

A KÉMIA TANÍTÁS MÓDSZERTANA

Balázs Katalin
Csenki József
Főző Attila László
Labancz István
Riedel Miklós
Rózsahegy Mária
Schróth Ágnes
Szalay Luca
Tóth Zoltán
Wajand Judit

Alkotó szerkesztő
Szalay Luca

ELTE, Budapest
2015

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

TARTALOM

BEVEZETÉS	
I. A TANÍTÁSI ÉS TANULÁSI FOLYAMAT TERVEZÉSE ÉS SZERVEZÉSE	5
Szalay Luca	
II. A KÉMIAI FOGALMAK TANÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ÉS PROBLÉMÁI	8
Tóth Zoltán	
III. OKTATÁSI MÓDSZEREK	20
Balázs Katalin, Labancz István, Szalay Luca	
IV. KÉMIAI KÍSÉRLETEK ÉS EGYÉB SZEMLÉLTETÉSI MÓDOK	69
Riedel Miklós, Rózsahegyi Márta, Wajand Judit, Tóth Zoltán	
V. A GONDOLKODÁSI KÉPESSÉGEK FEJLESZTÉSE	121
Balázs Katalin, Szalay Luca, Tóth Zoltán	
VI. A KÉMIAI SZÁMÍTÁSOK TANÍTÁSA	134
Rózsahegyi Márta, Szalay Luca, Tóth Zoltán, Wajand Judit	
VII. DIFFERENCIÁLT OKTATÁS, FELZÁRKÓZTATÁS, TEHETSÉGGONDOZÁS	191
Balázs Katalin, Szalay Luca	
VIII. INFOKOMMUNIKÁCIÓS TECHNOLÓGIÁK ALKALMAZÁSA A KÉMIAOKTATÁSBAN	209
Főző Attila	
IX. ÁLTUDOMÁNYOK ÉS ISMERETTERJESZTÉS	231
Riedel Miklós	
X. A KÖRNYEZETI NEVELÉS ÉS A FENNTARTHATÓSÁG PEDAGÓGIÁJA	260
Schróth Ágnes	
XI. ELLENŐRZÉS, ÉRTÉKELÉS, MÉRÉS	275
Csenki József	
XII. A KÉMIAOKTATÁS KUTATÁSÁNAK ALAPJAI	309
Tóth Zoltán	

Az egyes fejezetek részletes tartalomjegyzékét a fejezetek elején adjuk meg.

BEVEZETÉS

A kémia tantárgy oktatásának társadalmi szerepe, s ezzel együtt céljai és lehetőségei megváltoztak Magyarországon a XX. század végén és a XXI. század elején. Európában befejeződött a hidegháború, és 2004-ben a Magyar Köztársaság az Európai Unió (EU) tagjává vált. A tudományos és technológiai fejlődés eredményeinek, valamint a tőkének és a munkaerőnek (a sok szempontból egyébként hasznos) szabad áramlása azonban sajnos kedvezőtlen hatásokkal és súlyos következményekkel is járt. A magyar gazdaság egész ágazatai roppantak meg. A vegyiparnak és a gyógyszeriparnak is teljesen új feltételekhez kellett alkalmazkodnia, amelynek gyakran a kutatás és a fejlesztés látta kárát. A fegyverkezési versenyből való kilépésünkkel és a NATO tagsággal csökkent a politikai igény a magasan kvalifikált természettudósok eredményeinek katonai, hadiipari célú alkalmazására. Az újabb kor oktatáspolitikája pedig többnyire a Nyugat-Európában és Észak-Amerikában kialakult modelleket tekintette mintának. Ezekben a természettudományok oktatásának súlya addigra már sokkal kisebb volt, mint a XX. század hetvenes és nyolcvanas éveiben megszilárdult magyar rendszerben, amelyben a jelenleg is oktató kémiantanárok jó része tanult, és amelyet azóta is sokan viszonyítási alapként tartunk számon.

