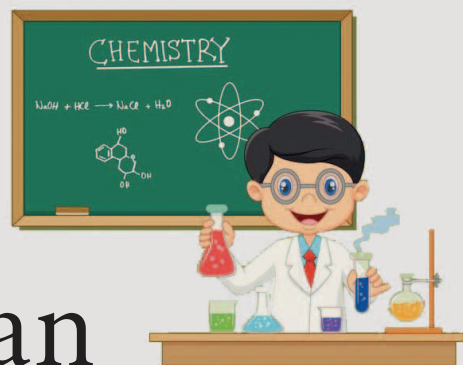




Tóth Zoltán

■ Debreceni Egyetem TTK Kémiai Intézet | tothzoltandr@gmail.com

Tévhitek a kémia oktatásában



A mikor megkaptam a felkérést, hogy írjam le véleményemet a kémiaoktatás problémáiról, lehetőségeiről és jövőjéről, sokáig gondolkodtam, hogy mi újat tudnék én mondani azon kívül, amit korábbi írásaimban már leírtam. Készíthetnék egy összegző tanulmányt az elmúlt negyedszázad során szerzett oktatási és kutatási tapasztalataimból, de ezt lényegében már megtettem [1], megismétlése sem nekem, sem az Olvasónak nem lenne kedvére. Végül – hosszas töprengés után – úgy döntöttem, hogy egy provokatív, vitára ingerlő írást készítek, melyben – átmenetileg feladva a bizonyítékokon alapuló oktatásba vetett hitemet – keverednek a tényeken alapuló kijelentések a szubjektív kinyilatkoztatásokkal.

1. tévhit:

A kémiai ismeretek egymásra épülése miatt csak a kémia tudományának logikája szerint felépülő tananyag oktatása lehet eredményes

Valószínűleg a kedves Olvasó sem úgy tanult meg szövegszerkesztővel dolgozni vagy számítógépes bemutatót készíteni, hogy a kettes számrendszerrel elindulva először megismerkedett a programozás alapjaival és a számítógép működésével. Nem, nem így tanulunk! Adott egy probléma, és annak mielőbbi megoldására koncentrálna, célirányosan csak azokra az ismeretekre koncentrálna, amelyek a probléma megoldásához – szerintünk – szükségesek (próbálgatunk, segítséget kérünk, utánanéznünk stb.). Norman Reid a glasgow-i egyetem professzora egy 2000-ben megjelent tanulmányának ezt a címet adta: „A kémia bemutatása: logikusan felépített vagy alkalmazásokon alapuló?” [2]. Tanulmányában abból indul ki, hogy a (skót) középiskolásoknak körülbelül 1%-a tanul tovább kémiai jellegű szakokon és körülbelül további 2%-a olyan szakokon, melyek igénylik a kémiai alapot. Semmi nem indokolja tehát, hogy a tanulók 3%-a miatt a tanulók gondolkodásától nagyon idegen, a kémia tudományának logikája alapján rendezett sorrendben tanítsuk a kémiai ismereteket. Erre a logikára jellemző, hogy az anyag felépítéséből és szerkezetéből vezet le az anyag tulajdonságait, reakcióit, és végül – sokszor csak megjegyzésként – megemlíti az anyagok alkalmazását, mindennapi életünkben betöltött szerepét. A kémia tudományának logikáján alapuló rendszerezés hasznos és célravezető azok számára, akiknek már kellő mennyiségű és mélységű kémiai ismerete van. Ezért (is) találkozunk ez a típusú tananyag-feldolgozás a kémiatanárok jelentős részének tetszésével. Pedig sokkal életszerűbb – és a tanulók gondolkodásához közelebb áll – a fordított feldolgozási sorrend, azaz egy jól megválasztott, a tanulók is érdeklő gyakorlati probléma tárgyalása so-

