

Tóth Zoltán – Kiss Edina

Debreceni Egyetem, TTK, Szervetlen és Analitikai
Kémiai Tanszék, Kémia Szakmódszertani Csoport –
Debrecen, Péchy Mihály Építőipari Szakközépiskola,
Debreceni Egyetem, Kémia Doktori Iskola

A fizikai és kémiai változások azonosításával kapcsolatos tudásszerkezet

Fejlődik-e a tanulók fizikai és kémiai változások azonosításával kapcsolatos fogalmi rendszere az életkor előrehaladtával? Miként szerveződik a makro-, részecske- és szimbólumszinteken megfogalmazott változások azonosításával kapcsolatos tudás a tanulók kognitív rendszerében? Történik-e kimutatható változás ebben a tudásszerkezetben az iskolai tanulmányok során?

A kémia alapfogalmai közé tartozó fizikai és kémiai változás az első kémiaórák anyaga az iskolában. A tantervkészítők és tankönyvírók szerint ez a két fogalom annyira alapvető a kémia tanulása szempontjából, hogy a fizikai és kémiai változás megfogalmazásával, a két folyamat közötti különbségtétellel kell kezdeni a kémia tanítását és tanulását. Sajnos, a tanítási tapasztalatok nem igazolják ezt az optimizmust. A tanulók nemhogy kémiai tanulmányaik kezdetén, de még érettségire készülve sem mindig tudnak különbséget tenni fizikai és kémiai változás között.

Makro-, részecske- és szimbólumszinten megfogalmazott kémiai és fizikai változások, valamint oldási folyamatok azonosításával kapcsolatos írásbeli teszttel vizsgáltuk 7–11. osztályos tanulók teljesítményét és tudásszerkezetét.

Elméleti háttér

A fizikai és kémiai változás fogalmát a kémia tudománya hozta létre saját elméleti rendszerének leírására. Mint ún. tudományos fogalmak távol állnak az emberek hétköznapi életétől és ezért nehezen is tanulhatók. Megértésüket tovább nehezíti, hogy – a kémia számos fogalmához hasonlóan (Tóth, 2001, 2002a) – három szinten lehet értelmezni és definiálni őket: az érzékelhető valóság szintjén (makroszint), a részecskék (atomok, molekulák, ionok) szintjén (szubmikro- vagy részecskeszint) és a kémia sajátos szimbólumrendszerével (vegyjelekkel, képletekkel, reakcióegyenletekkel) (szimbólumszint). (Tóth, 1999, 2000, 2001, 2002a)

A fizikai és kémiai változás makroszintű értelmezése általában azzal kapcsolatos, hogy a kémiai változás során új tulajdonságú anyag képződik, illetve a kémiai változás az anyag kémiai tulajdonságait változtatja meg. A részecskeszintű meghatározások vagy az elektronszerkezet megváltozására, vagy a részecskék közötti (elsőrendű) kémiai kötések felbomlására és kialakulására helyezik a hangsúlyt. A szimbólumszintű definíció pedig a kémiai reakciót a kémiai egyenlettel (reakcióegyenlettel) azonosítja. Egy, a magyar tankönyvcsaládok fizikai és kémiai változással kapcsolatos tárgyalásmódját összehasonlító elemző tanulmány szerint (Tóth, 2002b) a legtöbb tankönyv többször is tárgyalja a kémiai változást, általában először makroszinten, majd részecskeszinten és végül a szimbólumok szintjén, de igazán jól használható, minden esetben kielégítő definíciót egyik tan-

könyv sem tud adni. A makroszintű definíciókkal az a legnagyobb probléma, hogy nem jól definiált fogalmakkal („új minőségű/tulajdonságú anyag” képződése, „az összes/kémiai tulajdonság” megváltozása) próbálják leírni a kétféle folyamat lényegét. A részecskeszintű definíciók már lényegesen kezelhetőbb leírást adnak („megváltozik a részecskék elektronszerkezete”, „új kémiai kötések bomlanak fel és alakulnak ki”), csak az a baj, hogy számos olyan folyamatot (például csapadékképződési reakció, cserebomlás, ionrácsos vegyületek oldása, egy fémtárgy széttörése vagy összehégesztése stb.) ismerünk, amelynek besorolása a részecskeszintű definíciók alapján nem ad helyes eredményt. A besorolás szempontjából talán a legkritikusabb folyamat a hétköznapi életben is gyakran előforduló oldás. Itt csúcsosodik ki az a probléma, hogy a kémiai változás makroszintű („új tulajdonságú anyag megjelenése”) és részecskeszintű („új kémiai részecske képződése”) értelmezése nem esik egybe. Ez eredményezi a tankönyvi tárgyalásmódok ellentmondásosságát vagy újabb fogalmak (például „fizikai oldatok”, „kémiai oldatok”, valamint „fizikai-kémiai változás”) bevezetését.

A fizikai és kémiai változás különböző szintű értelmezése közötti ellentmondások miatt Brosnan (1999) megkérdőjelezte ezek taníthatóságát, illetve a kémiai tanulmányok kezdetén való tárgyalását. Véleménye szerint a két változás között csak az tud igazából különbséget tenni, aki kellően ismeri az anyag átalakulásainak makro- és részecskeszintű jellemzőit.

Valószínűleg meg kellene változtatni a tanítási sorrendet is, csak a fizikai és kémiai változások alapos, minden szintre kiterjedő megismerése után célszerű az oldási folyamatokat tárgyalni. Pozitív jel viszont, hogy az oldási folyamatok azonosításához szükséges tudásban egyre meghatározóbbá válik a részecskeszintű értelmezés a kezdeti makroszintű értelmezéssel szemben.

A tanulóknak a fizikai és kémiai változás azonosításával kapcsolatos problémáiról és tévképzeteiről számos tanulmány született, melyek összefoglalója olvasható Taber (2002) és Barker (2000) munkájában is. A nagyszámú külföldi tanulmányból hármat emelünk ki: Stavridou és Solomonidou (1989) azt vizsgálták, hogy a tanulók hogyan tesznek különbséget fizikai és kémiai változás között. Megállapították, hogy a tanulók többsége a kémiai változást vagy az anyag vissza nem fordítható átalakulásaként, vagy két anyag kölcsönhatásaként értelmezi.