A fentiek következményeként a Nemzeti alaptanterv 2003-ban történt átalakítása nyomán a természettudományos tantárgyak óraszámja jelentősen csökkent (a kémiáé mintegy 30%-kal). A megszokott magas követelményekből azonban az újabb tantervek írói sem szívesen engedtek. Így az elsajátítandó tananyag csökkentése nem volt arányos az óraszámcsökkentéssel, és a további tantervi változások során sem történt meg a szükség diktálta mértékben. Részben talán azért, mert titkon sokan abban reménykedtünk, hogy a folyamat visszafordítható, és egyszer még bekövetkezhet a kémiaóraszámok emelése. Másrészt jónéhány iskolában sikerült kiharcolni kedvezőbb feltételeket a kémia vagy általában a természettudományos tárgyak oktatásához (minden bizonnyal elsősorban a gyermekek számára orvosi vagy magas szintű műszaki pályát elképzelő szülők által kifejtett társadalmi nyomás hatására). Ezek a természettudományos tantárgyak magasabb heti óraszámát, esetleg jobb anyagi körülményeket és/vagy a kísérletezéshez asszisztenciát jelentettek. Mindez pedig némiképp csökkentette az ilyen, az átlagosnál szerencsésebb helyzetű intézményekben a kémiantanárookra nehezedő nyomást. Jelentősen javította az összképet az is, hogy a többségében néhány elit iskolában, nagy tapasztalatú és elkötelezett tanárok által létrehozott műhelyekben tanuló válogatott diákok továbbra is évről évre kitűnő eredményeket érnek el a hazai és nemzetközi kémiaversenyeken.

A természettudományos tárgyak tanításához rendelkezésre álló időnek és az előírt tananyagnak a disszonanciája által okozott nehézségekhez hozzájárult még az a tény is, hogy jelenleg a fiatalok jóval nagyobb hányada jár középiskolába és egyetemre, mint a viszonyítási alapként tekintett évtizedekben. A statisztikák ugyanis azt mutatták, hogy az oktatási rendszerben eltöltött átlagos idő és a munkanélküliség esélye között negatív korreláció van. Ráadásul az iskolapadokban töltött évek alatt az akkor még évjáratonként viszonylag nagylétszámú generációk nem jelentek meg azonnal és teljes számban a gyengélkedő magyar gazdaság munkaerőpiacán. Az eredetileg elképzelt pozitív hatások mellett azonban ezen intézkedéseknek súlyos negatív következményei is lettek. A jelenleg középiskolába járó, illetve a felsőoktatásban tanuló diákok körében nemcsak a képességek szórása nagyobb, hanem a motivációjuk is sokkal diverzifikáltabb, mint a XX. század hetvenes és nyolcvanas éveiben volt. Ehhez hozzájárult még, hogy az ezredforduló környékén olyan pályák és karrierlehetőségek is megnyíltak Magyarországon, amelyek régen csak az akkori rendszer melletti politikai elköteleződéssel vagy egyáltalán nem voltak elérhetők (pl. a jogászok, a közigazdászok és a médiával, kommunikációval foglalkozó szakemberek előtt álló lehetőségek). Így az ehhez szükséges alapvető adottságokkal rendelkező diákok esetében is csak kemény és kitartó munkával tanulható természettudományos tantárgyak a

tanulók túlnyomó hányada számára jelenleg nem vonzóak. Mindez csökkentette a tantestületekben a természettudományos munkaközösségek súlyát, érdekérvényesítő képességét is.

További kedvezőtlen változás volt eközben a kémia tanításának körülményeit tekintve a tanártovábbképzési és a szaktanácsadási rendszer szétesése, illetve az ilyen tevékenységek szórványossá, esetlegessé válása. A szakmai fejlődés és az önképzés minősége többnyire a tanárok lelkiismeretén és a tanártovábbképzésben piacot látó cégek indíttatásán múlt. Így az időnként kampányszerűen meghirdetett és többnyire az Európai Uniótól erre kapott forrásokból finanszírozott „módszertani megújulás” kétes eredményekhez és helyenként a szélsőséges nézetek terjedéséhez vezetett. Ráadásul az iskolákban vegyszerekkel végzett tevékenységeket jelenleg a kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény és a végrehajtására kiadott rendeletek szabályozzák. Ezek pedig nem tesznek különbséget a rendszerint igen kevés vegyszert tartalmazó iskolai szertárak és a hatalmas mennyiségeket kezelő és felhasználó vegyi üzemek raktárai között. A fenti jogszabályok megjelenése óta az oktatási intézmények vezetői a kémiatanárok felelősségének tekintik az azoknak való megfelelést, noha a kémiatanároktól sem a jogi háttér ismerete (illetve változásainak követése), sem az iskolai körülmények között gyakorlatilag betarthatatlan szabályok szerint való munkavégzés nem várható el. Sajnos a Magyar Kémikusok Egyesülete Kémiatanári Szakosztályának kezdeményezésére az Országos Kémiai Biztonsági Intézetben összeállított „Útmutató az iskolai kémiai kísérletek biztonságos végzéséhez és a kémiaszertárak működtetéséhez” című kiadvány¹ sem oldotta meg ezt a problémát. (Bár némi segítséget azért jelent a kémiatanárok e területen végzett munkájához.) A jogászai szemlélet eluralkodása és az az alapállás, hogy a kémiai kísérletek végzése szükségképpen nagyon veszélyes, az iskolák vegyszerek és eszközök beszerzésére fordítható, általában igen alacsony keretével együtt oda vezetett, hogy az iskolai szertárak jó részének beszerzési lehetőségei beszűkültek, sőt egyes oktatási intézményekben egyenesen főlészámolták a kémia szertárakat.

