

csoljuk biológiai ismereteinket a fizika törvényeivel. Érdekes „nyitott szemmel” jární a természetben, s a látottakkal kapcsolatban minél több kérdést feltenni. Ha elgondolkodunk a válaszon, szükségesnek érezzük, hogy minden ismeretünket – függetlenül attól, hogy hol és mikor szereztük azokat – számba vegyük ahhoz, hogy az egységes természet tényeit megértsük.

Jegyzet

(1) Papp Katalin (2001): Ami a számszerű eredmé-

nyek mögött van...”. *Fizikai Szemle*, 51. 26–34
 (2) Lundsgaard, H.: *Mathematics of a Nautilus Shell*.
www.mat.dtu.dk/persons/Hans..._Lundsgaard
 (3) Knott, R.: *Fibonacci Numbers and Nature*.
www.mcs.surrey.ac.uk/personal/R.Knott
 (4) Stewart, Ian (1995): *A természet számai*. Világ-
 Egyetem, Kulturtrade Kiadó, Budapest.
 (5) Weyl, Herman (1982): *Szimmetria*. Gondolat Ki-
 adó, Budapest.
 (6) Greguss Ferenc (1976): *Eleven találmányok*. Móra
 Könyvkiadó, Budapest.

Rajkovits Zsuzsanna

A kémiai fogalmak természete

Számos felmérés és attitűdvizsgálat bizonyítja, hogy a kémiát a tanulók nehéznek találják, és nem szeretik. Az okok között szokták emlegetni a tanulókísérletek háttérbe szorulását, a tananyag túlzottan elméleti és tudományos jellegét, eltávolodását a napi alkalmazásoktól. Újabban azonban egyre több szó esik arról, hogy a nehézségek egyik okát a kémia sajátos, sok szempontból a többi természettudományos tárgyétól eltérő fogalomrendszerében kell keresni.

Az elmúlt évtizedek kutatásai mutat-
 tak rá, hogy a kémia tanítása és tanulása során feltétlenül tekintettel kell lennünk a kémiai fogalmaknak a következő sajátosságaira (Taber, 2001a, 2001b):

- a kémiai fogalmak többsége az ún. tudományos vagy szabályok által meghatározott fogalmak körébe tartozik;
- a kémiai fogalmaknak általában többszintű (makroszintű, szubmikro- vagy részecskeszintű és szimbólumszintű) jelene van;
- számos kémiai fogalom jelentése megváltozott a kémia fejlődése során, de az eredeti jelentéshez kötődő elnevezés megmaradt;
- a kémiai fogalmak egy része nem jól definiált, jelentése kontextus-függő;
- a kémia egész elméleti rendszerére jellemző az egymás mellett élő, egymást kiegészítő úgynevezett többszörös modellek használata.

Spontán (természetes) és szabályok által meghatározott (tudományos) fogalmak

Mint ismeretes, a természettudományos fogalmakat két nagy csoportra oszthatjuk: spontán vagy természetes fogalmakra (például: Föld, erő, élőlény, égés) és tudományos vagy szabályok által meghatározott fogalmakra (például: geoszféra, entropia, plazmolízis, oxidáció). A spontán vagy természetes fogalmakkal az ember a mindennapi életben találkozik először, ezzel szemben a tudományos vagy szabályok által létrehozott fogalmakat elsősorban az iskolai oktatás során ismerjük meg. Az előbbieket ilyen módon szerves részét képezik életünknek, míg az átlagember az utóbbiak ismerete nélkül is elboldogulhat az életben. (Taber, 2001a, 2001b)

Ellentétben a többi természettudománnyal, a kémia legtöbb alapvető fogalma (például kémiai és fizikai változás, ato-

mok és molekulák, elemek és vegyületek) a második csoportba tartozik, vagyis a tanulók ezeknek a fogalmaknak a többségét iskolai tanulmányaik során ismerik meg. (Taber, 2001a, 2001c)

Ennek a ténynek nagyon fontos következménye, hogy a kémiai tévképzetek és alternatív keretek elsődleges forrása maga a kémia, annak elméleti rendszere és oktatási módszere. (Taber, 2001c)

