



Tóth Zoltán

■ Debreceni Egyetem TTK Kémiai Intézet, Debrecen

A tanulók kémiai gondolkodásának néhány jellemzője

A kémiaoktatás – mint általában az oktatás – tele van olyan szövegekkel és kinyilatkozásokkal, amelyek alig többek a személyes véleményeknél, meggyőződésekkel, és erre alapozva készülnek tantervek, tananyagok – többnyire ezek tükröződnek a tanítás gyakorlatában is. Ahhoz, hogy erről a pontról elmozduljunk, és valóban előbbre vigyük a kémiaoktatást, ismernünk és – megfelelő kritikai értékelés után – alkalmaznunk kell(ene) a kémiaoktatás kutatásának eredményeit.

A kémiaoktatás kutatásának szaktekintélyei (pl. Norman Reid, Alex H. Johnstone, Vicente Talanquer, Keith Taber, Hans-Dieter Barke, Hans-Jürgen Schmidt, Geogios Tsaparlis, Uri Zoller, Onno de Jong) szerint annak, hogy a rengeteg kutatási eredmény ellenére sem változott lényegesen a kémia oktatásának hatékonysága és a tanulók kémiához való viszonyulása az elmúlt évtizedekben, egyik oka, hogy nem helyeztünk elég hangsúlyt és nem szereztünk elég ismeretet arra vonatkozóan, hogy hogyan is gondolkodnak a tanulók, amikor kémiát tanulnak, kémiai problémákat oldanak meg.

Primitív axiómák (p-primek) a tanulók gondolkodásában

A p-primek (fenomenológiai primitívek) olyan tapasztalatokon nyugvó naiv axiómák, melyek igazságtartalmát gondolkodás nélkül elfogadjuk [1]. A fogalmat diSessa vezette be a tanulók fizikai fogalmakkal kapcsolatos megértési problémáinak és hibás feladatmegoldásainak értelmezésére [2–4]. A p-prime nem egy tanult fogalom, hanem a mindennapi tapasztalatból levont következtetés, amely egy-egy jelenséget ír le. Amikor egy (természet-tudományos) problémát kell megoldanunk, akkor gyakran nyúlunk ezekhez a rövidített gondolkodási sémákhoz – nem ritkán sikerrel. A p-primek egyik nagy haszna, hogy gyors döntést, válaszadást tesznek lehetővé. Ugyanakkor, mivel gondolkodás nélkül elfogadjuk őket, számos esetben helytelen döntésre jutunk, ha nem elemezzük a megoldandó probléma finomszerkezetét. A p-primek fogalmi megértési zavarokban játszott szerepét elsősorban a fizikában tanulmányozták (pl. [2–6]), a kémia tanulásában játszott szerepükkel mindössze néhány tanulmány foglalkozik [1, 7, 8–11].

A több – az jobb/hatékonyabb

Sok mindennel úgy vagyunk, hogy ha több van belőle, az jobb, mintha kevesebb lenne. Gondoljunk például a pénzre, a tudásra, a munkaerőre, a technikai felszereltségre stb. Két tipikus példa a fizika és a kémia területéről: „Mikor lesz melegebb a víz, ha 5

percig forraljuk, vagy ha 15 percig forraljuk?” A tipikus hibás válasz: Ha 15 percig forraljuk a vizet, akkor melegebb lesz, mint ha csak 5 percig forralnánk. „Melyik erősebb bázis: a piridin vagy a pirimidin?” A tipikus hibás válasz: A pirimidin, mert abban két nitrogénatom is van. [1, 11]

A több – az nagyobb

Ha több almánk, könyvünk, ruhánk van, az nagyobb kupac alma, könyv és ruha. Ez a mindennapi tapasztalat teszi nehezzé annak belátását, hogy az atomok mérete egy perióduson belül nem nő, hanem csökken a rendszámmal. „Hogyan változik az atomok mérete a rendszámmal a periódusokban az s- és a p-mezőben?” A tipikus hibás válasz: Mivel a rendszámmal nő az atommagban található protonok száma, valamint az elektronburokban lévő elektronok száma, ezért az atomok mérete a rendszámmal nő. [1, 11]

A keményebb – stabilisabb

Számos tapasztalatunk van arról, hogy egy tárgy keménysége és stabilitása gyakran együtt járó fogalmak. Ráadásul hétköznapi értelemben a stabilitás inkább az állandóságra, a változásokkal szembeni ellenállásra vonatkozik, és nem annyira a termodinamikai stabilitásra. Kérdés: „A szén két kristályos módosulata, a gyémánt és a grafit közül melyik a stabilisabb?” A tipikus hibás válasz: A gyémánt, mivel az a legkeményebb ásványi anyag. [1, 11]

A nedves – nehezebb

Szintén hétköznapi tapasztalataink alakítják ki ezt a naiv axiómát. A nedves homok, a nedves ruha, a nedves fa valóban nehezebb, mint a száraz homok, ruha vagy fa. „Melyik a nehezebb? Az azonos térfogatú, hőmérsékletű és nyomású száraz levegő vagy nedves levegő?” A tipikus hibás válasz: Mivel a nedves levegőben víz is van, ezért az a nehezebb [1, 11–14].