Tsaparlis (2003) pedig azt találta, hogy a tanulók többsége különbséget tesz kémiai változás és kémiai reakció között és olyan külső jegeket, mint például a gáz- vagy habképződés egyértelműen a kémiai reakció jelének tartja. Solsona és mtsai (2003) a kémiai változásról két különböző időpontban írt tanulói esszéik elemzése során arra a megállapításra jutottak, hogy a kémiai tanulmányok előrehaladása nem eredményezett kimutatható fejlődést a tanulók kémiai változással kapcsolatos gondolkodásában. Egy korábbi tanulmányunkban (Kiss és mtsai, 2005) azt elemeztük, hogy milyen jellemzőket tulajdonítanak a magyar 7–11. évfolyamra járó tanulók a fizikai és kémiai változásnak. A vizsgált 25 jellemző közül 12 esetében (fényjelenség, halmazállapot-változás, az anyag visszafordítható átalakulása, részecskék elektronszerkezetének megváltozása, elsődrendű kötések egyidejű felbomlása és kialakulása stb.) tudtunk kimutatni pozitív változást az életkor előrehaladtával. Ugyanakkor – elsősorban a kémiai változás esetén – 32 tévképzetet találtunk (például a színváltozás kémiai változásra utal, elsődrendű kémiai kötések csak kémiai változás során alakulhatnak/bomolhatnak fel, csak a kémiai folyamatokat lehet vegyjelekkel és képletekkel leírni stb.) a tanulók jellemző hibás válaszai mögött.

A fizikai és kémiai változás megkülönböztetése, különösen az oldás besorolása azonban nemcsak a tanulóknak jelent problémát. Taber (2002) kémiai tévképzetekről szóló

összefoglaló munkájában beszámol arról, hogy a nátrium-klorid vízben való oldásának megítélése mennyire megosztotta a tanárokat. Voltak, akik fizikai változásnak ítélték mondván, hogy „a NaCl fizikai módszerekkel visszanyerhető” vagy „a víz szerkezete nem változott meg” vagy „a kémiai összetétel nem változott”. Mások úgy vélték, hogy a folyamat nem kategorizálható, hiszen bár valóban megfordítható, de benne elsőrendű kötések szakadnak fel, és ez a kémiai változás jele is lehet. Megint mások, épp az előzőekre hivatkozva mindkét kategóriába besorolták a só oldását. A kémiai változás mellett voksolók az ionos kötés felszakadását és a hidratált ionok képződését emelték ki.

Látható tehát, hogy két, egyértelműen nem definiálható fogalommal állunk szemben. Ezért is fontos és érdekes megvizsgálni, hogy miként alakul a magyar általános és középiskolás tanulók fizikai és kémiai változások megkülönböztetésével kapcsolatos fogalmi rendszere, tudásszerkezete.

A kutatás célja

Ebben a tanulmányban a fizikai és kémiai változás megértésével, fogalmának fejlődésével kapcsolatos vizsgálatunk néhány részeredményéről számolunk be. Egy empirikus vizsgálat eredményeinek értékelése során a következő kutatási kérdésekre kerestük a választ:

- Fejlődik-e a tanulók fizikai és kémiai változások azonosításával kapcsolatos fogalmi rendszere az életkor előrehaladtával?
- Miként szerveződik a makro-, részecske- és szimbólumszinteken megfogalmazott változások azonosításával kapcsolatos tudás a tanulók kognitív rendszerében?
- Történik-e kimutatható változás ebben a tudásszerkezetben az iskolai tanulmányok előrehaladtával?
- Megfelel-e a tudás szerveződése annak a hierarchiának, amely a fizikai és kémiai változás tanításának sorrendjében nyilvánul meg?

A vizsgálat eszköze, alanyai és lebonyolítása

A felméréshez egy három feladatblokkból álló írásbeli tesztet készítettünk. Az első blokkban a fizikai és kémiai változás definíciójának megfogalmazásával, valamint példák megadásával kapcsolatos nyíltvégű kérdéseket kellett a tanulóknak megválaszolni. A második blokkban (*1. ábra*) egy-egy különböző szinten (makro-, részecske- és szimbólumszinten) leírt tipikus fizikai és kémiai változást, valamint oldási folyamatot kellett a tanulóknak azonosítaniuk, és válaszukat szövegesen is indokolni. Ennek a 9 feladatból álló blokknak az elemzése képezi a jelen tanulmány tárgyát. Tanulmányunkban azonban nem foglalkozunk a zártvégű kérdésekre adott válaszok indoklásával, ennek értékelése még a jövő feladata. A harmadik blokkban 25 állítást kellett a tanulóknak besorolniuk annak megfelelően, hogy csak a fizikai, csak a kémiai, vagy mindkét, esetleg egyik változást sem jellemzi. Ennek a feladatblokknak a részletes elemzését korábban már publikáltuk. (*Kiss és mtsai, 2005*)

A vizsgálatba bevont tanulók 17 hat- és nyolcosztályos gimnázium 7–11. évfolyamos diákjai voltak, összesen 776-an. A minta évfolyam szerinti eloszlását az *1. táblázat* mutatja. Felmérésünket azért korlátoztuk csak a hat- és nyolcosztályos gimnáziumokra, hogy minimálisra csökkentjük a 8. évfolyam után az iskolaváltásból adódó differenciálódás torzító hatását. A felmérésre 2003 májusában, júniusában, tehát a tanév végén került sor. A feladatlapokat a szaktanár felügyelete mellett normál tanítási órán töltötték ki a tanulók. Minden osztályban egyszerre négy különböző témakörben elkészített felmérés megírására került sor, így a fizikai és kémiai változással kapcsolatos feladatlapot az ülésrendnek megfelelően minden negyedik tanuló töltötte ki, a mintavétel tehát a felmérésben részt vett osztályokon belül véletlenszerűnek tekinthető. A visszaérkezett feladatla-

A következő változásokról döntsd el, hogy fizikai vagy kémiai változások-e! Válaszodat a változás mellé írt megfelelő betűvel jelöld, majd indokold!