Természetesen vannak kivételek, a kémiában is találunk olyan – nem alapvető – fogalmakat, amelyekkel a tanulók az iskolai oktatást megelőzően is találkozhatnak. Ilyen fontos fogalom például az égés. A hétköznapi tapasztalatok alapján kialakult gyermeki értelmező rendszerben az égés mindig valaminek az eltűnéséhez, esetleg hamu képződéséhez vezet. Ezt a flogisztonelmélethez nagyon hasonló értelmezést kell a kémiaórán megváltoztatni. Korábban a fizika feladata volt, a kerettanterv bevezetésével azonban a kémia tárgykörébe került az anyag szerkezetével kapcsolatos részecskeszemlélet kialakítása, annak minden ismert nehézségével együtt. A kémia oktatása során nagyon sok problémát okozhat, hogy bizonyos kémiai fogalmaknak egymástól eltérő köznapi és tudományos jelentése van. Ilyen fogalmak például: csapadék, kristályvíz, sűrű, olvad, forr, vas, levegő, nejlon, szóda, só, hidrogénezés, alkohol, rács. (Tóth, 2000) Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy egyre több olyan kémiai fogalom jelenik meg a hétköznapi nyelvben a tömegkommunikáció, a reklámok és különböző tájékoztatók révén, amelyet korábban csak a tudomány használt (például: pH, molekula, ion, periódusos rendszer).

Többszintű értelmezés

A kémiai fogalmak másik sajátossága azok többszintű (makro-, részecske- és szimbólumszintű) értelmezése. (Tóth, 1999, 2000, 2001) Az anyagok és jelenségek háromszintű leírása, értelmezése különösen nagy gondot okoz azokban az esetekben, amelyekben a makro- és a részecske-szintű értelmezés nem esik egybe. Ez a

probléma nehezíti a kémia egyik alapfogalmának, a kémiai változás fogalmának tanítását, különösen a kémiai tanulmányok kezdetén. A kémiai változás általában új anyag keletkezésével jár. Makroszinten ezen új tulajdonságú anyag, részecskeszinten pedig új kémiai részecske (ion, molekula, atom) megjelenését értjük. Ez a kétféle értelmezés néhány esetben (például: az oldásnál) nem esik egybe. A tanulók gyakran nem érzékelik a különbséget az anyag makroszintű jellemzői és a mikroszintű jellemzők között. Ez leggyakrabban abban nyilvánul meg, hogy a halmaz tulajdonságait azonosítják a részecskék tulajdonságaival (például: „A gáz melegítés hatására kitér, mert a részecskék térfogata megnő.”, „A szén fekete színű, ezért a szénatomok is feketék.” stb.) A kémia jellemző szimbólumrendszerének (vegyjel, képlet, reakcióegyenlet) tanítását pedig megnehezíti az a tény, hogy a tankönyvek általában egyszerre vezetnek be azok makro- és részecskeszintű, illetve minőségi és mennyiségi jelentését, például: az „Fe” vegyjel jelenti a vasat, a vasatomot, 1 mól vasat, 56 g vasat, $6 \cdot 10^{23}$ darab vasatomot. (Tóth, 1999, 2000, 2001)

Eredeti elnevezés – megváltozott jelentés

A legtöbb kémiai fogalom jelentése a tudomány fejlődése során megváltozott, de az elnevezés, amely továbbra is az eredeti, általában a makroszintű értelmezéshez kötődik, megmaradt. Ilyen fogalmak például: az elemek periódusos rendszere, az oxidáció, a relatív atomtömeg, a homogén reakció, az aromás vegyület, a sav, az optikai izomer, a szénhidrát. (Tóth, 2000, 2001)

Ez a tény két problémát vet fel. Az egyik, hogy az elnevezés gyakran megtévesztő lehet. Például nagyon sok diák azt hiszi, hogy a redoxireakciókban mindig valamilyen oxigéntartalmú anyagnak kell szerepelnie. A másik kérdés, amelyet tisztázni kell, hogy a sokféle jelentés közül melyiket célszerű tanítani. (Tóth, 2001) Ezek között a megváltozott jelentésű fogalmak között vannak olyanok, amelyek

mok és molekulák, elemek és vegyületek) a második csoportba tartozik, vagyis a tanulók ezeknek a fogalmaknak a többségét iskolai tanulmányaik során ismerik meg. (Taber, 2001a, 2001c)