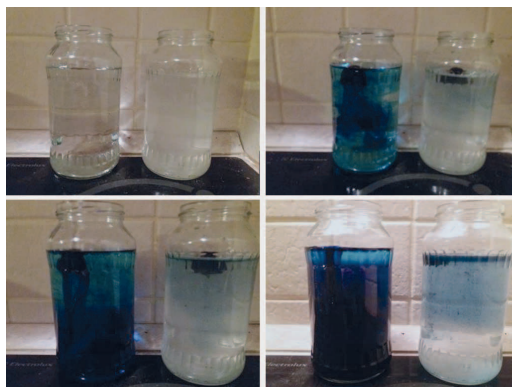
rán jutunk el az anyag fizikai és kémiai tulajdonságainak, szerkezetének, felépítésének bemutatásához. Nagyon fontos, hogy a kiinduló probléma a tanulók számára releváns gyakorlati-alkalmazási probléma legyen. Nem szerencsés például az ipari folyamatok bevezető tárgyalása, hiszen azok általában nagyon távol állnak a tanulóktól, és így nem sok esély van arra, hogy felkeltik a tanulók érdeklődését. Sokkal érdekesebb lehet például annak megbeszélése, hogy mik azok az E-számok, hogyan működik a légszák vagy mi a gluténérzékenység kémiai vonatkozása. Ugyanakkor azt is látnunk kell, hogy a tudomány logikája szerinti építkezés egyértelmű, előre jól megtervezhető. Ezzel szemben a tanulókat jobban érdeklő, alkalmazásközpontú (kontextus alapú) feldolgozás – a tanulócsoporthoz illesztésről, felkészültségéről, motiváltságáról, érdeklődéséről, hétköznapi tapasztalataitól függően – korántsem egységes, nehezebben tervezhető és sikere nagymértékben függ a tanár felkészültségéről, rugalmasságától.

2. tévhit:

A jelenlegi kémiaoktatás azért nem eredményes és a tanulók azért nem szeretik a kémiát, mert a tanárok nem kísérleteznek a kémiaórákon

Sajnos, a probléma nem ilyen egyszerű. Ha pusztán kísérletezéssel meg lehetne oldani, hogy a tanulók tudják és szeressék a kémiát, akkor – biztos vagyok benne – szinte minden tanár kísérletezne a kémiaóráin. A tanulók valóban nagyon szeretik a kísérleteket, különösen azokat, amelyek látványosak, színesek, robannak stb. De többségük számára ez nem több mint egy szóra-

A kísérlet szembesít elképzelésünk helyes vagy helytelen voltával. Sóoldatban sokkal lassabban olvad meg a metilénkékkel megfestett jégkocka, mint desztillált vízben





kozottató cirkuszi mutatvány. Szinte minden tanár szembesül ezzel a ténnyel, amikor a tanulóknak a kísérletet elemeznie, vagy csak egy későbbi alkalommal felidéznie kell.

A kémiai kísérletek legfontosabb célját a következőképpen fogalmazhatjuk meg [3]:

1. A természettudományos fogalmak megértésének elősegítése, és a tanulók szembesítése meglévő fogalmaikkal.
2. Olyan kognitív képességek fejlesztése, mint a problémamegoldás, a kritikus gondolkodás és a döntéshozatal.
3. A gyakorlati képességek, köztük a kézügyesség fejlesztése.
4. A tudományos kutatás természetének, a tudományos módszerek sokszínűségének bemutatása.
5. A tudományos kutatás olyan alapvető fogalmainak kialakítása, mint például a probléma megfogalmazása és a hipotézisalkotás.
6. Olyan tudományos viselkedésmódot fejlesztése, mint például az objektivitás és a kíváncsiság.
7. A természettudományok iránti érdeklődés felkeltése.

Ezek a célok azonban csak rendkívül átgondolt laboratóriumi munkával, kísérletezéssel valósíthatók meg. Ma már tisztán látjuk, hogy a kísérletezés során nagyon sok tanítási és tanulási nehézséggel kell megküzdeni. A tanítási problémák egyik legjelentősebb forrása az, hogy a kísérletek többsége úgynevezett verifikáló kísérlet, tehát valami olyat mutatunk be vagy tanulmányozunk, amit már ismerünk, amivel korábban már foglalkoztunk. Az iskolai kísérletezés hatékonysága azért olyan alacsony, mert a kísérletek gyakran elszakadnak az elmélettől, és többnyire szakácskönyvszerűen írják elő, hogy mit is kell csinálni a tanulóknak. A konstruktivista értelmezés szerint a tanulás dinamikus folyamat, amelyben a tanuló aktívan alakítja tudását az új ismeretek és a már meglévő tudásának az összevetésével. Ebből a szempontból a kémiai kísérletek alapvető fontosságúak, amennyiben lehetővé teszik egyrészt új ismeretek, tapasztalatok szerzését, másrészt a már meglévő ismeretek adaptívitásának ellenőrzését. Erre csak a jól megválasztott és megfelelő módon végrehajtott kémiai kísérlet alkalmas.