Ilyen körülmények között nehezen valósítható meg a nemzetközi szakirodalomból megismerhető kutatási eredmények jól szervezett, nagymintás kipróbálásokon alapuló, ésszerű kompromisszumokra és egyensúlykeresésre törekvő hasznosítása. A kémia közoktatási súlyának csökkenése, a tanárképzési, valamint a tanártovábbképzési rendszerek hektikus változásai, az iskolai szertárak karbantartásával kapcsolatos problémák és a felsőoktatás finanszírozásának beszűkülése nagyban megnehezíti a kémia szakmódszertannal foglalkozó szakemberek helyzetét és a közoktatásban tanító kollégákkal való együttműködését. E jegyzet írásakor a pedagógus életpályamodell² (egyébként többféle anomáliával és konfliktussal terhelt) bevezetése nyújt némi reményt ennek a kapcsolatnak a megerősítésére.

A kémiatanítás módszertana tehát Magyarországon az utóbbi időben távolról sem ideális körülmények között fejlődik. Minden bizonnyal ez az oka annak, hogy e tárgyban magyar nyelven írt könyv, illetve jegyzet hosszú ideje nem jelent meg. Pedig az utóbbi évtizedekben sokat fejlődött mind a kémia tanítása során alkalmazható pedagógiai elmélet, mind a gyakorlati megvalósítás technológiai háttere. Éppen emiatt is nagy szükség van arra, hogy a sok szempontból kedvezőtlen helyzet ellenére a magyar szakemberek által összegyűjtött, kipróbált és hiteles tudás közkinccsé váljon, mind a tanárképzésben részt vevő hallgatók, mind a gyakorló kémiatanárok körében. A szerzők közül az évtizedek óta szakmódszertant tanító kollégák tapasztalata és a korábban e témában megjelent könyvek³ révén azonban szerencsére a most

¹ http://www.okbi.hu/images/szertar/Szertar_utmutato.pdf (utolsó letöltés: 2015. 08. 17.)

² <http://www.oktatas.hu/kiadvanyok/> (utolsó letöltés: 2015. 07. 11.)

³ Loczka A. (1933): A kémiai oktatás alapelvei a középfokú oktatásban. Budapest

Loczka A. (1939): A vegytan tanítása, Országos Középiskolai Tanáregyesület, Budapest

David L. -né (1957, 1958, 1959): Kémiatanítás az általános iskolában, Budapest

Pais I., Biczók F.-né (1967): A kémia tanításának módszertana, Tankönyvkiadó, Budapest

Mojzes J., Cs. Nagy G. (1978): Kémiai tantárgypedagógia, Tankönyvkiadó, Budapest

készült jegyzettel megteremthető volt a folytonosság. A haladás és a magyar természettudomány-
oktatás legjobb hagyományainak megőrzése közötti egyensúly megtalálása ugyanis e téren is
életbevágóan fontos.

A jelen elektronikus jegyzet tehát a fenti gondolatok jegyében készült. Ezeket az
ambiciózus célokat tűzték ki maguk elé szerzők, akik tudásuk és tapasztalataik legjavát igyekeztek
nyújtani e munka során. A tíz szerző látásmódja, megfogalmazásai óhatatlanul különböznek, ami
még a több szerző által írt fejezeteken belül is tükröződik. A szövegek többszörös átolvasása
során sok észrevételt és módosítási javaslatot tettünk, amelyek nyomán alakult, csiszolódott a
tartalom és a forma is. Ebben a munkában szakértőként Riedel Miklós, Rózsahegyi Márta és
Wajand Judit vettek részt, akiknek ezúton is köszönetünket fejezzük ki.