Ennek a ténynek nagyon fontos következménye, hogy a kémiai tévképzetek és alternatív keretek elsődleges forrása maga a kémia, annak elméleti rendszere és oktatási módszere. (Taber, 2001c)

Természetesen vannak kivételek, a kémiában is találunk olyan – nem alapvető – fogalmakat, amelyekkel a tanulók az iskolai oktatást megelőzően is találkozhatnak. Ilyen fontos fogalom például az égés. A hétköznapi tapasztalatok alapján kialakult gyermeki értelmező rendszerben az égés mindig valaminek az eltűnéséhez, esetleg hamu képződéséhez vezet. Ezt a flogisztonelmélethez nagyon hasonló értelmezést kell a kémiaórán megváltoztatni. Korábban a fizika feladata volt, a kerettanterv bevezetésével azonban a kémia tárgykörébe került az anyag szerkezetével kapcsolatos részecskeszemlélet kialakítása, annak minden ismert nehézségével együtt. A kémia oktatása során nagyon sok problémát okozhat, hogy bizonyos kémiai fogalmaknak egymástól eltérő köznapi és tudományos jelentése van. Ilyen fogalmak például: csapadék, kristályvíz, sűrű, olvad, forr, vas, levegő, nejlon, szóda, só, hidrogénezés, alkohol, rács. (Tóth, 2000) Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy egyre több olyan kémiai fogalom jelenik meg a hétköznapi nyelvben a tömegkommunikáció, a reklámok és különböző tájékoztatók révén, amelyet korábban csak a tudomány használt (például: pH, molekula, ion, periódusos rendszer).

Többszintű értelmezés

A kémiai fogalmak másik sajátossága azok többszintű (makro-, részecske- és szimbólumszintű) értelmezése. (Tóth, 1999, 2000, 2001) Az anyagok és jelenségek háromszintű leírása, értelmezése különösen nagy gondot okoz azokban az esetekben, amelyekben a makro- és a részecske-szintű értelmezés nem esik egybe. Ez a

probléma nehezíti a kémia egyik alapfogalmának, a kémiai változás fogalmának tanítását, különösen a kémiai tanulmányok kezdetén. A kémiai változás általában új anyag keletkezésével jár. Makroszinten ezen új tulajdonságú anyag, részecskeszinten pedig új kémiai részecske (ion, molekula, atom) megjelenését értjük. Ez a kétféle értelmezés néhány esetben (például: az oldásnál) nem esik egybe. A tanulók gyakran nem érzékelik a különbséget az anyag makroszintű jellemzői és a mikroszintű jellemzők között. Ez leggyakrabban abban nyilvánul meg, hogy a halmaz tulajdonságait azonosítják a részecskék tulajdonságaival (például: „A gáz melegítés hatására kitér, mert a részecskék térfogata megnő.”, „A szén fekete színű, ezért a szénatomok is feketék.” stb.) A kémia jellemző szimbólumrendszerének (vegyjel, képlet, reakcióegyenlet) tanítását pedig megnehezíti az a tény, hogy a tankönyvek általában egyszerre vezetnek be azok makro- és részecskeszintű, illetve minőségi és mennyiségi jelentését, például: az „Fe” vegyjel jelenti a vasat, a vasatomot, 1 mól vasat, 56 g vasat, $6 \cdot 10^{23}$ darab vasatomot. (Tóth, 1999, 2000, 2001)

Eredeti elnevezés – megváltozott jelentés

A legtöbb kémiai fogalom jelentése a tudomány fejlődése során megváltozott, de az elnevezés, amely továbbra is az eredeti, általában a makroszintű értelmezéshez kötődik, megmaradt. Ilyen fogalmak például: az elemek periódusos rendszere, az oxidáció, a relatív atomtömeg, a homogén reakció, az aromás vegyület, a sav, az optikai izomer, a szénhidrát. (Tóth, 2000, 2001)