3. tévhit:

A kémiai számítások fejlesztik a tanulók problémamegoldó képességét, és elengedhetetlenek a fogalmi megértés szempontjából

A kémiai számítási feladatok sajátos helyet foglalnak el a kémia tanításában. Elmaradhatatlan részét képezik a különböző vizsgáknak és versenyeknek, ugyanakkor kevés olyan területe van a kémiának, amelyet annyira nehéznek és öncélúnak tartanak a tanulók, mint a kémiai számításokat.

A kémiai számítási feladatok megoldásának alapvetően két célja van:

1. A feladat konkrét témájához tartozó tudásterület fejlesztése.
2. A tanulók problémamegoldással kapcsolatos metakognitív tudásának fejlesztése.

A kémiának számos olyan területe van, ahol az ismeretek elmélyítését, a megfelelően szervezett fogalmi háló kiépítését a jól megválasztott számítási feladatok elősegíthetik. Ugyanakkor számos nemzetközi, tudományos igényű kutatás mutatja, hogy a tanulók kémiai számítások megoldásában elért sikeressége nagyon gyenge kapcsolatban áll a problémák megoldásához szükséges kémiai ismeretek fogalmi megértettségének szintjével [4]. Lehet, hogy a tanulók attól függetlenül tudják megoldani a sztöchiometriai számításokat, hogy értenék a probléma molekuláris hátterét.

A konstruktivista pedagógia szerint nem beszélhetünk általános problémamegoldó képességről, hiszen a problémamegoldás is, mint minden ismeretünk, kontextusfüggő, tudásterület-specifikus. A metakognitív tudásrendszerünknek van azonban egy olyan része, amely a problémamegoldással kapcsolatos [5]. Ilyenek például az egyenes és fordított arányosság felismerése, analógiák keresése, a feladat átfogalmazása, az adatok szemléletes (pl. táblázatos) feltüntetése stb. Ezek fejlesztésére valóban alkalmasak lehetnek a jól megválasztott számítási feladatok is.

A sikeres problémamegoldás szükséges, de nem elégséges feltétele, hogy a tanuló rendelkezze a természettudományos gondolkodás alapvető képességeivel. A természettudományos gondolkodás alapvető képességein olyan mintázatokat (sémákat, műveleteket) értünk, amelyek elengedhetetlenek a természettudományos problémák megértése, kezelése és megoldása szempontjából. A legfontosabb mintázatok a következők: rendszerezési képesség, kombinatív képesség, deduktív gondolkodás, induktív gondolkodás, analógiás gondolkodás, arányossági gondolkodás, valószínűségi gondolkodás és korrelatív gondolkodás [6]. Ezek fejlesztése azonban nem csak számítási feladatokkal lehetséges.

4. tévhit:

A más természettudományos tantárgyakkal való átfedés főleg és haszontalan

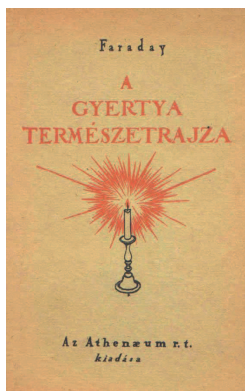
A természettudományoknak diszciplináris keretek között történő oktatása szükségszerűen vezet a tantárgyak közötti tartalmi átfedésekhez. A kémia tanulása során a tanuló gyakran találkozik olyan tartalmakkal, amelyek más tantárgyakon belül is megjelennek. Erős a kémia kapcsolódása a fizikával, a biológiával, a matematikával és a földrajzzal, de még a magyar nyelv és irodalom, valamint a történelem tantárgyakkal is vannak kapcsolódási pontok. Ezek olykor átfedések, ismétlődések, melyeket azonban nem feltétlenül kell megszüntetni két okból sem:

1. A tanítás-tanulás folyamatában fontos momentum egy átfogó kép kialakítása, a tantárgyra jellemző gondolkodásmód elsajátítása, a megismerési folyamat megélése. Nem baj, sőt sok szempontból kívánatos, hogy a tanulók az egyes tantárgyak tanulása révén megismerjék a valóság más-más vetületét, a modellalkotás többszempontúságát. Ugyanakkor, a tanulók többsége nem képes az egyik szöveggörnyezetben (tantárgyban) tanultakat és másik szöveggörnyezetben (tantárgyban) alkalmazni. Ez a típusú tudástranszfer ugyanis rendkívül gátolt folyamat. Ennek elősegítésében van fontos szerepe a tanárnak (külső koncentráció).

2. Vannak olyan természettudományos fogalmak (pl. nagyon sok kémiai fogalom: relatív atomtömeg, pH, savak és bázisok, az atom felépítése, oxidáció és redukció), melyek nem taníthatók egyszerű, minden helyzetben helytálló definícióval, hanem újra és újra visszatérve, más szempontból tárgyalva, bővítve alakítjuk a fogalom jelentését. Másrészt vannak olyan fogalmak is, melyek a kontextustól, sőt esetleg tantárgytól függően mást jelentenek (pl. a proton a kémiában leginkább csak azt a hidrogéniont jelenti, amely a savról a bázisra átmege a protolízis során, míg fizikában egyértelműen egy elemi részecskéről van szó, amely minden atom magjában megtalálható; a csapadék kémiaórán egészen mást jelent, mint földrajzórán stb.).

5. tévhit:

A tudományos ismeretek megszerzését a tapasztalat irányítja, ezért a kémia oktatásában is mindig a tapasztalatokból kell kiindulni



Faraday nagy sikerű karácsonyi előadás-sorozatában sem a tudomány logikája szerint építette fel előadásait

Meggyőződés, hogy a tanórai kísérletek hatékonysága jelentősen növelhető már úgy is, ha csak annyit teszünk, hogy a kísérlet elvégzése/bemutatása előtt megkérdezzük a tanulókat, hogy mit várunk, mi fog történni.

6. tévhit:

Vegyjelek, képletek és reakcióegyenletek nélkül nem lehet kémiát tanítani

Sajnos, számos tanár él ebben a tévhitben. Pedig a vegyjelek, képletek és reakcióegyenletek csak eszmei modellek, melyek segítségünkre lehetnek az anyagok és kémiai reakciók leírásában. De nem ezek jelentik a kémia lényegét! (Soha nem felejttem el azt a tankönyvbemutatót, ahol – miután a jelenlévők kezébe adtam legújabb, a szakközépiskolások számára készített tankönyvünket –, az egyik tanár így kiáltott fel: „Ez egy olyan gyagya tankönyv!” Megdöbbenve kérdeztem: „Mért gondolja annak?” „Mert alig van benne képlet és reakcióegyenlet” – hangzott a válasz.)

Másrészt, ha nem fordítunk kellő figyelmet a kémiai szimbólumok megfelelő bevezetésére és értelmezésére, akkor azoknak csak a riasztó mellékhatását erősítjük. Gondolok itt például a vegyjelek és képletek többszintű (és többértelmű) jelentésének általános iskolai bevezetésére (pl. Fe: vas, 1 vasatom, 1 mól vas, $6 \cdot 10^{23}$ vasatom, 56 g vas), vagy a reakcióegyenletek megfelelő „olvasására” (pl. a kémiai egyenletben a „+” inkább „és” és nem pedig „plusz”, az „=” pedig „lesz belőle/ad” és nem pedig „egyenlő”).