A jegyzet tizenkét fejezete nem fontossági sorrendben követi egymást. A tartalomjegyzék
inkább a tanítási-tanulási folyamat tervezésének szempontjaira és annak lépéseire emlékeztet.
Azonban az ilyen szerteágazó folyamat egymással is kölcsönös összefüggésben lévő elemeiből
lehetetlen egyetlen helyes, lineáris sorrendet kialakítani. Így a tizenkét fejezet címét felsoroló
tartalom csak egy lehetséges megoldás, ami a szerzők megegyezésén alapul. Az egyes fejezetek
részletes tartalomjegyzéke a fejezetek elején található. A fejezetek közötti kapcsolatok
megteremtését hiperlinkek segítik. A szerkesztés során a konkrét példákat, a kísérleteket és a
számolási feladatokat szürke alászínezéssel emeltük ki a folyamatos szövegből. A számolási
példák esetében a betűméret is kisebb, hogy ez is könnyítse a folyamatos olvasást és a példák
önálló használatát. Egyes, sok szöveget tartalmazó ábrákat olvasás közben célszerű kinagyítani.
(Ezáltal kihasználhatjuk a jegyzet digitális voltának egy újabb előnyét.) Az egyes szövegrészekre
közvetlenül vonatkozó hivatkozásokat lábjegyzetben adtuk meg, míg a fejezetek végén az egész
témakörhöz ajánlunk irodalmat. Ezek között szerepelnek a legfrissebb nemzetközi és hazai
szakirodalomból származó művek és a szerzők saját publikációi is. Az internetes hivatkozások
esetében a letöltés dátumát is megadtuk.

A munka a TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú és az „Országos koordinációval a
pedagógusképzés megújításáért” című projekt keretében készült. A projekt végén a projekt saját
honlapján⁴ túl az ELTE Természettudományos Oktatásmódszertani Centrumának (TTOMC)
szintén e projektben létrehozott honlapjáról⁵ valamint a Digitális Tankönyvtárból⁶ is letölthetővé
tesszük. A módszertani jegyzetben leírt elvek megvalósítását pedig nemcsak az adott fejezetekben
bemutatott gyakorlati példák, hanem szintén a TTOMC fentebb említett honlapjáról letölthető
huszonkét óraterv és tizenkét videofelvétel is segíti. Ezeknek a szerzői gyakorló kémia tanárok és
vezetőtanárok, akik részben azonosak a jelen elektronikus jegyzet szerzőivel.

A gondos munka ellenére e mű (jellegéből adódóan) nem lehet teljes. Ezért örömmel
fogadunk minden javító szándékú kiegészítést és észrevételt. Ezek hasznosítását nagyban fogja
segíteni az a tény, hogy a digitális jegyzetek a nyomtatott változatoknál egyszerűbben
módosíthatók, javíthatók. Nagyon köszönjük minden olvasónak, aki ötleteivel, tanácsaival
elősegíti, hogy ez a mű az évek során egyre jobbá, teljesebbé váljon

Ezekkel a szándékokkal és gondolatokkal kíván a digitális jegyzet használatához sok sikert

a Szerkesztő.

Budapest, 2015. augusztus 17.

⁴ <http://tamop412b.elte.hu/> (2015. 09. 23.)

⁵ <http://ttomc.elte.hu/> (2015. 09. 23.)

⁶ <http://www.tankonyvtar.hu/hu> (2015. 08. 17.)

I. A TANÍTÁSI ÉS TANULÁSI FOLYAMAT TERVEZÉSE ÉS SZERVEZÉSE

Szalay Luca

Tartalom

1. Történeti áttekintés
2. Az oktatásszervezés szintjei

1. Történeti áttekintés

Hazánkban és a nagyvilágban az utóbbi évtizedekben többszörös paradigmaváltás történt a tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése terén. A XX. században uralkodó, tartalom- és ismeretközpontú oktatási modellt a tananyagot pontosan előíró központi tantervek jellemezték. Akkoriban Magyarországon (a meglehetősen ritka oktatási kísérletektől eltekintve) egy tantárgyhoz általában egyféle tankönyv és munkafüzet készült. Ezek és a tanterv jórészt megszabták a pedagógus számára kitűzött célokat és az általa irányított elsajátítási folyamat eredményeit.