Ez a tény két problémát vet fel. Az egyik, hogy az elnevezés gyakran megtévesztő lehet. Például nagyon sok diák azt hiszi, hogy a redoxireakciókban mindig valamilyen oxigéntartalmú anyagnak kell szerepelnie. A másik kérdés, amelyet tisztázni kell, hogy a sokféle jelentés közül melyiket célszerű tanítani. (Tóth, 2001) Ezek között a megváltozott jelentésű fogalmak között vannak olyanok, amelyek

esetén elég lenne az eredeti jelentést tanítani és használni (például: relatív atomtömeg); vannak olyanok, amelyek esetén az eredeti és a korszerű jelentést egyaránt kell tanítani, de azokat térben és időben egymástól elválasztva (például: az elemek és az elemek atomjainak periódusos rendszere), és találunk olyanokat is, amelyek esetén csak a modern értelmezést célszerű tanítani és használni (például: sav, oxidáció, aromás vegyület, optikai izomer, szénhidrát).

Kontextus-függő jelentés

A kémiai fogalmak egy része korántsem olyan jól definiált, mint ahogy azt a tudományos fogalmaktól elvárjuk. (Taber, 2001a, 2001b, 2001c) Ez részben kapcsolatos bizonyos fogalmak (például: mól, pH, geometriai izoméria, alkohol, alkén, aromás vegyület) definíciójának didaktikai szempontból indokolt leegyszerűsítésével, a már említett kétszintű értelmezéssel (például: elem/vegyület, atom/molekula, fizikai/kémiai változás), egyes fogalmak szűkebb és tágabb értelmű jelentésével (például: koncentráció, proton, polimerizáció, hidrogén), az anyagok többféle (hagyományos és hivatalos) elnevezésével (például: acetón, dimetil-keton, 2-propanon, propán-2-on), valamint a kémia következetlen jelölésrendszerével, például: mást értünk a rendűség fogalmán az alkoholoknál és az aminosavaknál, mást az α - és β -izomereken az aminosavaknál és a cukroknál, másként jelöljük a kétatomos és másként a kettőnél több atomos elemmolekulákat. (Tóth,

1999, 2000, 2001) Ezeknek a fogalmaknak a tanítása során különösen nagy gonddal kell eljárunk. Minden egyes témakör tárgyalása előtt tisztázni kell az adott fogalom jelentését, például: a sav-bázis reakcióknál hangsúlyozni kell, hogy az a proton, amely a savról a bázisra kerül át, az nem valamelyik alkotó atom magjából származik, hanem az elektronjától megfosztott hidrogénatomot (hidrogéniont) jelenti. Időszerű lenne a többféle elnevezés és jelölés egységesítése is. Ezen a területen tör-

A kémiai fogalmak egy része korántsem olyan jól definiált, mint ahogy azt a tudományos fogalmaktól elvárjuk. Ez részben kapcsolatos bizonyos fogalmak (például: mól, pH, geometriai izoméria, alkohol, alkén, aromás vegyület) definíciójának didaktikai szempontból indokolt leegyszerűsítésével, a már említett kétszintű értelmezéssel (például: elem/vegyület, atom/molekula, fizikai/kémiai változás), egyes fogalmak szűkebb és tágabb értelmű jelentésével (például: koncentráció, proton, polimerizáció, hidrogén), az anyagok többféle (hagyományos és hivatalos) elnevezésével (például: acetón, dimetil-keton, 2-propanon, propán-2-on), valamint a kémia következetlen jelölésrendszerével.

tételek előrelépések, amennyiben a legújabb szerves kémia tankönyvek már a Nemzetközi Kémiai Társaság (IUPAC) ajánlásának megfelelően az új nevezéktant (is) tartalmazzák. A váltás azonban nem megy egyik napról a másikra, a régi és az új nevezéktan még jó néhány évig egymás mellett lesz jelen a tankönyveinkben.

Többszörös elméleti modellek

A kémia elméleti rendszerére jellemző a jelenségek többszörös modellekkel történő értelmezése.