7. tévhit:

Modellek segítségével még a legelvontabb fogalmak és jelenségek is megértethetők

A kémia tudományában használatos elméleti modellek (például: sav-bázis elméletek, a redoxireakciók értelmezésének elméletei) mellett gyakran használunk – elsősorban szemléltetésre – anyagi modelleket (molekulamodelleket, szerkezeti modelleket, dinamikus modelleket). A modellek használatánál, kiválasztásánál mindig nagy gonddal kell eljárni. Mérlegelni kell, hogy mennyiben segíti a modellt a megértést, és milyen tévképzeteket alakíthat ki vagy erősíthet meg használata. Minden modell ugyanis –

Számos tudománytörténeti példa mutatja, hogy a tudomány fejlődését nem elsősorban a tapasztalat, hanem az elméleti megfontolások irányítják [6]. A kísérlet lényegében a természet kérdése. Bármilyen kérdés felvetése szükségképpen feltételez egy elméletet. Ezt nagyon fontos figyelembe venni az iskolai oktatás során is. A készen kapott kísérletek vagy kísérleti eszközök és leírások számos esetben állítják megoldhatatlan feladat elé a tanulókat. A tanulás induktív módszerének erőltetése és a deduktív jelleg kizárása eredményezi azt, hogy a tanári demonstrációs kísérleteknek és a tanuló kísérleteknek nagyon alacsony a pedagógiai hozadéka. Számos esetben ezek a kudarcok vezetnek oda, hogy a tanárok egy része előbb-utóbb felhagyja a kísérletezéssel.



Lehet-e tudomány a szakmódszertan? A válasz: Igen. Ráadásul a Magyar Tudomány Ünnepe

mivel a valóságnak csak egyszerűsített mása – szükségképpen tévképzetekhez vezethet (például az atomoknak színe van, a kémiai reakció során a kiindulási anyagok és a termékek térben elválasztva találhatóak stb.).

8. tévhit:

A hétköznapi életből vett problémák közelebb viszik a kémiát a tanulóhoz és elősegítik a kémiai ismeretek elsajátítását

Ez a megállapítás csak részben igaz. Nagyon fontos ugyanis, hogy a példaként hozott hétköznapi probléma valóban a tanuló életéhez, mindennapjaihoz kapcsolódjék (releváns legyen). Az oldatok készítése, hígítása, töményítése témakör tanítása során gyakran találkozunk olyan hétköznapi problémákra való hivatkozással, mint a befőzéshez cukorszirup készítése vagy megfelelő koncentrációjú permetlé készítése. Ezek valóban hétköznapi életből vett problémák, csak éppen a 12–16 éves diákok többsége számára nem releváns problémák. (Meglepő tapasztalatról számolt be az egyik, elit gimnáziumban tanító tanár: a mosószer tanítása során hivatkozott a mosogatáskor tapasztalható jelenségekre. Kiderült, hogy a gyerekek közül még senki sem mosogatott, és arra a kérdésre, hogy nálatok ki mosogat otthon, az volt a válasz, hogy a mosogatógép.)

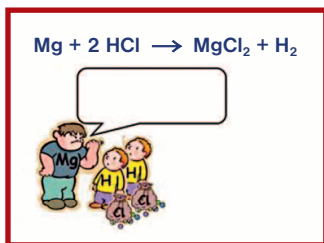
9. tévhit:

Jó tanári magyarázattal elkerülhető, hogy a tanulók fogalmi megértési zavarokkal (tévképzetekkel) küzdjenek

Tanártovábbképzéseken gyakran tapasztalom, hogy amikor a tanulók tévképzeteiről és naiv elméleteiről beszélek, akkor egyes tanárok hitetlenkedve hallgatják azt, és sokszor közlik is velem, hogy az ő tanítványaik ilyen butaságot nem mondanak, mert ő megtanítja/elmagyarázza nekik, hogy... Én ilyenkor csak annyit kérek, hogy tegyen egy próbát: kérdezze meg a tanítványait arról, hogy... Meg fog lepődni a válaszokon.

Tévképzeteknek nevezzük a tudományosan nem helytálló nézeteket, fogalmakat vagy fogalomrendszereket együttesét [7]. A tévképzetkutatások – nem véletlenül – a természettudományok területéről indultak el, és máig is ez az ilyen szempontból legalaposabban tanulmányozott része a tanulók ismereteinek.

A fogalmi megértési zavarok kialakulásának számos oka lehetséges. A tanulók kémiai tévképzetei kialakulhatnak a tanítási folyamatban is. Ezeket a tévképzeteket nevezzük didaktogén vagy iskolában szerzett tévképzeteknek. Ezek mögött általában vagy a megfelelő szaktudomány fogalomrendszerének sajátosságai [8],



Mit mondhat a magnézium a sósavnak?