A) fizikai változás B) kémiai változás C) mindkettő
D) egyik sem E) nem tudom

1. vas rozsdásodása

Indoklás:.....

2. üveg összetörése

Indoklás:.....

3. cukor oldása vízben

Indoklás:.....

4. $Na_{(aq)} + h\bar{o} \rightarrow Na_{(g)}$

Indoklás:.....

5. $Ag^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + Na^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)}$

Indoklás:.....

6. $NaCl_{(s)} + víz \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

Indoklás:.....

7.

Indoklás:.....

8.

Indoklás:.....

9.

Indoklás:.....

1. ábra. A felmérőlap fizikai és kémiai változások azonosításával kapcsolatos részlete

pok feldolgozását (kódolás, a válaszok számítógépes rögzítése, értékelés) mi végeztük. A felmérés megíratásakor – háttérváltozóként – rögzítettük a tanuló nemét, évfolyamát, valamint utolsó félévi kémiaosztályzatát.

1. táblázat. A minta évfolyam szerinti eloszlása

Évfolyam	7.	8.	9.	10.	11.
Létszám (N)	174	168	148	150	136

Értékelési módszerek

Az eredmények feldolgozásához, statisztikai értékeléséhez EXCEL és SPSS programokat használtunk. A tudásszerkezetet egy ma még kevésbé elterjedt modell, az úgynevezett tudástér-elmélet alapján vizsgáltuk.

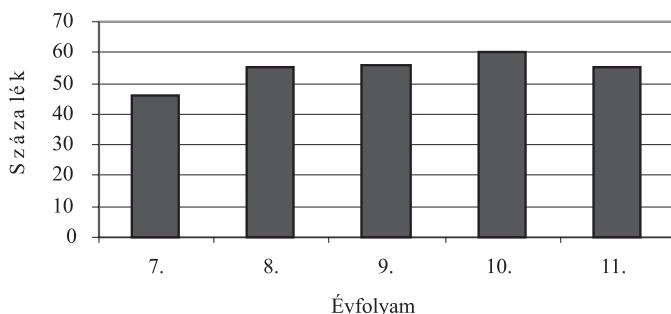
A tudástér-elmélet olyan sokdimenziós modell, amely a tudás kognitív szerveződését jól tagolt tudástérrel próbálja leírni. A tudástér egy adott témakör (például fizikai és kémiai változások) megértéséhez szükséges tudás összessége. A természettudományokban ez általában problémák (feladatok) olyan csoportját jelenti, amelyet a tanulónak tudása alapján meg kellene oldania. Ezek a problémák, illetve a megoldásukhoz szükséges ismeretek többé-kevésbé hierarchikus rendszert képeznek. A tudástér-elmélet alapfeltevése szerint ha egy tanuló meg tud oldani egy, a feladathierarchiában magasabb szinten álló feladatot, akkor várható, hogy minden olyan feladatot meg tud oldani, amely a hierarchiában alatta helyezkedik el. Ebből az alapfeltevésből kiindulva megadhatjuk az egy tudástérben lévő ismeretek (feladatok) szakértői hierarchiáját, és abból levezethetjük a szakértői tudásszerkezetet. A szakértői tudásszerkezet ismeretében megállapíthatjuk az egyes tanulók legvalószínűbb tudásállapotát (vagyis azon feladatok összességét, amelyet a tanuló meg tud oldani) és megmondhatjuk azt is, hogy a tanulók eddigi tudásuk alapján milyen új ismeret befogadására vannak előkészítve. A tudástér-elmélet alapfeltevése-ből kiindulva, figyelembe véve a tudás instabilitását (a szerencsés találat és a véletlen hi-

ba torzító hatását) is, meghatározhatjuk egy-egy tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezetét. A tudásszerkezet alapján megkereshetjük a tanulócsoporthoz leginkább jellemző tanulási utat, azaz a tudástérben lévő ismeretek tanulását jellemző sorrendjét. Ugyancsak a tudásszerkezet alapján megalkothatjuk a tanulócsoporthoz legjellemzőbb feladathierarchiát, a tudás szerveződésének legvalószínűbb modelljét. A tanulócsoporthoz jellemző tanulási útnak és a tudásszerveződés modelljének az elemzése, más tanulócsoporthoz képest, illetve a szakértőjével való összevetése lehetőséget teremt a tudásszerkezet és a tudásszerveződés változásának tanulmányozására is. A szakértői tudásszerkezet és a válaszszerkezet alapján megállapíthatjuk a tudástér legkritikusabb feladatait, fogalmait, melyek elsajátításához a tanulócsoporthoz legtöbb tagja rendelkezik a szükséges előismeretekkel. A tudástér-elmélet részletes ismertetésével számos angol nyelvű szakirodalom (Doignon és Falmagne, 1999; Falmagne és mtsai, 1990; Falmagne és mtsai, é. n.; Albert, 1994; Taagepera és mtsai, 1997) és egy magyar nyelvű összefoglaló tanulmány (Tóth, 2006a) foglalkozik. Alkalmazására elsősorban a természettudományok (különösképpen a kémia) területén találunk publikációkat. (Arasasingham és mtsai, 2004; 2005; Taagepera és Noori, 2000; Taagepera és mtsai, 1997; 2002; Tóth, 2006b; Tóth és Kiss, 2006)

A tudásszerkezet elemzéséhez a tanulói válaszokat dichotóm-skálán – jó (1) vagy rossz (0) – értékeltük. A tanulók tudásállapotából állítottuk össze a tanulócsoporthoz jellemző válaszszerkezetet, majd egy illesztőprogram segítségével (Potter, 2004) – a szerencsés találat és a véletlen hiba valószínűségét egyaránt 10 százaléknak becsülve – megkerestük a kiindulási válaszszerkezetet legjobban leíró tudásszerkezetet. A tudásszerkezetben a leggyakoribb tudásállapotokat tartalmazó út az úgynevezett jellemző tanulási út. A jellemző tanulási utat más módszerekkel, például egy erre a célra kifejlesztett számítógépes eljárással (Lloyd, é. n.) is meghatároztuk. A feladatok viszonylag nagy száma (9) és a kapott tudásszerkezetek bonyolultsága miatt be kellett érnünk a tanulócsoporthoz jellemző tanulási utak meghatározásával, de a tudás szerveződését modellező jellemző feladathierarchiák megállapítása eddig még nem sikerült. Az elemzés részletes leírása egy magyar nyelvű közleményben (Tóth, 2006) olvasható.