(Taber, 2001a, 2001b, 2001c) Így például nemcsak a kémia tananyagában, hanem magában a kémia tudományában is megtaláljuk és használjuk a savak és bázisok Arrhenius-féle, Brønsted-féle és Lewis-féle elméletét vagy a redoxireakciók oxigén/hidrogénátadással, elektronátadással és oxidációs szám-változással történő értelmezését. (Tóth, 2001) Ezek egymás mellett élő, sok szempontból egymást kiegészítő modellek, mindegyiknek megvannak a maga alkalmazási területei és alkalmazhatóságának korlátai is.

*

A kémiai fogalmak itt vázolt jellemzői nem jelentenek nagy problémát a kémiában járatos szakember (szakértő) számára, annál nagyobb nehézséget jelentenek azonban a tanulók (újoncok) számára. Mivel a legtöbb kémiai fogalmat nem lehet egyszerűen definíciók segítségével tanítani, ezért nagyon fontos, hogy a tantervkészítés, a tankönyvírás és a tanítás során tekintettel legyünk a kémiai fogalmak kölcsönös egymásra épülésére (hálójára) és a fogalmak kialakításának spirális menetére. (Taber, 2001a)

Irodalom

Taber, K. S. (2001a): *Constructing chemical concepts: Concepts in chemistry. The Royal Society of Chemistry Teacher Fellowship Project 2000/2001.*

(<http://www.egroups.co.uk/files/challenging-chemical-misconceptions>)

Taber, K. S. (2001b): *Constructing chemical concepts: The structure of chemical knowledge. The Royal Society of Chemistry Teacher Fellowship Project 2000/2001.* (<http://www.egroups.co.uk/files/challenging-chemical-misconceptions>)

Taber, K. S. (2001c): Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2. 2. 123–158.

(Web-site: http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie)

Tóth Zoltán (1999): A kémia tankönyvek mint a tévképzetek forrásai. *Iskolakultúra*, 9. 10. 103–108.

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

Tóth Zoltán (2001): A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései. *A kémia tanítása*, 9. 2. 3–7.

A munka az OTKA (T-026281) támogatásával készült.

Tóth Zoltán

A viking varázskendője Láthatatlan ráció a parahitek világában

A racionális, azaz ésszerű gondolkodást – a filozófiai finomságok mellőzésével – úgy szoktuk jellemezni, mint olyan gondolkodást, amely a dolgok összefüggéseit a köztük lévő oksági kapcsolatoknak megfelelően ismeri fel. Ezt szembe lehet állítani az irracionális, azaz ésszerűtlen gondolkodással, amely esetleges vagy felületes hasonlóságok szerint halad, és ezért a következtetései kevésbé megbízhatóak. Vajon a ma népszerű parajelenségek elfogadását mennyiben tekinthetjük racionálisnak vagy irracionálisnak?

A pszichológiában azt a konkrét gondolati műveletet, amelynek során valaki oksági összefüggést lát ott, ahol valójában nincs, mágikus ideációnak nevezik. Felmérések szerint a mágikus ideációra való hajlam együtt jár az átlagnál nagyobb kreativitással, misztikus élményekkel, mániás-depressziós időszakokkal és skizotípusossággal. (1) (Ezek csak gyenge statisztikus összefüggések, korántsem jelentenek determinált kapcsolatot.) Más felmérések kimutatták, hogy parajelenségekben hívő emberek gondolkodásában a mágikus ideáció gyakoribb, mint a hitetlenekében. (2) Sok szkeptikus

szerint a parajelenségekben való hit maga a legtipikusabb mágikus ideáció: úgy jön létre, hogy az ember törvényszerű összefüggésbe hoz két véletlenül egybeeső eseményt, például egy ismerős felbukkanását a tudatában és rögtön utána az illető jelentkezését telefonon („telepátia”) vagy egy baleset elképzelését és később egy véletlenül ahhoz hasonló, tényleg bekövetkezett balesetet („jövöbelátás”). A tágabb ezoterikus kultúrából nyilvánvaló jelölt lehet a mágikus ideációra az asztrológia, ahol égitestek helyzete és emberi sors között állapítanak meg törvényszerű összefüggéseket, vagy a különféle divinációk,