Nálunk a XX. század végétől kezdve megjelent a kompetenciaalapú oktatási modell⁷. Ebben nagyobb hangsúlyt kapnak a mindennapi élethelyzetekhez szükséges készségeket, képességeket, az egyén és a társadalom szempontjából elfogadható, illetve hasznos attitűdök kialakulását támogató tanulási folyamatok. Ebben a rendszerben minden iskola meghatározta a saját célrendszerét. Erre épül az iskola pedagógiai programja, ami a helyi tantervet is tartalmazza. A helyi tantervet a Nemzeti alaptanterv alapján írt valamely akkreditált kerettantervre kell alapozni, de a tartalom egy részét (a bevezetéskor mintegy 20%-át, a jegyzet írásakor 10%-át) a pedagógusok választják ki a helyi igények és körülmények alapján. Ezt követően mintegy két évtizeden át bármely engedélyezett tankönyv és oktatási segédanyag használható volt (bizonyos jogszabályi megkötésekkel).

A XXI. század tízes éveinek elején döntöttek a magyar oktatáspolitikai irányítói a tartalomközpontú és kompetenciaalapú elképzelések egyensúlyán alapuló oktatási modell bevezetéséről. Ez a kialakítók szándékai szerint kompromisszumokra épül. Egyaránt biztosítani kívánja az élethosszig tartó tanuláshoz elegendő, rendszerezett ismeretek (ún. közműveltségi tartalmak) átadását, illetve az ehhez szükséges fogalom- és összefüggésrendszer kialakítását, valamint a felelős állampolgári magatartáshoz és a mindennapi intelligens döntéshozatalhoz szükséges (természettudományos) műveltséget, továbbá az annak hatékony alkalmazásához elengedhetetlen képességek, készségek és attitűdök kialakulását is. A kompetencia ilyen értelemben tehát egy adott (típusú) feladat elvégzéséhez, illetve probléma megoldásához szükséges ismeretek, készségek, képességek és attitűdök összessége. Nagy viták után 2012-ben a Nemzeti alaptanterv (NAT) közműveltségi tartalmai az Ember és természet műveltségterületen két változatban is elkészültek⁸, és kerettantervekből is kétféle született⁹. Az iskoláknak (hacsak nem akartak saját kerettantervet akkreditáltatni, amelynek anyagi vonzatai is vannak) általában ezek közül kellett választaniuk a helyi tanterveik átdolgozásakor, és ezek alapján írták (át) a tankönyveket is. A 2013/2014. tanév során született oktatáspolitikai döntések és jogszabályok

⁷ <http://www.ofi.hu/tudastar/hazai-fejlesztesi/pala-karoly-kompetencia> (utolsó letöltés: 2015. 08. 17.)

⁸ A Kormány 110/2012 (VI.4.) rendelete a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Magyar Közlöny, 2012. évi 66. szám

⁹ 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet mellékletei, letölthető: <http://kerettanterv.ofi.hu/index.html> (utolsó letöltés: 2014. 08. 24.)

nyomán a korábban privatizált és igen diverzifikált magyar tankönyvpiac átalakítása is megkezdődött. Az állam tankönyvkiadókat vásárolt és csak bizonyos tankönyvek használatát engedélyezte az állami fenntartású iskolákban. Kísérleti tankönyvek és digitális oktatási segédanyagok¹⁰ készültek, és a folyamat e jegyzet írásakor is zajlik.

2. Az oktatásszervezés szintjei

a) Nemzeti alaptanterv (NAT, országos és Európai Unió szint): Az 1995-től érvénybe lépett NAT nem központi tanterv, hanem inkább tantervi alap volt. A tanítási-tanulási folyamatot meghatározó értékrendet, cél-és követelményrendszert, műveltségi tartalmakat előíró pedagógiai dokumentumként született meg, amelyre a kerettantervek és a helyi tantervek épültek. A NAT oktatáspolitikai eszköznek tekinthető (a bemeneti szabályozás eszköze, ellentétben pl. az érettségi követelményekkel, amelyek a kimeneti szabályozás alapjai), ami a társadalom elvárásait tükrözi. Általános koncepciókat fektetett le, hol egyértelműbben, hol csak általánosságokban utalva az oktatás tartalmi elemeire is. A Nemzeti alaptantervre épülve készülnek a tankönyvek és taneszközök is (az engedélyezési folyamat során ezek NAT-kompatibilitásukat vizsgálják).

