0% |
| Biológia szakos tanárok | 77,8% |
| Matematika szakos tanárok | 85,7% |
| Földrajz szakos tanárok | 100,0% |

Elgondolkodtató, hogy a földrajz szakosok közül senki sem tudott helyes választ adni a kérdésre. Ugyanakkor a helyes választ „munkaköri kötelességből adódóan” ismerők negyede sincs tisztában azzal, hogy mi is a jelenség magyarázata. Ebből az is következik, hogy teljesen mást taníthatnak, mint ami a tudományosan elvárt ismeret.

A 'mi van a buborékban' kérdésre két referencia-adat is létezik (*Valanides*, 2000; *Osborne és Cosgrove*, 1983). Az ezekben megtalálható értékeket érdemes összehasonlítani a magyarországi megfelelővel (12. táblázat).

12. táblázat. A 'mi van a forrásban lévő víz buborékjában' kérdésre adott válaszok megoszlása

| | Magyarországi tanárok | Görögországi tanárok | Új-zélandi, frissen végzett tanárok |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Víz | 34% | 25% | 51% |
| H ₂ és O ₂ | 26% | 35% | 25% |
| Levegő | 24% | 30% | 21% |
| Csökkenet nyomású tér | 16% | | |
| Hő | | | 3% |
| Nincs válasz | | 10% | |

A válaszukban H₂ és O₂ jelenlétét megjelölő tanárok válaszai vélhetőleg az arisztotelési világkép sugallta tévképzetre vezethetők vissza: eszerint egy anyag csak egyféle (halmaz)állapotban létezik, így az elpárolgó víz már nem is víz, hanem gáz, akkor pedig alkotóelemeire kell bomljon, hiszen a hidrogén és az oxigén is az ismert gázok közé tartozik.

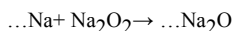
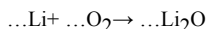
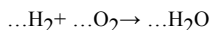
A természettudományos tárgyakat tanító pedagógusok a tényszerű ismeretekre vonatkozó kérdések során 90 százalék körüli eredményességgel ismerték fel, hogy a periódusos rendszerben nincs G vegyjelű elem, illetve a tanárok 87,9 százaléka sikerrel azonosította a H₂SO₄ képlettel jelölt vegyületet (kénsav). A HNO₃ képletű vegyület esetén (salétromsav) már csak 51-52 százalékuk adott helyes választ arra, hogy az milyen anyagot is jelöl.

A szimbólumok ismeretére, az egyenletrendezéssel kapcsolatos szabályokra vonatkozó kérdés során (13. táblázat) az egyenletben szereplő együtthatókat tudományos kinyilatkoztatásként kezelők aránya 18,9 százalék, ami azt mutatja, hogy ők a kémiai egyenleteket nem matematikai alapon nyugvó modellként értelmezik, hanem egy memorizálendő jelsorozatként.

13. táblázat. Az egyenletrendezés lényegére vonatkozó kérdés válaszainak megoszlása

| A ...H ₂ +...O ₂ → ...H ₂ O egyenletben a pontozott helyekre még számok kerülnek. Miért van erre szükség? Mi értelme van ennek a kémiában? | |
|---|-------|
| mivel a folyamatban a hidrogén tömege csökken, ezért kell belőle többet venni | 5,4% |
| ennek a folyamatnak van egy hivatalos formulája, és az annak megfelelő számokat kell beírni | 18,9% |
| az oxigén- és a hidrogénmolekulák számának meg kell egyeznie | 10,8% |
| az oxigén- és a hidrogénatomok számának meg kell egyeznie helyes válasz | 64,9% |

A 13. táblázat adataival cseng egybe, hogy az alább felsorolt három egyenlet közül legalább kettő hibátlan rendezésére a tanárok 57,58 százaléka volt képes.



A vizsgálat megállapításai, következtetések

A magyar pedagógusok esetén is kimutatható, hogy a diákokéhoz hasonló, tudományosan nem elfogadható elképzeléseket hordoznak. A vizsgálat szerint a természettudományos képzettségű, de nem kémiászakos tanárok kémiai fogalmainak, szimbólumhasználatának, tárgyi tudásának helyessége független az általuk tanított természettudományi tárgyaktól. A tanárok ismeretei a tényszerű ismeretek és a szimbólumok jelentésével kapcsolatosan a legjobbak. Ugyanakkor kirívóan hiányosak és tévképzetekkel terhelték az elem-, atom- és molekulafogalommal kapcsolatos elképzeléseik.

A helytelen válaszok többsége a folytonos anyagmodell továbbélésére utal a kémiai részecskemodell ellenében. Ugyanígy felfedezhetők az atom- és molekulafogalom keveredését bizonyító válaszok is. A kémiával kapcsolatos alapvető fogalmak esetén a természettudományos tárgyakat tanító (de nem kémia szakos) tanárok mintegy harmada naiv elképzeléseire, érzékszervi tapasztalataira támaszkodva kezel olyan fogalmakat, mint amilyen az atom, molekula, elem, kémiai reakció.

A tanulói tévképzetekről bebizonyosodott, hogy földrésztől, kultúrától függetlenül gyakorlatilag mindenhol ugyanazok, több esetben még a százalékos megoszlásuk is hasonló. Ugyanez elmondható a tanári tévképzetekről is (12. táblázat).