A természetes – egészséges

Számos tapasztalat és különösen reklám alakítja ki bennünk ezt a naiv axiómát. Mintha az életerő-elmélet modern változatával állnánk szemben. Az élő szervezet által előállított anyagokban van valami plusz, ami a mesterséges anyagokból hiányzik. Kérdés: „Melyik az egészségesebb: a paprikából kivont C-vitamin, vagy a gyógyszergyárban szintetikus előállított C-vitamin?” A



tipikus hibás válasz: a paprikából kivont C-vitamin, mivel az természetes anyag. [1, 11]

Az egyensúly – egyenlőség

A hétköznapi gyakorlatban gyakran egyenlőségjelet teszünk az egyensúly és az egyenlőség közé. Például a mérleg akkor van egyensúlyban, ha a serpenyőben egyenlő tömegű anyag van. Kérdés: „Hogyan változik egy egyensúlyra vezető folyamatban a kiindulási anyagok és a termékek koncentrációja?” A tipikus hibás válasz: A kiindulási anyagok koncentrációja csökken, a terméké nő, és egyensúlyban a koncentrációk megegyeznek [1, 11, 13–14].

A p-prímeknek a kémiai fogalmakkal kapcsolatos megértési zavarokban játszott szerepéről részletesebben olvashatunk a [8–10] tanulmányokban. Egy vegyipari szakközépiskolások körében végzett hazai felmérés eredményeiből pedig [11]-ben találunk érdekes adatokat.

Implicit feltételezések

Amint arra Talanquer tanulmányában [15] rámutat, a kémiát tanuló emberek fogalmi nehézségei általában a hétköznapi módon való, a józan ész táplálta gondolkodásból erednek (lásd magyarul: [16]). Az emberek gondolkodására egyfajta naív realizmus jellemző, amely vakon bíz az észlelésben. A társadalomtudománnyal foglalkozó kutatók számára közismert, hogy a hétköznapi megismerés számos buktatót tartalmaz [17]. Ilyenek a pontatlan megfigyelés, a túláltalánosítás, a szelektív észlelés és az illogikus okoskodás (pl. „a kivétel erősíti a szabály”).

Tapasztalati feltételezések

A józan ésszel (hétköznapi módon) gondolkodó ember értelmezőrendszerében számtalan, a körülöttünk lévő világ megtapasztalásából származó hiedelem található. Összefoglaló néven ezeket hívjuk tapasztalati feltételezéseknek.

A *folytonosság* annak feltételezése, hogy az anyag fokozatosan egyre kisebb részekre bontható, és ezek a részek ugyanolyan tulajdonságúak, mint maga az anyag. A folytonosság mint tapasztalati feltételezés áll az olyan tévképzetek mögött, mint például „a rézatomok vörösek, a szénatomok feketék, a kénatomok sárgák”, vagy „a szilárd anyagok molekulái nehezebbek, a gázoké könnyebbek, mint a folyadékoké”, vagy „a savak részecskéi szűrősek, a bázisok viszont puha, sima részecskékből állnak”, illetve „hőtágulás során megnő a részecskék mérete”. Sajnos, a kémia oktatásakor gyakran használt szerkezeti modellek (pálcika-modell, kalotta-modell) és számítógépes animációk megerősíthetik ezeket a tévképzeteket, hiszen azokban az atomokat szimbolizáló golyók jellemző színűek, például a szén fekete, a kén sárga. A folytonosság képzete nagyon rezisztens az oktatással szemben. Emiatt a tanulók másként használják a részecskemodellt a jelenségek leírására, értelmezésére, mint a tudósok. Ahelyett, hogy a részecskék (atomok, molekulák, ionok) egyedi tulajdonságaiból és a közöttük ható kölcsönhatásokból kiindulva értelmeznék az anyag tulajdonságait, az anyagi rendszer makroszkopos jellemzőit vetítik le az alkotó részecskékre.