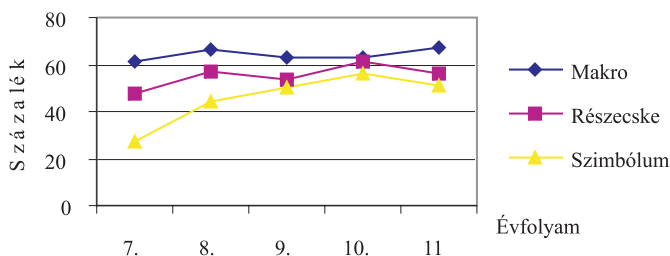
Eredmények és értékelésük

Amint az a 2. ábrából is kitűnik, a különböző folyamatok kategorizálásában elért teljesítmény 50–60% között változik, és az évfolyammal enyhén nő. Kivételt képez a 11. évfolyam, ahol a 10. évfolyamhoz képest visszaesés tapasztalható. Ennek a teljesítménycsökkenésnek a valószínű oka az, hogy a legtöbb iskolában 11. osztályban már nem tanították kémiát. A varianciaanalízis azonban azt eredményezte, hogy csak a 7. évfolyam és a 8–11. évfolyamok teljesítménye között van szignifikáns különbség, sem a 9–10. osztályban észlelt növekedés, sem a 11. osztályban bekövetkezett visszaesés nem szignifikáns.



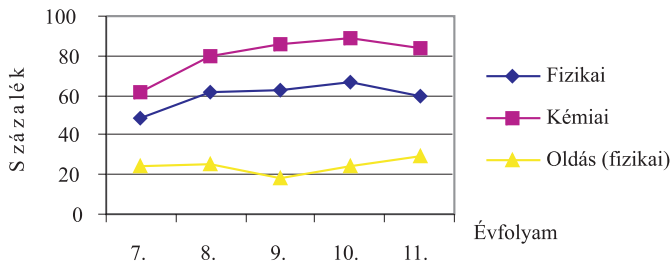
2. ábra. A folyamatok besorolásának eredményessége évfolyamonként

A 3. ábra a különböző szinteken (makro-, részecske- és szimbólumszinten) megfogalmazott folyamatok azonosításának eredményességét mutatja. Látható, hogy általában a makroszinten leírt (1–3.) folyamatok azonosítása a legsikeresebb, és ennek eredményessége gyakorlatilag nem változik az évfolyammal. Kis mértékű teljesítménynövekedést lehet látni a részecskeábrákkal szimbolizált (7–9.) folyamatok besorolásában. Szignifikáns és látványos teljesítményjavulás a szimbólumszinten (kémiai egyenletekkel) leírt (4–6.) folyamatok azonosításánál látható, és ez összhangban van a kémiai egyenlet tanításának és használatának időbeliségével.



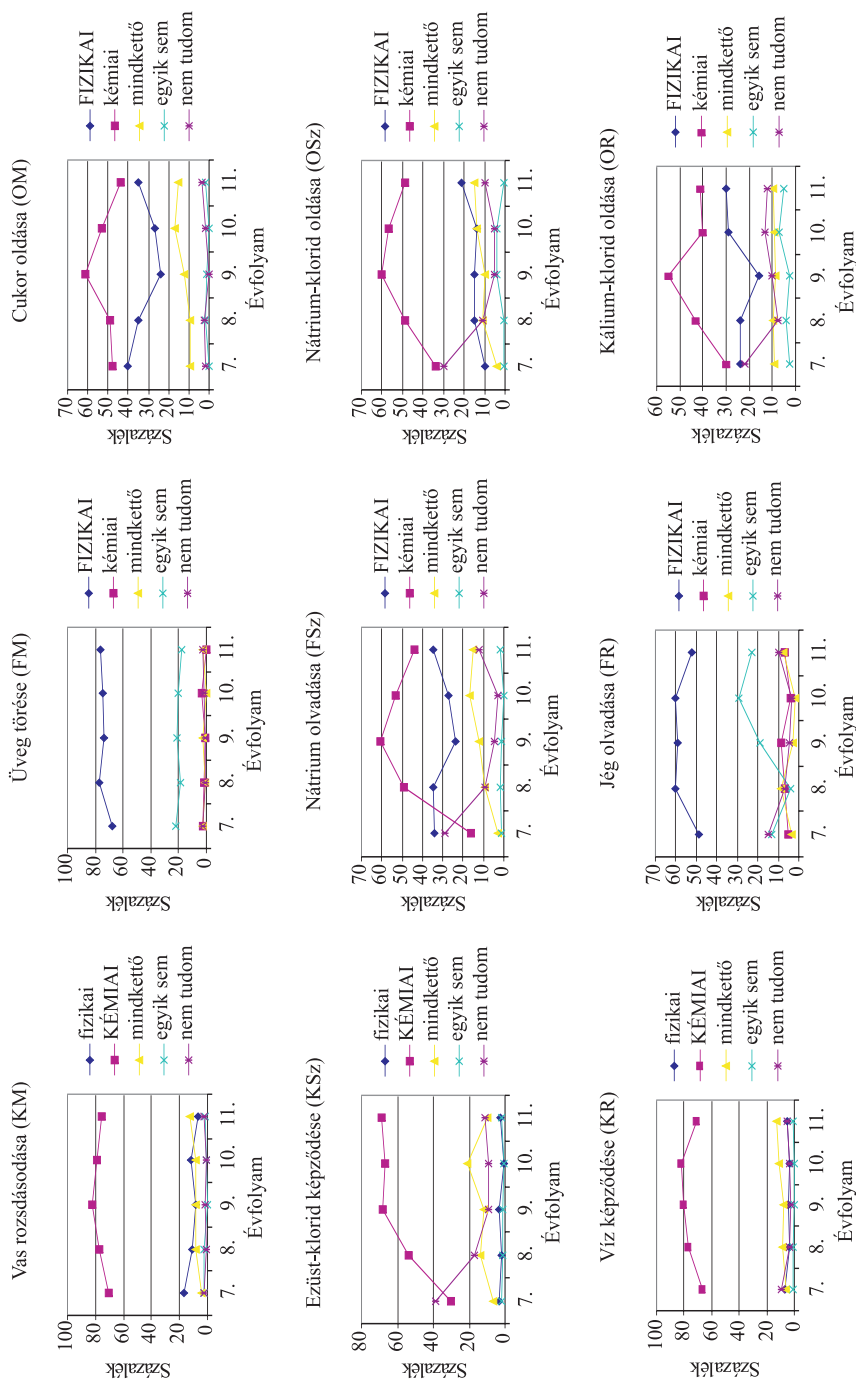
3. ábra. A makro-, részecske- és szimbólumszinten megfogalmazott folyamatok azonosításának eredményessége az évfolyam függvényében