- A NAT legelső változatát 1995-ben fogadta el a kormány, majdnem egy évtizedes munka után. Tíz műveltségi területet tartalmaz (tehát a tantárgyak integrációja irányába mutat), ebből a kémia tantárgyra főként az „Ember és természet” című műveltségterület vonatkozik.
- A NAT-ot az 1998/1999-es tanévtől vezették be, felmenő rendszerben. Ekkor még csak az első 10 évfolyamra (16 éves korig) volt kidolgozva. Meghatározta a minden tanulóra érvényes alpműveltséget és a 16 éves korban (az akkori jogszabályok szerint) lehető alapvizsga követelményeit.
- A NAT-ot 2003-ban, 2006-ban és 2007-ben módosították. A 2003. évi módosítás során megjelentek benne az új oktatásszervezési eljárások. Részletes kifejtésre kerültek a tanulási esélyegyenlőség segítésének elvei. Most már 1-12. évfolyamra szól, s 2007-ben beépítették az EU-s nyolc kulcskompetenciát (kommunikáció anyanyelven, kommunikáció idegen nyelven, matematikai és természettudományos, digitális, tanulni tanulási, szociális, vállalkozói kompetencia, kulturális kifejezőkészség) tartalmazó keretrendszer adaptációját. Megerősítették az állampolgári és az aktív állampolgársággal kapcsolatos elemeket is. Nagyobb hangsúlyt kapott a „gazdasági ismeretek”.
- A jelenleg érvényes, 2012-ben elfogadott Nemzeti alaptanterv¹¹ a nevelési alapelvek és célok lefektetésén, valamint a fejlesztési feladatok kitűzésén túl ismét kiegészült közműveltségi tartalmakkal (a természettudományos műveltségterületen egy, a tantárgyak közötti integráció irányába mutatóval és egy ún. „diszciplináris” változattal). A másik cél a Nat-ba szerkezetileg nem illeszkedő oktatásszervezési eljárások felülvizsgálata, ill. áthelyezése volt a Köznevelési törvénybe¹². A harmadik cél az iskola erkölcsi értékrendet közvetítő szerepének hangsúlyozása volt.

b) Kerettantervek (országos, ill. részben intézményi szint): a NAT-ra alapozva, de már korcsoportonként, valamint iskolatípusonként adják meg a célokat, a fejlesztési területeket és az EU-s kulcskompetenciák fejlesztési feladatait, valamint tantárgyakra bontva (a Nemzeti alaptantervnél sokkal részletesebben) a tanítandó tartalmakat.

- A közoktatásról szóló 1993. évi LXXIX. törvény 131. § (6) bekezdése rendelkezett a kerettantervek kiadásáról és jóváhagyásáról. A rendelkezés végrehajtását a kerettantervek

¹⁰ <http://etananyag.ofi.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 07. 11.)

¹¹ 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet, Magyar Közlöny 2012. évi 66. szám, 10635-10847.

¹² <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/index.php?menuindex=200&pageindex=kozltart&ev=2011&szam=162> (utolsó letöltés: 2015. 07. 11.)

kiadásának és jóváhagyásának rendjéről szóló 17/2004. (V. 20.) OM rendelet szabályozta, amelynek alapján 2004. június hónaptól kezdődően az OKÉV (ma: Oktatási Hivatal) Központi Főigazgatóságára kérelmet lehetett benyújtani kerettantervek jóváhagyására.

- A NAT 2007. alapján elvégezték „A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről, valamint egyes oktatási jogszabályok módosításáról” szóló 17/2004. (V. 20.) OM rendeletben lévő, a miniszter által korábban kiadott és az iskolák széles köre által alkalmazott ún. OM kerettantervek felülvizsgálatát.
- A 2012-ben elfogadott és 2013. szeptemberétől felmenő rendszerben, a közoktatás és középfokú szakképzés 1., 5. és 9. évfolyamain bevezetett kerettantervek a fentiekén kívül az iskolai oktatás és nevelés alapelveként előírják az egységesség és a differenciálás egyensúlyát. Tartalmazzák a tantárgyi struktúrát és a minimális óraszámokat. Tantárgyakra és évfolyamokra (a jelenleg érvényes változatokban a természettudományos műveltségterületen 2-2 évfolyamra) bontva megadják az egyes tematikai egységek címét és órakeretét, s minden tematikai egység esetében a szükséges előzetes tudást, a nevelési-fejlesztési célokat, az ismereteket és az ahhoz kapcsolható problémákat, jelenségeket, gyakorlati alkalmazásokat, továbbá a fejlesztési követelményeket és a többi tantárgyhoz való kapcsolódási pontokat¹³.

c) Helyi tanterv (intézményi szint): Az adott iskola pedagógiai programjának része, amelyet a NAT és a kerettantervek tartalmi követelményeinek figyelembevételével készítenek el az intézmény pedagógusai.