Az *anyagiség* azt jelenti, hogy hajlamosak vagyunk az elvont fogalmaknak és folyamatoknak is anyagi természetű jellemzőket tulajdonítani. Ebből adódnak a következő tévképzetek: „a hó a folyadékokhoz hasonlóan viselkedik, pl. áramlik”, „a kémiai kö-

tések mechanikailag létező anyagi kapcsolatok”, vagy „az égéshő benne van az éghető anyagban”.

A *lényegiség* szerint az anyagok rendelkeznek tőlük elidegeníthetetlen tulajdonságokkal, melyek akkor is megmaradnak, ha az anyag megváltozik. A józan ésszel gondolkodó diák ezért gyakran azt hiszi, hogy az elemek megtartják alapvető tulajdonságaikat vegyületeikben is. Például „a rozsdá nem más, mint a vas egyik típusa”, „az ezüst-nitrát nem reagál sósavval, mert az ezüst sem lép reakcióba a sósavval”.

Az *ok-okozatiság* annak hite, hogy bármilyen változás valamilyen külső beavatkozás eredménye, így például a kémiai reakciókat aktív ágensek okozzák passzív ágenseken. Az ehhez kapcsolható legfontosabb tévképzetek: „ha egy sav megtámad egy fémot, akkor a fém megváltozik, de a sav változatlan marad”, „a katalizátor nem vesz részt a reakcióban, pusztán jelenlétével gyorsítja meg azt”, vagy „az egymással reakcióba lépő anyagok nem egyenértékűek, például égés során az éghető anyag fontosabb, mint az oxigén”. Azt a helytelen nézetet, hogy egy kémiai reakcióban az egymással reagáló anyagok nem egyenértékűek (vanak közöttük fontosabbak és kevésbé fontosak), a szerves kémiában gyakran használatos reakcióegyenlet-írás is megerősíti.

A *teleológia* szerint, ha egy változásban nem tudjuk megadni a változást okozó reagenst, akkor feltételezzük, hogy a folyamatok valamilyen cél megvalósítása vagy szükségletek kielégítése miatt mennek végbe. Az ebből fakadó tévképzetek például: „az atomok vegyüléskor nemesgáz-szerkezetre törekszenek”, „a rendszer mindig kitér a külső hatás elől”, vagy „az anyagok azért lépnek reakcióba, hogy az energiájukat minimálisra csökkentsék”. A nemesgáz-szerkezetre „törekvés” elve jó magyarázó keret lehet a második periódusbeli elemek reakciójának értelmezésére. Túlzott hangsúlyozása vezet például ahhoz, hogy még az egyetemi tanulmányaik végén járó kémiatanár szakos hallgatók többsége szerint is a gázállapotú nátriumion stabilisabb, mint a gázállapotú nátriumatom, „mivel a nátriumionnak nemesgáz-szerkezete van”.

Reflexgondolkodások

Ugyancsak a hétköznapi tapasztalatok alakítják ki azokat a gondolkodási sémákat, amelyekkel a körülöttünk lévő világ jelenségeit értelmezzük. A reflexgondolkodások vagy más néven a józan ész heurisztikái olyan rövidített gondolkodási sémák, amelyeket gyakran alkalmazunk információk közötti keresgélésben és kiválasztásban, valamint a gyors döntéshozatalban.

Az *asszociáció* azt jelenti, hogy mindennapos asszociációk alapján megalkotott szabályokat alkalmazunk a folyamatok kiemenetelének jóslására. Ilyen például: „sav és bázis reakciója semleges oldatot eredményez”.

A *redukció* a fogalmak és jelenségek leegyszerűsítése annak érdekében, hogy minél kevesebb tényezőt kelljen figyelembe venni. A redukció eredménye például a következő néhány tévképzet: „az atom méretét az elektronok száma határozza meg”, „az atomban a protonok száma megegyezik a neutronok számával”, vagy „az aromás szénhidrogének általános képlete: C_nH_n , mivel a benzol képlete C_6H_6 ”.

A *leragadás* azt jelenti, hogy bizonyos elveket, stratégiákat és értelmezéseket automatikusan alkalmazunk anélkül, hogy a probléma természetének sajátosságaira tekintettel lennénk. A leragadás figyelhető meg a következő tévképzetekben: „minden vegyület molekulákból áll”, „a sósav mindig erős savként viselkedik”, „galvánelemt csak két különböző fémből és elektrolitból



készíthetünk”, vagy „bármely reakció sebességi egyenlete felírható a reakcióegyenlet alapján.”

A *lineáris sorrendiség* szerint bármely rendszer változásait események lineáris soraként értelmezhetjük. Az ebből fakadó tévképzetek: „Egy többlépéses reakcióban a megelőző lépésnek teljesen be kell fejeződnie ahhoz, hogy a következő lépés elkezdődjön”, vagy „az egyensúlyra vezető folyamatokban az átalakulás befejeződése után indul meg a termékek visszaalakulása”.