A 4. ábrán látható adatokból kitűnik, hogy minden évfolyamon a kémiai változás azonosítása a legeredményesebb, és legkritikusabb az oldásnak mint fizikai változásnak a besorolása. Az is látható, hogy a kémiai és a fizikai változás felismerése a kémiai tanulmányok előrehaladtával egyre sikeresebb lesz, bár a varianciaanalízis szerint mindkét esetben csak a 8. évfolyamon következik be szignifikáns teljesítménynövekedés. Ezzel ellentétben az oldás megítélésének sikeressége gyakorlatilag független az évfolyamtól, tehát a kémiai ismeretek bővülése sem teszi tisztábbá az oldási folyamatok fizikai változásként való értelmezését.



4. ábra. Tipikus fizikai és kémiai változások, valamint az oldás mint fizikai változás azonosításának eredményessége különböző évfolyamokon.

Az 5. ábrán egymás mellett látjuk a különböző szinten leírt folyamatok esetén kapott válaszok eloszlását, egymás alatt pedig a különböző típusú folyamatok besorolásának adatai láthatók. Megállapíthatjuk, hogy valamennyi évfolyamon sikeresnek tekinthető két makroszinten („a vas rozsdásodása”, „az üveg összetörese”) és két részecskeszinten leírt folyamat („a víz képződése”, „a jég olvadása”) azonosítása. Szintén az évfolyamtól gyakorlatilag független az oldási folyamatok („cukor oldása”, „nátrium-klorid oldása”, „kálium-klorid oldása”) besorolásának sikertelensége. A tanulók – évfolyamuktól és a leírás szintjétől függetlenül – inkább kémiai változásnak tekintik az oldást, mint fizikainak. Ez arra utal, hogy a folyamatok megítélésekor a kémiai változás makroszintű jellemzői a meghatározóak („új tulajdonságú anyag képződik”, „két anyag kölcsönhatása valósul meg”). Megfigyelhető, hogy a tanulók mindhárom kémiai szimbólumokkal leírt folya-



5. ábra. A test kilenc feladatára adott tanulói válaszok megoszlása az évfolyam függvényében. Vízszintesen az azonos szinten (M: makroszint, Sz: szimbólumszint, R: részecskeszint) leírt, függőlegesen az azonos típusú (K: kémiai változás, F: fizikai változás, O: oldás) folyamatok esetén kapott eloszlásfüggvények láthatók. A helyes választ a jelmagyarzatban csupa nagybetűvel írtuk.

matot („ezüst-klorid képződése”, „nátrium olvadása”, „nátrium-klorid oldása”) kémiai változásnak tekintik, és az ilyen választ adó tanulók részaránya a 8. és 9. osztályban szignifikánsan nő. Ez összhangban van azzal a korábbi eredményünkkel (*Kiss, Sebestyén és Tóth, 2005*), mely szerint eléggé gyakori az a tévképzet, hogy a kémia szimbólumrendszerével (vegyjelekkel, képletekkel, reakcióegyenletekkel) csak a kémiai változásokat lehet leírni. Az is megfigyelhető, hogy 7. évfolyamon a „nem tudom” választ adók részaránya a szimbólumszintű folyamatok esetén a legnagyobb, és ez az arány a kémiai tanulmányok előrehaladtával rohamosan csökken.

A tudástér-elmélet alapján meghatározott jellemző tanulási utakat mutatja a 6. ábra. Ezen az ábrán láthatjuk a kémiatanításban legnépszerűbb négy tankönyvcsaládban előforduló tanítási sorrendet, az ún. szakértői tanulási utat is. Az egyes feladatok megoldásához szükséges tudáselemek lineáris hierarchiáját kifejező tanulási utak összehasonlító elemzése a következőket mutatja:

- A szakértői (tankönyvi) tanulási út, azaz az ismeretek tanítási sorrendje lényegesen különbözik a tanulócsoportokra jellemző tanulási utaktól. A tankönyvek először a fizikai változások makro-, majd részecskeszintű értelmezésével foglalkoznak. Ezt követően tárgyalják az oldási folyamatokat (mint fizikai változást), majd a kémiai változásokat először makro-, majd részecskeszinten. Végül a kémiai változás, az oldás és a fizikai változás szimbólumszintű (kémiai egyenletekkel leírt) tárgyalása következik. Ezzel szemben a tanulócsoportok jellemző tanulási útjában az oldási folyamatok mindig a tanulási út végén szerepelnek, évfolyamtól függetlenül.

- Megfigyelhető, hogy 7. és 8. évfolyamon a tanulási út minden esetben a fizikai és a kémiai változás makroszintű leírásával indul, és ezt követi a részecskeszint, majd a szimbólumszint.