- Tantárgyanként és évfolyamonként tartalmazza a tanórai foglalkozások óraszámát, fő témaköröit, témáit és követelményeit, a magasabb évfolyamba lépés feltételeit, az ellenőrzés, értékelés, minősítés tartalmi és formai követelményeit, a differenciálás módjait, az alkalmazható tankönyveket és taneszközöket.
- Figyelembe veszi az országos és helyi igényeket (oktatáspolitikai szabályozások, jogi rendelkezések, az iskolafenntartók, az önkormányzati testületek, a szülők, a tanulók és a nevelőtestület igényei, munkahelyek elvárásai, az iskolai nevelés koncepciójának és programjának kialakítása).
- Az e jegyzet írásakor legújabbnak számító kerettantervek 2012. december 21-én történt elfogadása után, a közoktatási intézményeknek 2013. március 31-ig kellett ezekhez illeszteniük a saját helyi tantervüket. A kémia tantárgy esetében jelenleg két engedélyezett kerettanterv-változat („A” és „B”)¹⁴ közül választhatnak az általános iskolákban és a gimnáziumokban dolgozó tanárok munkaközösségei. A tantervi változások által állított követelményeknek megfelelő tankönyvek, kísérleti tankönyvek és digitális tananyagok¹⁵ írása, illetve átírása, kipróbálása és engedélyeztetése a helyi tantervek átdolgozásával párhuzamosan zajlott, és (mint korábban utaltunk rá) a jelen jegyzet írásakor is folyik). Emiatt a helyi tantervekben az alkalmazni kívánt tankönyvek tekintetében további változtatásokra lesz szükség.

¹³ 51/2012. (XII. 21.) EMMI rendelet A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről, Magyar Közlöny 2012. évi 177. szám, 29870-36480.

¹⁴ <http://kerettanterv.ofi.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 07. 11.)

¹⁵ <http://etananyag.ofi.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 07. 11.)

II. A KÉMIAI FOGALMAK TANÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ÉS PROBLÉMÁI

Tóth Zoltán

Tartalom

1. Tanuláselméleti alapok
 - 1.1. A tanulás mint információfeldolgozás
 - 1.2. A konstruktivista tanuláselmélet
 - 1.3. A kognitív terhelési elmélet
2. A kémiai fogalmak megértési zavarai – kémiai tévképzetek
 - 2.1. A mindennapi tapasztalatokon alapuló gondolkodás veszélyei
 - 2.2. A kémiai fogalmak sajátosságai
3. A fogalmi megértési problémák feltárása, kezelése
 - 3.1. A tanulók tévképzeteinek ismerete, feltárása
 - 3.2. Megfelelő tanítási stratégia alkalmazása

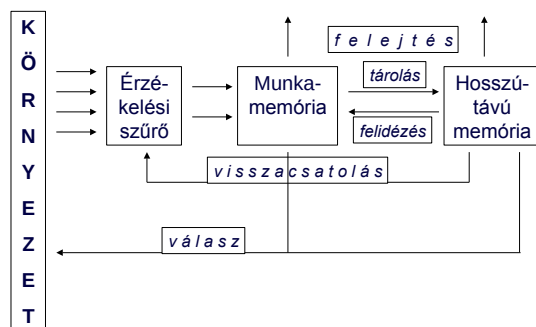
Irodalom

A természettudományos fogalmak tanításával és tanulásával, a fogalmi megértés zavaival és azok kezelésével kapcsolatos kutatásoknak igen bőséges a szakirodalma. A vizsgálatok elméleti kereteit a kognitív pszichológia, illetve az ebből levezethető három tanuláselmélet: az információfeldolgozási modell, a konstruktivista pedagógia és a kognitív terhelési elmélet jelenti.

1. Tanuláselméleti alapok

1.1. A tanulás mint információfeldolgozás

Az információfeldolgozási modell (1. ábra) szerint a munkamemóriában feldolgozott új információ hosszú távú memóriában való rögzítése alapvetően négyféle módon (értelmes tanulás, tévképzet kialakulása, lineáris sorban való rögzítés, magolás) történhet. Amennyiben az új információ illeszkedik a már meglévő ismeretekhez, úgy értelmes tanulás jön létre. Előfordulhat azonban, hogy ez az illeszkedés csak látszólagos, ekkor jön létre a fogalmi megértés zavara, ekkor alakul ki a tévképzet. Például a középiskolás tanulók jelentős hányada gondolja azt, hogy a béta-sugárzást alkotó elektronok az atom elektronburkából származnak és nem az atom magjából. Az új ismeret (az atomból kilépő egyik sugárzás elektronokból áll) és a már meglévő ismeret (az atom atommagból és elektronburokból áll, ez utóbbi tartalmazza az elektronokat) látszólag jól illeszkedik egymáshoz, a tanuló azt hiszi, hogy a meglévő ismeretei alapján helyesen értelmezi a béta-sugárzás eredetét.