- A) „Velem ugyan nem sokra mentek!”
- B) „Adjátok a klóratomotokat és tűnjetek el!”
- C) „Vigyétek az elektronjaimat és tűnjetek el!”
- D) „Egymással foglalkozzatok, ne velem!”
- E) „Forduljatok csak meg! Az ellentétek vonzzák egymást.”

Melyik a legjobb válasz? Egy lehetőség a tanulók tévképzetének feltárására

vagy didaktikai problémák húzódnak meg. Egyértelmű irodalmi adatok bizonyítják, hogy a tanároknak is vannak tévképzetek, és ezeket gyakran át is adják tanítványaiknak. Számos esetben a tankönyvi szöveg vagy ábra segíti elő a tévképzetek kialakulását [9]. A lehetséges módszertani problémák közül feltétlenül ki kell emelnünk a fogalomalkotás során az általánosítás elmaradását, a nem megfelelő szemléltetést és a modellek tévképzeteket generáló hatását.

A tévképzetek egyik legfontosabb jellemzője, hogy stabilak, nagy mértékben rezisztensek az oktatással szemben. Tehát téved az a pedagógus, aki azt hiszi, hogy egy természettudományos fogalom logikus elmagyarázásával, részletes megbeszélésével sikerül tanulói tévképzetét megváltoztatni. A mindennapi megismerésből és a mindennapi módon való gondolkodásból származó tévképzetek [10] mennyisége gyakorlatilag független attól, hogy a tanulók hány évig tanulták a tárgyat és milyen az abban elért iskolai teljesítményük. Egy korábbi vizsgálatunk [11] igazolja, hogy a tévképzetek többségét még az igen alapos egyetemi tanulmányok sem tudják felülrni.

A stabilitás egyik oka, hogy a tévképzetek valamilyen szinten adaptívak, azaz bizonyos fajta problémák megválaszolására alkalmasak, vagy legalábbis sikerrel kecsegtetnek. Ráadásul a tévképzetek személyesek és szituatívak. Különösen a naiv elméletekre igaz, hogy iskolai kontextusban kevésbé jelennek meg. Mivel minden tanulónak más és más a kognitív értelmező rendszere, ezért a tanulónak egy-egy témakörrel kapcsolatos tévképzei nagyon különbözhetnek egymástól.

A mindennapi megismerésből származó tévképzetek gyakran hasonlóságot mutatnak a mára már meghaladott tudományos

A szakmódszertani kutatások már részletesen feltárták a tanulók tévképzeit kémiából



nézetekkel. Így például a tanulóknak a mozgással vagy az anyag szerkezetével kapcsolatos elképzelései hasonlítanak az arisztotelészi elméletekhez, az égés értelmezése gyakran hasonlít a flogiszton-elméletéhez [12], a természetes és a szintetikus anyagok tulajdonságaival, hatásaival kapcsolatos elképzelések nagyfokú hasonlóságot mutatnak az életerő-elmélettel stb.

A tévképzetek – noha bizonyos értelemben a tanulás szükség-szerű velejárói – gátolják a további tanulást és „melegágyai” lehetnek a manapság annyira gyakori áltudományos nézeteknek.

Bár a tévképzeteket nagyon nehéz megváltoztatni, a tanulás-tanítás értelmét, a fogalmi fejlődés és váltás lehetőségét kérdőjeleznék meg, ha lemondanánk korrekciójukról. Milyen feltételeknek kell teljesülniük ahhoz, hogy esélyünk legyen a tévképze-tek megváltoztatására?