- Figyelemre méltó, hogy a kémiai változás szimbólumszintű megfogalmazása egyre előrébb kerül a különböző évfolyamok jellemző tanulási útjában, 10. évfolyamon az ennek azonosításához szükséges ismeretek a legjobban rögzült, leghasználhatóbb ismeretek.

- 11. évfolyamon a tanulási utak eleje kuszává válik, bár még mindig megfigyelhető a kémiai változások előtérbe kerülése a fizikai változásokkal szemben.

- Bár az oldási folyamatok azonosításával kapcsolatos problémák minden évfolyam esetén a tanulási utak végén vannak, a kezdeti „makroszint > részecskeszint > szimbólumszint” sorrend 10–11. osztályban kedvezően változik, amennyiben ezeknek a folyamatoknak a helyes besorolásához szükséges részecskeszint kerül előtérbe.

- Az egyes tanulócsoportokra jellemző tanulási utak száma a tanulócsoport tudásszerkezetének összetettségére utal. Így például a 9. osztályosok esetén talált egy tanulási út meglehetősen egységes, homogén tudásszerkezetet takar, ugyanakkor a 11. évfolyamosokra jellemző négy tanulási út a tudásszerkezet diffúz voltát sejteti.

Megállapítható tehát, hogy a tanulóokra jellemző tanulási utak lényegesen különböznek a tankönyvek által javasolt tanulási úttól, és a különböző évfolyamra járó tanulócsoportok tanulási útjaiban egyre előrébb kerül a kémiai változás szimbólum- és részecskeszintű leírása, valamint az oldási folyamatok esetén is megfigyelhető egy pozitív változás, a makroszint elsődleges szerepét a részecskeszint váltja fel.

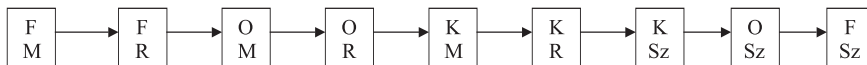
A tanulócsoportok jellemző tanulási útjainak összehasonlítását nemcsak az évfolyamok között végeztük el, hanem az évfolyamokon belül, a kémiajegyek alapján képzett alcsoportok között is („jó tanulók” és „rossz tanulók”). A kapott jellemző tanulási utakat területi okokból itt nem mutatjuk be, mindössze néhány figyelemreméltó különbséget említünk meg.

Valamennyi évfolyamra igaz, hogy a „jó tanulók” alcsoport tudásszerkezete egységesebb, mint a „rossz tanulók” alcsoporté, azaz utóbbiak jellemző tanulási útjainak száma mindig nagyobb, mint az előbbieké. (2. táblázat)

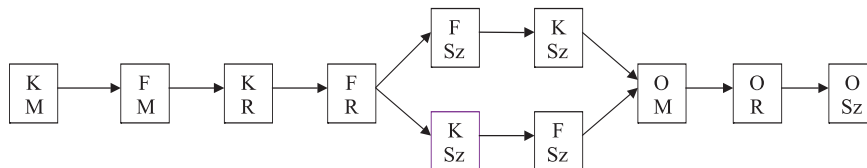
2. táblázat. A kémiajegyek alapján képzett alcsoportokra jellemző tanulási utak száma évfolyamokra lebontva