A reflexgondolkodás finomszerkezetét vizsgálta Maeyer és Talanquer az ún. sorbaállításos feladatok esetén [18]. (Három vagy több anyagot kell sorba állítani bizonyos tulajdonság alapján.) A vizsgálatban résztvevők leggyakrabban a következő heurisztikákat használták:

Ismertség. A vizsgált anyagok közül a legismertebb kerül a sor végére vagy elejére. Például a MgO, NaBr és NaCl közül a legismertebb NaCl-ot tették a tanulók az oldhatósági sor elejére. Vagy a H₂S, HBr és HCl savi erősségének összehasonlításakor az ismertebb HCl-t tartották a legerősebb savnak.

Reprezentativitás. Annak felismerése, hogy egy ismeretlen anyag képletében, felépítésében nagyon hasonlít egy ismert anyaghoz. Az előző példánál maradva az oldhatósági sor második tagja az ismert NaCl-hez nagyon hasonló képletű – a tanulók számára – ismeretlen NaBr lesz, vagy a savi erősségi sorban az ismert HCl után a hozzá hasonló képletű ismeretlen HBr következik.

Egyszempontú döntés. Két anyag tulajdonságainak megítélesekor valamilyen önkényes szempont kiválasztása. Például az MgO azért oldódik jobban vízben, mint a BaO, mert a magnéziumatom kisebb, vagy a periódusos rendszerben közelebb van a vízmolekula alkotó atomjaihoz, az oxigénatomhoz és a hidrogénatomhoz.

Önkényes tendenciaalapú heurisztika. A relatív tulajdonság megállapításának alapja a két anyag felépítésében található eltérő atomok periódusos rendszerben elfoglalt helye. A klór felette van a brómnak, ezért a NaCl jobban oldódik vízben, mint a NaBr. A magnézium felette van a báriumnak, ezért a MgO jobban oldódik vízben, mint a BaO.

Különbségek a kezdők és a szakértők gondolkodásában

Talanquer újabb munkáiban a tanulók implicit feltételezéseit hasonlítja össze a kezdők és a szakértők esetében [19]. Megállapítása szerint általában jellemző, hogy a kezdők a felszíni hasonlóságokra figyelnek, míg a szakértők a szerkezeti hasonlóságra helyezik a hangsúlyt az anyagi rendszerek felépítésének értelmezésekor. Az anyag folytonosságára vonatkozó naiv szemlélet a kezdőkre gyakran jellemző „granulátum- és beágyazásos” modelleken keresztül jut el a szakértők részecskeszemléletéig, amelyben már a vákuum elfogadása is szerepel.

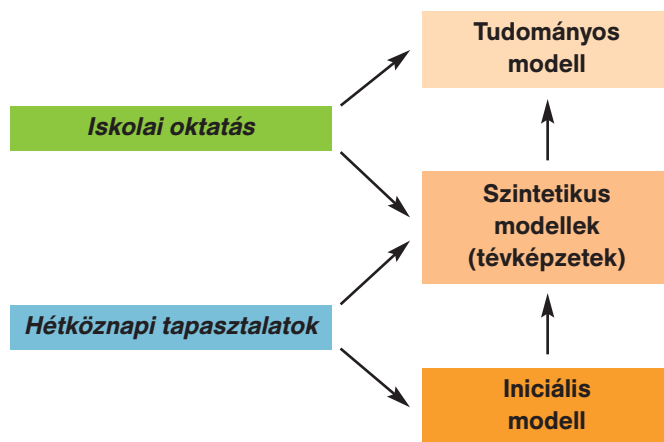
Az anyagokat felépítő részecskék és azok tulajdonságai tekintetében a kezdőkre a tulajdonságok additivitásának sémája jellemző [20]. Egy empirikus vizsgálatban a kezdők arra a kérdésre, hogy milyen színű lesz az az anyag, amely egy kék és egy sárga színű anyag reakciójában keletkezik, 90%-ban a zöld színt jelölték meg, amennyiben a képződött anyag részecskéje egyforma számban tartalmazta a két kiindulási anyag részecskéit. A keletkező szín azonban nemcsak a kiindulási anyagok színétől függ – a tanulók szerint –, hanem attól is, hogy melyik színű anyagból épül be több részecske a termékbe, illetve, melyik színű anyag részecskéi a nagyobb méretűek. Hasonló eredményeket kaptak, ha az anyagok szagát vagy ízét vizsgálták a felmérés során.

Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás a kémia tanulása során

A fogalmi fejlődés a fogalmi rendszer mennyiségi bővülése, gyarapodása. A fogalmi váltás viszont minőségi változás, a kognitív struktúrában alapvető, új kapcsolatok kialakulásával, régi kapcsolatok gyengülésével járó folyamat. Piaget szóhasználatával élve a fogalmi fejlődés az új információk asszimilációját, a fogalmi váltás a fogalmi rendszer átszerveződését, akkomodációját eredményezi [21].

Kezdetben azt hitték, a fogalmi váltás azt jelenti, hogy a régi ismeretet lecseréli az új ismeret. Ma már inkább az a nézet az elfogadottabb, hogy a régi és az új ismeret sajátos együttélése (szimbiózis) valósul meg, és a kontextustól (is) függ, hogy mikor, melyik aktivizálódik. A fogalmi váltásnak igen széles körű a tudományos irodalma. Ezek viszonylag részletes áttekintése olvasható Korom [22] és Dobóné [23] monográfiájában.

Az ún. természetes fogalmakkal kapcsolatos fogalmi fejlődés és fogalmi váltás általános sémáját mutatja be az **1. ábra**. Az ilyen fogalmakkal kapcsolatban a tanulók általában már rendelkeznek egy naiv értelmező kerettel még azelőtt, mielőtt bekerülnének a szervezett oktatásba. A mindennapi tapasztalatokon alapuló iniciális modellek kerülnek szembe az iskolai oktatás során megismert tudományos modellel. Ezek keveredése eredményezi a szintetikus modelleket, amelyek általában tévképzeteket tartalmaznak.



1. ábra. A fogalmi fejlődés és fogalmi váltás általános sémája

A következőkben néhány konkrét kémiai példán keresztül mutatjuk be a fogalmi fejlődés és fogalmi váltás jellemzőit.

Az anyag szerkezete

Az anyag szerkezetére vonatkozó modellek esetében ez a fogalmi fejlődés a következő főbb állomásokon halad keresztül [24]:

- 1) Iniciális modell: Az anyag folytonos, nem részecskékből áll.
- 2) Szintetikus modell: A folytonos anyagban részecskék (cseppek, szemcsék) találhatók („granulátum-modell”).
- 3) Szintetikus modell: A folytonos anyagban kémiai részecskék (atomok, molekulák, ionok) vannak („beágyazásos modell”).
- 4) Szintetikus modell: Az anyag kémiai részecskékből (atomokból, molekulákból, ionokból) áll, és ezeknek a részecskéknak ugyanolyan tulajdonsága van, mint az anyagnak.
- 5) Tudományos modell: Az anyag kémiai részecskékből (atomokból, molekulákból, ionokból) épül fel, és az anyag tu-



lajdonságait a részecskék egyedi tulajdonságai és a részecskék közötti kölcsönhatás együttesen határozza meg.

Megfelelően megválasztott feladatok segítségével feltárhatjuk tanulóink részecskemoddell kapcsolatos nézetait. Általános iskolások esetén alkalmazható a következő feladat: „Egy gázzal töltött, zárt lombikból a gáz felét kiszivattyúzzuk. Rajzold le, hogyan képződik el a gáz a lombikban a szivattyúzás előtt és után!” [25–26] Középszintű és egyetemisták tesztelésére a következő feladatot ajánljuk: „Azonos hőmérsékletű, nyomású és térfogatú száraz vagy vízgőzzel telített levegőben van-e több molekula? Melyik a nehezebb? Válaszát röviden indokolja meg!” [12–14].

Az oldódás

A cukor és a só oldódásával kapcsolatos gyermeki magyarázatok elemi szintjét jelentik a nem-megmaradás típusú értelmezések: „a vízbe tett kockacukor eltűnik, semmivé válik”. Számos esetben megfigyelhető az anyag és a tulajdonság szétválása: „a cukor eltűnt, de az íze ott maradt”. A fogalmi fejlődés magasabb szintjét jelenti a „vízzé válik, folyadékká válik” típusú értelmezés, hiszen ebben már tükröződik az anyagmegmaradás törvénye. Később megjelennek az oldandó anyag változását leíró kifejezések: „szétrombolódik, széttörik, megolvad”. Ezek még mindig a folytonos anyagképpel összefüggésbe hozható kifejezések. A „megolvad” még azután is megmaradhat – elsősorban a mindennapi nyelvhasználat hatására –, amikor már a tanuló tudja részecskeszinten is értelmezni az oldást. Azt a tapasztalati tényt, hogy a legtöbb szilárd anyagból több oldható fel meleg vízben, mint hidegben, gyakran szintén az olvadással hozzák kapcsolatba: „a forró víz megolvasztja a cukrot”. A részecskeszemlélet megjelenésének első jele a „láthatatlan szemcsékre esik szét” megfogalmazás. Nagyon fontos látnunk, hogy amikor a tanulók részecskékről beszélnek, akkor általában a szilárd anyag kis darabjaira gondolnak, nem pedig az azokat alkotó kémiai részecskékre (ionokra, molekulákra). A mindennapi tapasztalat alapján kialakult folytonos anyagkép és a részecskemoddell keveredéséből a következő fontosabb szintetikus modellek jöhetnek létre:

- 1) a részecskék a folytonos anyagban találhatóak („a cukorból kioldódott az az anyag, ami édessé teszi”);
- 2) a részecskéknek makroszkópos tulajdonságuk van („a cukor elolvadt, és a részecskéi édesek”, „édes atomok vannak benne”, „a cukor részecskéi folyékonyvá váltak”).

A részecskeszemléletű válaszok először 5–6. osztályban fordulnak elő. Bár megfogalmazásai eléggé pontatlanok, az oldódás lényegi megértése tükröződik bennük: „a gyorsan mozgó vízmolekulák felbontják a cukor kötéseit”, „a cukor nedvesség hatására molekulákra bomlik”. [23, 27]

Az égés

Bár a tanulók bőséges tapasztalattal rendelkeznek az égésről, a folyamat megértése, helyes értelmezése – a fogalmi rendszerben elfoglalt magas pozíciója miatt – nagyon nehéz. A tanulók kezdetben az égés értelmezésére alapvetően háromféle modellt használnak.

- a) Az egyik modell szerint a szilárd anyagok (fa, gyertya, magnézium) égését halmazállapot-változásként értelmezik.
- b) A másik, ún. transzmutációs modellnek az a lényege, hogy egy „nem éghető” anyag (pl. magnézium) égés során egy olyan ismert „éghető” anyaggá (pl. szén) alakul át, amelynek égése a hétköznapi tapasztalatokkal összeegyeztethető.

c) Az „összeragadás”-elmélet szerint az éghető anyag több alkotórészből áll, amelyek kezdetben össze vannak ragadva és az égés során egyszerűen szétválnak egymástól. Az égés tehát nem anyagok kölcsönhatása, hanem összeragasztott alkotórészek szétválása [28–29].

Egy német vizsgálat [30] szerint még a 9. osztályos tanulók egy része is hasonló modell alapján értelmezi a magnézium égését. Az égéssel kapcsolatos fogalmi fejlődés legfontosabb állomásai a következők:

- 1) Az égés mindig tömegcsökkenéssel jár.
- 2) Az égéshez levegő (oxigén) szükséges.
- 3) Az égés járhat tömegnövekedéssel is.
- 4) Égés nemcsak oxigénben lehetséges. [31]

Az ózonréteg és az ózonlyuk

Ezen természetessé vált tudományos fogalmakkal kapcsolatos fogalmi fejlődés állomásait egy kanadai vizsgálat során állapították meg [32].

- 1) Az első szint, a kisgyermekek fogalmi szintje, az ún. geológiai-fizikai modell. Ennek az a lényege, hogy az ózonréteget közvetlenül a föld felszínén képzelik el a gyerekek, az ózonlyukat pedig mint fizikailag létező lyukat.
- 2) Az iskolások jellemző modellje az ún. atmoszférikus-fizikai modell. Ők már tudják, hogy az ózonréteg a légkör külső részén helyezkedik el, de az ózonlyukat még mindig fizikailag létező lyuknak tekintik (pl. egy úrhajó, vagy egy meteorit átszakította az ózonréteget).
- 3) A középszintű és főiskolások egyik jellemző modellje az atmoszférikus-szennyező modell. Ennek értelmében az ózonlyuk azért jön létre, mert a légkörbe kerülő szennyezők elbontják az ózont.
- 4) A tudományosan helytálló modell az ún. atmoszférikus-kémiai modell. Ennek értelmében az ózonréteg vastagságának csökkenése azért jön létre, mert a légkörbe kerülő bizonyos szennyező anyagok (pl. freonok) elbontják az ózont. ●●●

Köszönetnyilvánítás. A tanulmány alapjául szolgáló kutatások egy részét az OTKA (K 105262) támogatta.