A sikeres korrekciónak két feltétele van:

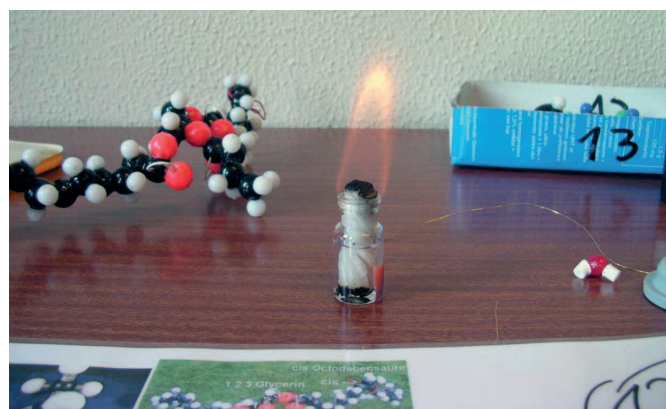
1. A tanulók tévképzeinek ismerete, esetleg feltárása.
2. Megfelelő tanítási stratégia alkalmazása.

10. tévhit:

Csak jól felszerelt laboratórium birtokában lehet eredményes kémiaoktatást folytatni

Sajnos, elég gyakran halljuk ezt a kifogást: Hogyan kísérletezzek, ha se eszközöm, se anyagom nincs hozzá?

A tanórai kísérletezés egyik új irányzata éppen az, hogy a laboratóriumi eszközök és vegyszerek helyett egyre inkább hétköz-napi eszközöket és a háztartásban megtalálható anyagokat használunk. És így a szükségből akár erényt is kovácsolhatunk, hiszen ezzel is demonstráljuk a kémia életszerűségét, szoros kapcsolatát mindennapjainkkal.

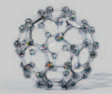


Eszközökkel és vegyszerekkel rosszul ellátott iskolákban is adódnak lehetőségek

Nagyon egyszerűen megvalósítható, mégis nagyon tanulságos a pezsgőtablettával kapcsolatos kísérletsorozat, a víz „szennye-zettségének” vizsgálata elektrolízissal, vagy anyagok elektromos vezetésének tanulmányozása érintőképernyős eszközökkel ([1] 87. oldal). Viszonylag olcsó, könnyen beszerezhető anyagokkal és eszközökkel végezhető el a műanyagfecskendő gázkísérletek, a csempén, szűrőpapíron, festőpalettán, tablettatartóban, mikroszkóp alatt, vagy hidrogélekben végrehajtható kísérletek [13]. További ötleteket meríthetünk a játékboltokban kapható, az ott-honi kísérletezéshez készült csomagokból is.

11. tévhit:

A kémia tanulására is igaz a mondás: „Az ismétlés a tudás anyja”



Pontosabban csak részben igaz. Újabban tudományosan is alátámasztott régi tapasztalat, hogy a tudás alkalmazásában nem csak az új ismeretek rögzítésének (ismétlés, gyakorlás) van fontos szerepe, hanem a már rögzült ismeretek előhívásának, mozgósításának (emlékezeti előhívás) is. Az emlékezeti előhívást erősítő tanuláshoz (más szóhasználat: tesztalapú tanuláshoz) az ismeretek hosszú távú rögzítésére és mozgósítására kifejtett pozitív hatását elsősorban a nyelvtanulás és a matematikatanulás esetében vizsgálták [14]. Azok a hallgatói csoportok, akik a matematika-szemináriumokon rögtön az óra végén írták az aznap tanult anyagból a zárthelyi dolgozatokat, sokkal eredményesebbek voltak a félévi megmérettetésen, mint azok, akik mindig a következő óra elején írtak dolgozatot. Úgy tűnik tehát, hogy az óra végi összefoglalás helyett eredményesebb az óra végi „számmonkérés”, akár a Mazur-féle technikával [15] kombinálva. Sajnos, az emlékezeti előhívás módszerének a kémia oktatásában való kipróbálásával kapcsolatban még nagyon szegényes a szakirodalom.

Összegzés

Tisztában vagyok vele, hogy ezeknek a tévhiteknek a felszámolása, korrekciója legalább olyan nehéz, mint a tanulók kémiai tudásában fellelhető tévképzeteké. Talán az egyre több pozitív példa, az ilyen szempontból is „jó gyakorlat” bemutatása, elterjesztése lehet a megoldás. Ehhez viszont ki kell dolgozni az ún. alkalmazásközpontú (kontextusalapú) kémiatanítás gyakorlatát. Ez viszont csak kellően átgondolt, bizonyítékokon alapuló eljárással lehetséges. Ehhez nyújthat segítséget – reményeim szerint – a közelmúltban megjelent két szakmódszertani könyv is [1, 16]. A fejlesztést minél hamarabb el kellene kezdeni, mert a NAT legújabb tervezetében is hangsúlyozottan szerepel a kontextusalapú tananyagfeldolgozás [17].