Évfolyam	7.	8.	9.	10.	11.
„Jó tanulók”	1	2	4	1	4
„Rossz tanulók”	2	4	6	2	6

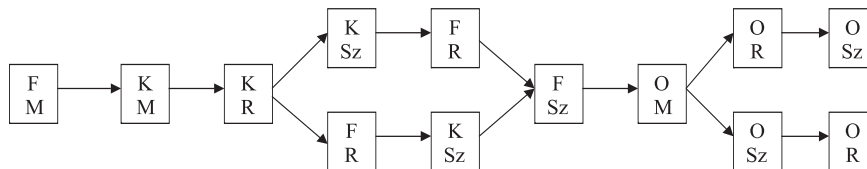
Szakértői (tankönyvi) tanulási út



7.osztályosok jellemző tanulási útjai



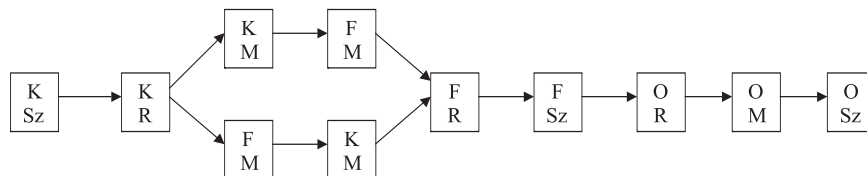
8. osztályosok jellemző tanulási útjai



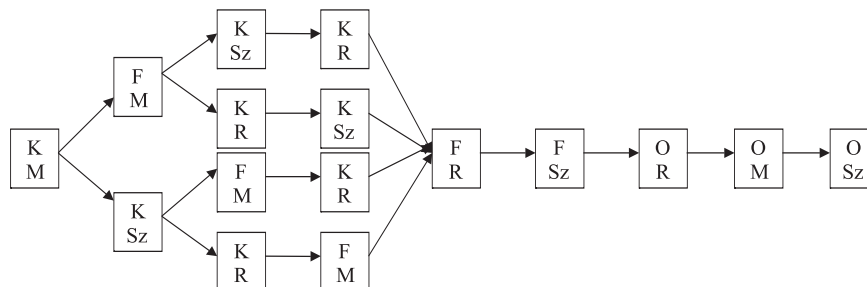
9.osztályosok jellemző tanulási útjai



10.osztályosok jellemző tanulási útjai

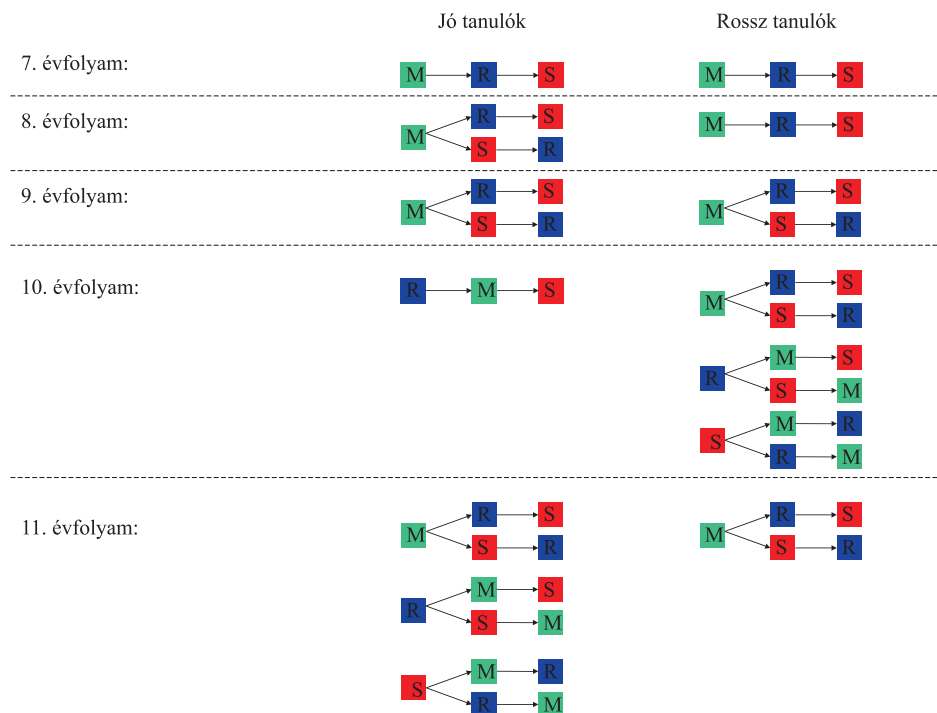


11.osztályosok jellemző tanulási útjai



6. ábra. A különböző évfolyamú tanulócsoportok jellemző tanulási útjai, valamint a tankönyvek által követett szakértői tanulási út (K: kémiai változás; F: fizikai változás; O: oldás; M: makroszint; R: részecskeszint; Sz: szimbólumszint)

A jellemző tanulási utakban a különböző szinten leírt folyamatok rangszáma alapján meghatározható egy szintekre vonatkozó összesített tanulási út. Amennyiben ezeket hasonlítjuk össze a kémiajegyek alapján képzett két alcsoport esetén, azt láthatjuk, hogy a 7. osztályban még mindkét alcsoportra jellemző „makroszint › részecskeszint › szimbólumszint” tanulási út a jó tanulók esetén korábban – már 8. évfolyamon – kezd átalakulni, és egyre előrébb kerül a folyamatok azonosítása szempontjából leghasználhatóbb részecskeszint. (7. ábra) Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy mindkét alcsoport esetén visszalépés jelentkezik 11. évfolyamon: a „jó tanulók” tanulási útja a 10. évfolyamos „rossz tanulók” tanulási útjához lesz hasonló, a 11. évfolyamos „rossz tanulóké” pedig visszaesik a 9. évfolyamos szintre.



7. ábra. Az értelmezési szintek (M: makroszint; R: részecskeszint; S: szimbólumszint) jellemzői tanulási útjainak változása évfolyamonként a kémiajegyek alapján képzett alcsoportok esetén

További érdekes különbség, hogy 7. osztályban – a tanulási utak főbb jellemzőinek hasonlósága mellett – a „jó tanulók” tanulási útjában viszonylag előre kerül egy oldási folyamat, a cukor oldásának (3. feladat) besorolása. Ez valószínűleg inkább azzal magyarázható, hogy a jó tanulók megtanulták, hogy a cukor oldása fizikai változás, semmint az, hogy – a többi évfolyammal ellentétben – tisztában lennének az oldás makroszintű értelmezésével.

Összefoglalás

Makro-, részecske- és szimbólumszinten megfogalmazott kémiai és fizikai változások, valamint az oldási folyamatok azonosításával kapcsolatos írásbeli teszttel vizsgáltuk a 7–11. osztályos tanulók teljesítményét és tudásszerkezetét.

Megállapítottuk, hogy a folyamatok azonosításával kapcsolatos tudás összességében 8. osztályban fejlődik a legtöbbet. Nincs kimutatható fejlődés viszont a tisztán fizikai és ké-

miai változások makroszintű és részecskeszintű értelmezésében, noha ezeknek a folyamatoknak a besorolása bizonyult a legsikeresebbnek. Értelmezési szintektől és évfolyamtól függetlenül az oldási folyamatok kategorizálása jelentette a legnagyobb problémát. A tanulók többsége mindhárom szinten inkább kémiai, mint fizikai változásként kezelte az oldást. A szimbólumszintű értelmezés eredményességét 7. osztályban még nagy mértékben zavarta az, hogy a tanulók jelentős hányada még nem volt járatos a kémiai egyenletek használatában. Nyolcadik osztálytól kezdve viszont mindhárom szimbólumszinten leírt folyamatot kémiai változásnak minősítették összhangban azzal a korábbi tapasztalattal, hogy a tanulók többsége szerint kémiai egyenlettel csak a kémiai változást lehet leírni.

A tudástér-elmélet alapján elvégzett tudásszerkezet-vizsgálat során kiderült, hogy a tanulócsoportok jellemző tanulási útja alapvetően különbözik a szakértői (tankönyvi) tanulási úttól. Míg a tankönyvek az oldási folyamatokat közvetlenül a fizikai változások után elemzik, addig a különböző korosztályú tanulócsoportok tanulási útjának végén, a fizikai és kémiai változások után jelennek meg az oldási folyamatok azonosításához szükséges ismeretek. Ez arra utal, hogy valószínűleg meg kellene változtatni a tanítási sorrendet is, csak a fizikai és kémiai változások alapos, minden szintre kiterjedő megismerése után célszerű az oldási folyamatokat tárgyalni. Pozitív jel viszont, hogy az oldási folyamatok azonosításához szükséges tudásban egyre meghatározóbbá válik a részecskeszintű értelmezés a kezdeti makroszintű értelmezéssel szemben. Megfigyelhető az is, hogy a kémiai tanulmányok előrehaladtával a tudásszerkezetben egyre alapvetőbbé válnak a kémiai változás szimbólumszintű értelmezésével kapcsolatos ismeretek, de – amint azt már említettük – e mögött általában az a tanulói tévképzet húzódik meg, hogy kémiai egyenlettel csak kémiai változást lehet leírni.