Szakirodalmi adatok sokasága bizonyítja, hogy az elsőként rögzült, naiv elképzelésen nagyon nehéz a későbbiekben már változtatni. Ezért az oktatás egy potenciális veszélyforrásának kell minősíteni azt, hogy egy másik természettudományos tárgy tanára számunkra helytelen elképzeléseket sugall. Ha például egy földrajz szakos tanár saját tévképzeteit adja át diákjainak azzal, hogy a kőzetek porladását előidéző folyamatot a vízmolekula térfogatának növekedésével magyarázza, vagy hogy a levegő alkotói közé sorolja a víz párolgásakor szerinte keletkező hidrogént is, ez megerősíti a diákokat abban, hogy saját – naiv – elképzelése helyes a kémiatanár által elmondottak ellenében.

Ugyanakkor nincs okunk kételkedni abban, hogy amint a fizikatanárok negyedével kapcsolatban kiderült, hogy helytelen elképzeléssel bírnak saját tudományterületük egy nem túl bonyolult jelensége kapcsán, ugyanígy a kémia, de minden más természettudományos tárgy esetén kimutathatók lehetnének a szakos kollégák tévképzetei.

Az eredmények ismeretében megalapozottnak tűnik az az észrevétel, hogy egy komplex természettudományos tárgy oktatására a természettudományos tanárok nincsenek felkészülve. Az, hogy egy tanuló mennyire nyerhető meg a kémia oktatásának, az első két év munkáján múlik; a kémia iránti ellenérzés ugyanis a nyolcadik évfolyamot követően válik tömeges méretűvé (Ludányi, 2006). A kémiai fogalmak komplexitása, absztrakt jellege az első két év során a módszertan olyan fokú ismeretét követeli meg, amelyre még a kémia szakos tanárok közül sem képes mindenki. A fogalmak nem megfelelő megalapozása pedig előrevetíti a (tanulói) kudarc bekövetkeztét. A felmérés eredménye arra utal, hogy jelenleg egy nem kémia szakos, de a kémia fogalmait munkája során használó tanár nem képes úgy értelmezni és úgy tanítani a fogalmakat, ahogy az számunkra, kémiatanárok számára megnyugtató lenne; és ezen – a konstruktivizmus alapelveinek megfelelően – egy-két éves levelező „science” kiegészítő szak elvégzése sem segítene.

Irodalom

- Bailey, P. D. és Garratt, J. (2002): Chemical Education: theory and practice. *University Chemistry Education*, 6. 39–57.
- Barker, V. (2004): Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas. 2009. májusi megtekintés, <http://www.rsc.org/education/teachers/learnnet/pdf/LearnNet/rsc/miscon.pdf>
- Chou Ching-Yang (2002): Science Teachers' Understanding of Concepts in Chemistry *Proc.Natl.Sci. Coun.C.ROC(D)*, 2. 73–78.
- Gabel, D. (1996): The complexity of chemistry: Research for teaching in the 21st century. Paper presented at the 14th International Conference on Chemical Education. Brisbane, Australia. Idézi: Levy, N. T., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. és Bar-Dov, Z. (2004): Can Final Examinations Amplify Students' Misconceptions in Chemistry? *Chemistry Education: Research and Practice*, 3. 301–325.
- Goodwin, A. (2000): The Teaching of Chemistry: Who is the Learner? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1. 51–60.
- Johnstone, A. H. (2000): Chemical Education Research: Where from Here? *University Chemistry Education*, 1. 34–38.
- Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásakor. *Magyar Pedagógia*, 1. 19–40.
- Korom Erzsébet és Csapó Benő (1997): A természettudományos fogalmak megértésének problémái. *Iskolakultúra*, 2. 12–20.
- Levy, N. T., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. és Bar-Dov, Z. (2004): Can Final Examinations Amplify Students' Misconceptions in Chemistry? *Chemistry Education: Research and Practice*, 3. 301–325.
- Lewis, E. L. és Linn, M. C. (1994): Heat, energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements.

Journal of Research in Science Teaching, 6. 657–677.

Ludányi Lajos (2006): Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában. *Magyar Kémikusok Lapja*, 61. 173–178.

Nahalka István (1997): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron I.–II.–III. *Iskolakultúra*, 2–3–4.

Osborne, R. J. és Cosgrove, M. M. (1983): Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20. 829.

Papageorgiou, G. és Sakka, D. (2000): Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2. 237–247.

Saul, H. és Kikas, E. (2003): Difficulties in acquiring theoretical concepts: A case of high-school chemistry. *Trames*, (57/52), 2. 99–119.

Sirhan, G. (2007): Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 2. 2–20.

Taber, K. S. (2001): Building the Structural Concepts of Chemistry: Some Considerations from Educational

Research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2. 123–158.

Talanquer, V. (2006): Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. *Journal of Chemical Education*, 5. 811–816.

Tóth Zoltán (1999): A kémiakönyvek, mint a tévképzetek forrásai *Iskolakultúra*, 10. 103–108.

Tóth Zoltán (2000): „Bermuda-háromszögek” a kémiában. *Iskolakultúra*, 10. 71–76.

Valanides, N. (2000): Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2. 249–262.

Vosniadou, S. és Ioannides, C. (1999): A fogalmi fejlődéstől a természettudományos nevelésig. *Iskolakultúra*, 10. 18–32.

Köszönetemet fejezem ki az OTKA(T-049379) számú pályázatnak az anyagi támogatásért.



A Gondolat Kiadó könyveiből