IRODALOM

[1] Tóth Z.: Korszerű kémia tantárgy-pedagógia. (Híd a pedagógiai kutatás és a kémiaköznevelés között) SZAKTÁRNET-könyvek 5. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen,



Bár a kémia lényege nem a képlet és a reakcióegyenlet, azért olykor életmentő lehet az alapvető vegyületek képletének ismerete

2015. http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktarnet/kiadvanyok/korszeru_kemia_tantargy-pedagogia.pdf (utolsó megtekintés: 2018. 12. 03.)
- [2] Reid, N.: Chemistry Education: Research and Practice in Europe (2000) 1 (3), 381.
- [3] Tóth Z. és Boán M.: Iskolakultúra (2004) 14 (1), 106.
- [4] Nakhleh, M. B.: Journal of Chemical Education (1993) 70 (1), 52.
- [5] Nahalka I. és Poór I.: Problémák és feladatok megoldása a fizika tanulás során. In: Radnóti K. és Nahalka I. (szerk.): A fizikatanítás pedagógiája. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
- [6] Csapó B. és Szabó G. (szerk.): Tartalmi keretek a természettudományok diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2012.
- [7] Radnóti K.: Iskolakultúra (2000) 10 (10), 34.
- [8] Tóth Z.: Természet Világa (2009) 140 (19), 25.
- [9] Tóth Z.: Iskolakultúra (2000) 10 (10), 71.
- [10] Tóth Z.: Iskolakultúra (2000) 9 (10), 103.
- [11] Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2016) 71 (11), 334.
- [12] Turányi T. és Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2011) 66 (4), 122.
- [13] Barke, H-D, Hazari, A. és Yitbarek, S.: Misconceptions in Chemistry. Springer, Berlin-Heilderberg, 2009.
- [14] Dobóné Tara É., Sarka L. és Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2016) 71 (11), 353.
- [15] Racsmán M. (2014): Mindennapi Pszichológia (2014) 6(3), 52.
- [16] Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2017) 72 (4), 116.
- [17] Szalay L. (szerk.): A kémiatanítás módszertana. ELTE TTK, Budapest, 2015. <http://ttomc.elte.hu/szervezeti/kemia-szakmodszertani-csoport> (utolsó megtekintés: 2018. 12. 20.)
- [18] A Nemzeti alaptanterv tervezete (2018. 08. 31.) <https://www.oktatas2030.hu> (utolsó megtekintés: 2019. 01. 09.)

Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet

■ MTA Könyvtár és Informatikai Központ | braun@mail.iif.hu

A fullerén-paradoxon

Általában azzal szoktunk kezdeni, hogy vázoljuk, tanulmányunk miről szól, mivel foglalkozik. Ezúttal annyiban térünk el a szokásostól, hogy említést teszünk arról, amivel nem fogunk foglalkozni. Ugyanis véleményünk szerint a fullerének szakirodalma tengernyi, és nem látjuk értelmét, hogy még csak kivonatossan is ismertessük. Nem tudjuk azonban elkerülni, hogy egy nagyon rövid áttekintéssel azért ne foglalkozzunk, és ne említsünk a fullerénekről publikált néhány alpművet. [1–9]

1985 őszen angol és egyesült államokbeli kutatók elindultak

egy úton, amelyről remélték, hogy elvezeti őket a csillagközi teretek kémiai összetételének jobb megismeréséhez. Mint kiderült, az út nem oda, hanem a C₆₀-molekula és társai, illetve a fullerének felfedezéséhez vezetett. Ez a felfedezés, persze, pozitív értelemben megrengette a kémia világát, és talán nem túlzás, a természettudományok egészének világát is. A kutatási úti célok, illetve az érkezők helyének út közbeni változása nem ritka jelenség a tudományban. Az angol nyelv e jelenség elemzésére egy szakszót alkotott, a lefordíthatatlan *serendipityt*. E szó képessé-