A kémiából jól tanuló diákok tudásszerkezetében korábban következik be a makroszintű értelmezésről a részecskeszintűre való áttérés, mint a kémiából gyengébben teljesítő tanulókéban. Ugyanakkor a gyengébb tanulók tudásszerkezete minden évfolyamon diffúzabb, mint a jó tanulóké.

Mind a feladatok megoldásában elért eredmények, mind a tudásszerkezet változása arra utal, hogy a 11. évfolyamon a kémiai tanulmányok befejezése miatt észrevehető visszaesés következik be a tanulók fizikai és kémiai változások felismerésével kapcsolatos tudásában.

Irodalom

Albert, D. (1994, szerk.): *Knowledge Structures*. (www.uni-graz.at/publicdocs/publications/albert1994.pdf)

Arasasingham, R. – Taagepera, M. – Potter, F. – Lonjers, S. (2004): Using knowledge space theory to assess student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 81, 1517–1523.

Arasasingham, R. – Taagepera, M. – Potter, F. – Martorell, I. – Lonjers, S. (2005): Assessing the effect of web-based learning tools on student understanding of stoichiometry using knowledge space theory. *Journal of Chemical Education*, 82, (8) 1251–1262.

Barker, V. (2000): *Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas*. A report prepared for the Royal Society of Chemistry.

Brosnan, T. (1999): When is a chemical change not a chemical change? *Education in Chemistry*, 2, 56.

Doignon, J-P. – Falmagne, J-C. (1999): *Knowledge Spaces*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg.

Falmagne, J-C. – Doignon, J-P. – Cosyn, E. – Thiéry, N. (é.n.): The assessment of knowledge, in theory and in practice. (www.aleks.com/aleks/science_Behind_ALEKS.pdf)

Falmagne, J-C. – Doignon, J-P. – Koppen, M. – Villano, M. – Johannesen, L. (1990): Introduction to knowledge spaces: How to build, test, and search them. *Psychological Review*, 2, 201–224.

Kiss E. – Sebestyén A. – Tóth Z. (2005): A tanulók tévképzeti és fogalmi fejlődése a fizikai változás és kémiai változás témakörében. *A Kémia Tanítása*, 4, 11–22.

Lloyd, G. (é.n.): *hDA* (hda.gaelanlloyd.com).

Potter, F. (2004): *Simplified version of KST analysis*. (chem.ps.uci.edu/~mtaagepe/KSTBasic.html)

Stavridou, H. – Solomonidou, C. (1989): Physical phenomena – chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 1, 83–92.

Taagepera, M. – Noori, S. (2000): Mapping students' thinking patterns in learning organic chemistry by the use of knowledge space theory. *Journal of Chemical Education*, 9, 1224–1229.

Taagepera, M. – Arasasingham, R. – Potter, F. – Soroudi, A. – Lam, G. (2002): Following the development of bonding concept using knowledge space theory. *Journal of Chemical Education*, 6, 756–762.

Taagepera, M. – Potter, F. – Miller, E. G. – Lakshminarayan, K. (1997): Mapping students' thinking patterns by the use of the knowledge space theory. *International Journal of Science Education*, 3, 283–302.

Taber, K. (2002): *Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure*. Royal Society of Chemistry, London.

Tóth Z. (1999): A kémia tankönyvek, mint a tévképzetek forrásai. *Iskolakultúra*, 10, 103–108.

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

Tóth Z. (2001): A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései. *A Kémia Tanítása*, 2, 3–7.

Tóth Z. (2002a): A kémiai fogalmak természete. *Iskolakultúra*, 4, 92–95.

Tóth Z. (2002b): A fizikai és kémiai változás tanításának problémái. Tankönyvi definíciók és módszerek. *A Kémia Tanítása*, 3, 3–10.

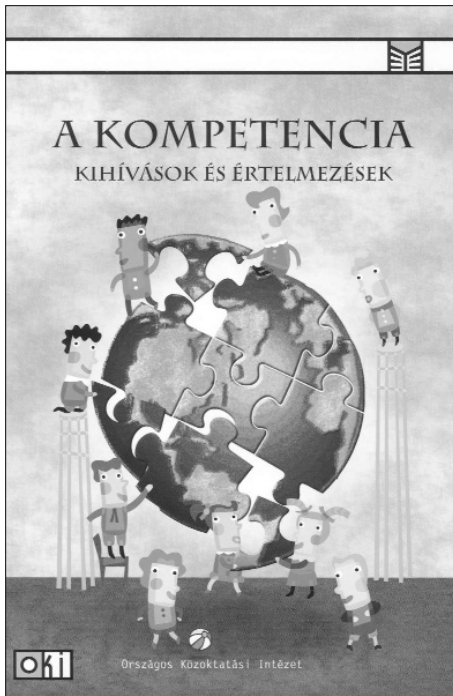
Tóth Z. (2006): A tudásszerkezet és a tudás szerveződésének vizsgálata a tudástér-elmélet alapján. *Magyar Pedagógia*, (megjelenés alatt).

Tóth Z. (2006): Középiskolás tanulók alapvető fizikai és kémiai mennyiségek ismeretével és alkalmazásával kapcsolatos tudásszerkezetének vizsgálata tudástér-elmélet segítségével. *A Kémia Tanítása*, 2, 12–21.

Tóth Z. – Kiss E. (2006): Using particulate drawings to study 13-17 year olds' understanding of physical and chemical composition of matter as well as the state of matter. *Practice and Theory in Systems of Education*, 1, 109–125. (eduscience.fw.hu)

Tsaparlis, G. (2003): Chemical phenomena versus chemical reactions: do students make the connection? *Chemistry Education: Research and Practice*, 1, 31–43.

A munkát az OTKA (T-049379) támogatta.



Az OKI könyveiből