IRODALOM

- [1] Tóth Z. (2013): Janus-arcú axiómáink: a p-prímek. Középszintű Kémiai Lapok, 40 (4), 297–304.
- [2] di Sessa, A. A. (1983): Phenomenology and the evolution of intuition. http://edutech.csun.edu/eduwiki/index.php/DiSessa_1983 (utolsó látogatás: 2015. július 15.)
- [3] di Sessa, A. A. (1993): Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2–3), 105–225.
- [4] di Sessa, A. A. (1988): Knowledge in pieces. In: G. Forman and P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 49–70.
- [5] Masson, S., Legendre, M. F. (2008): Effects of using historical microworlds on conceptual change: A p-prim analysis. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3 (3), 115–130.
- [6] Hammer, D. (1996): Misconceptions or p-primes: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions? *The Journal of the Learning Sciences*, 5 (2), 97–127.
- [7] Taber, K. S. (2008): Conceptual resources for learning science: issues of transience and grain-size in cognition and cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 30 (8), 1027–1053.
- [8] Tóth Z. (2015): Korszerű kémia tantárgy-pedagógia. Híd a pedagógiai kutatás és a kémiaoktatás között. (Szaktárnet-könyvek 5.) Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. [http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktar.net/kiadvanyok/korszeru_kemia_tantargypedagogia.pdf](http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktarнет/kiadvanyok/korszeru_kemia_tantargypedagogia.pdf) (2016. 08. 17.)
- [9] Tóth Z. (2015): A fogalmi megértés problémája a kémiában. In: Bohdaneczky L-né, Sarka L. és Tóth Zoltán (2015): *Kémia tanárképzés szakmódszertani továbbképzése*. (Szaktárnet-könyvek 13.) Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. 5–22. http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktar.net/kiadvanyok/kemiatanarok_szakm_tovabbk.pdf (2016. 08. 16.)



- [10] Tóth Z. (2015): A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái. In: Szalay L. (szerk.) (2015): A kémiatanítás módszertana. ELTE, Budapest. 8–19. http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/kemiatanitas_modszertana_jegyzet.pdf (2016. 05. 15.)
- [11] Bárány Zs. B., Tóth Z. (2015): A p-primek mint a fogalmi megértési problémák forrásai a kémiában. Középiskolai Kémiai Lapok, 42 (5) 346–353.
- [12] Tóth Z. (2004): Exploring students ideas on particles. Education in Chemistry, 41 (1), 10.
- [13] Turányi T., Tóth Z. (2011): Egyetemi hallgatók tévképzetei fizikai kémiából. Magyar Kémikusok Lapja, 66 (4), 122–129.
- [14] Turányi T., Tóth Z. (2013): Hungarian university students misunderstandings in thermodynamics and chemical kinetics. Chemistry Education Research and Practice, 14 (1), 105–116.
- [15] Talanquer, V. (2006): Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. Journal of Chemical Education, 83 (5), 812–816.
- [16] Tóth Z. (2008): Kémia józan ésszel (Egy modell a tévképzetek megértésére). A Kémia Tanítása, 16 (5), 3–6.
- [17] Babbie, E. (2003): A társadalomtudományi kutatás gyakorlata. Hatodik, átdolgozott kiadás. Balassi Kiadó, Budapest.
- [18] Maeyer, J., Talanquer, V. (2010): The role of intuitive heuristics in students' thinking: Ranking chemical substances. Science Education, 94, 963–984.
- [19] Talanquer, V. (2009): On cognitive constraints and learning progressions: The case of „structure of matter”. International Journal of Science Education, 15 (1), 2123–2136.
- [20] Talanquer, V. (2008): Students' predictions about the sensory properties of chemical compounds: Additive versus emergent frameworks. Science Education, 92 (1), 96–114.
- [21] Piaget, J. (1970): Válogatott tanulmányok. Gondolat Kiadó, Budapest.
- [22] Korom E. (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [23] Dobóné Tarai É. (2008): Általános iskolai tanulók anyagszerkezettel és anyagi változásokkal kapcsolatos fogalmainak fejlődése. Doktori (PhD) értekezés (témavezető: Tóth Z.), Debreceni Egyetem, Kémia Doktori Iskola, Debrecen.
- [24] Johnson, P. M. (1998): Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory. International Journal of Science Education, 20 (4), 393–412.
- [25] Nahalka I. (1998): Konstruktivista pedagógia – egy új paradigma a láthatáron, III. Iskolakultúra, 7 (4), 3–20.
- [26] Nahalka I. (2002): Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia. Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest.
- [27] Dobóné Tarai É. (2004): Az oldódás – ahogy a gyerekek látják. Középiskolai Kémiai Lapok, 31 (4), 352–361.
- [28] Meheut, M., Saltiel, E., Tiberghien, A. (1985): Pupils' (11–12 year olds) conceptions. International Journal of Science Education, 7, 83–93.
- [29] Dobóné Tarai É. (2004): Gyermektudományos elméletek az égéssel kapcsolatban. Középiskolai Kémiai Lapok, 31 (2), 186–194.
- [30] Barke, H-D., Hazari, A., Yitbarek, S. (2009): Misconceptions in chemistry. Addressing perceptions in chemical education. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [31] Tóth Z. (2003): Miért nem helyes? (Kémiai tévképzetek) – Az égés értelmezése. Középiskolai Kémiai Lapok, 30 (1), 53–58.
- [32] Leighton, J.P., Bisanz, G.L. (2003): Children's and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion. International Journal of Science Education, 25 (1), 117–139.

Szalay Luca

■ ELTE TTK Kémiai Intézet, Budapest

A kutatásalapú tanulás esete a magyar valósággal

Az angol nyelvű szakirodalomban leggyakrabban „*inquiry-based science education*” (rövidítve IBSE) néven emlegetett kutatásalapú tanulás könyvtárnyi irodalmában jelentős túlsúlyban vannak a pozitív vélemények [1]. Ezért az Európai Unió is óriási összegeket áldozott a 2015 végén zárult 7. keretprogram (FP7) idején az IBSE-módszerek kutatására és terjesztésére (pl. [2]). A sok ország felsőoktatási intézményeinek részvételével zajló hatalmas (egyenként is több millió eurós költségvetésű) projektek során született eredményekről rengeteg információt tartalmazó tanulmányok (pl. [3]) és honlapok (pl. [4]) jöttek létre. Ezekben belül az elméleti háttér kutatásáról szóló beszámolókon kívül egészen konkrét, apró részletekbe menően kidolgozott foglalkozástervek is találhatóak (pl. [5]). Azonban a pozitív eredményeket hozó gyakorlati kipróbálásokról szóló beszámolók [6] bizakodó hangvételének ellentmondani látszik, hogy a kutatásalapú tanulásról szóló továbbképzések után a részt vevő tanárok (legalábbis részben) fenntartják az IBSE alkalmazhatóságával szembeni kételyeiket [7–8].

Peter Childs [9] szerint az oktatáskutatásokról szóló tanulmányok jó részét a gyakorló tanárok sohase olvassák, és még kevésbé alkalmazzák. Ebből az következik, hogy a többnyire egyetemi oktatók által vezetett hasonló projektek eredményeiről szóló lelkes beszámolók a mindennapi tanítási gyakorlatban jórészt visszhangtalanok maradnak. (Angolszász országokban pedig nyilvánvalóan még nyelvi akadályokról sem beszélhetünk, hiszen a nemzetközi szakirodalom nyelve az angol.) A tanárok, ha megkérdezzük őket, szívesen elmondják mindazokat a problémákat, amelyek hátráltatják minőségi munkavégzésüket és az új mód-

szerek kipróbálását (pl. [10]). A kísérletezéshez szükséges anyagok és eszközök, valamint a megfelelő minőségű és rendszeres módszertani továbbképzések, továbbá a laboránsok hiányán túl az időhiány kétszeresen is nyomasztja őket. Hiszen nemcsak a tanórákra való felkészülésre maradó időt tartják kevésnek, hanem (a túlméretezett tananyag miatt) a tanórai gyakorlásra, a megszerzett tudás elmélyítésére, a frontálisnál időigényesebb, változatos módszerek alkalmazására jutó időt is. Ezért tehát arra igyekeznek koncentrálni az erőiket, hogy a tanítványaik a rájuk váró vizsgákon jó eredményeket érthessenek el. Márpedig ha a vizsgakövetelmények (és főként a konkrét, megoldandó feladatok) nem, vagy csak nyomokban kérik számon valamely (egyéb-ként a tanárok által is hasznosnak tartott) képesség fejlődését, akkor (érthető módon) ennek fejlesztésére kevesebb időt szán-

Hogyan lehetne tehát a realitás talaján maradván elérni, hogy az érdekes és motiváló [11], sok hasznos képességet, mint például az áltudományok elleni harchoz is szükséges természettudományos gondolkodást és a team-munkánál használatos szociális kompetenciákat [12] fejlesztő kutatásalapú tanulás valamilyen formában mégis bekerüljön a mindennapi magyar kémiatanítási gyakorlatba? A szakirodalom [13] alapján az IBSE-módszerek esetében a *tanulók szellemileg és fizikailag is aktív szerepben* vannak. *Minimális követelményként* megfogalmazható, hogy a *diákoknak csoportmunkában kell olyan tanulókísérleteket végezniük, amelyeknek legalább egy lépését nekik kell megtervezniük és a tapasztalatokat, valamint az azokból levonható következtetéseket meg is kell egymás között vitatniuk*. Az alábbiakban fel-