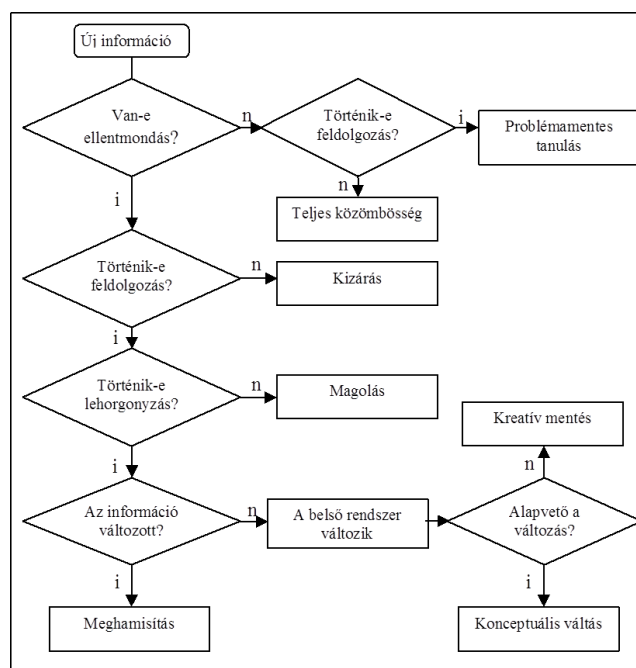


1. ábra. A tanulás információfeldolgozási modellje (JOHNSTONE nyomán¹⁶)

¹⁶ Johnstone, A. H. (2000): A kémia természete, Magyar Kémikusok Lapja, **55** (8-9), 298. old.

1.2. A konstruktivista tanuláselmélet

A konstruktivista tanuláselmélet (2. ábra) szerint a tanulás kimenetele és fajtája szempontjából döntő annak a kérdésnek a vizsgálata, hogy az új ismeret és a már meglévő ismeretek (kognitív értelmező rendszer) között van-e ellentmondás. Ennek a kérdésnek a részletes vizsgálata alapján lehet levezetni a tanulás hétféle kimenetelét (közömbösség, problémamentes tanulás, kizárás, magolás, meghamisítás, kreatív mentés, konceptuális vagy fogalmi váltás). Ebben a modellben a fogalmi megértés zavarai (tévképzetek) a meghamisítás és a kreatív mentés esetén jönnek létre. Vegyük példaként a tanulóknak az anyag szerkezetére vonatkozó ismereteit. Felmérések bizonyítják, hogy a tanulók még iskolai tanulmányaik vége felé is döntően a folytonos anyag modelljéből próbálják értelmezni az anyagok tulajdonságait és változásait. Mi történik, ha egy ilyen folytonos anyagképpel rendelkező tanuló szembe találja magát azzal az új információval, hogy az anyag apró részecskékből (atomokból, ionokból, molekulákból) épül fel? Hogyan rögzítheti ezt az eddigi anyagképének ellentmondó új információt? Előfordulhat, hogy nem fogadja el, azaz nem tanulja meg és nem hajlandó ezt az új ismeretet használni. Ezt nevezzük kizárásnak. Az érzékelhető ellentmondás ellenére is megtörténhet a rögzítés (feldolgozás) például azért, mert meg kell tanulni és az iskolában „vissza kell adni” ezt az új ismeretet. Ezt nevezzük magolásnak. További lehetőség, hogy a tanuló megpróbálja ezt a két dolgot egymással összekapcsolni („lehorgonyzás”). Ez csak úgy lehetséges, ha valamelyik ismeret megváltozik. Amennyiben az információ változik meg, létrejön egy tévképzet, és ezt a tanulást a modell meghamisításnak nevezi. Ilyen lehet például az, hogy a tanuló elfogadja ugyan, hogy az anyag apró részecskékből áll (pl. cseppekből, szemcsékből), de ezeket ugyanolyan tulajdonságokkal (színnel, sűrűséggel, keménységgel) ruházza fel, mint magát az anyagot. A fogalmi fejlődés magasabb fokát jelenti a kreatív mentés, ami akkor jön létre, ha a belső értelmező rendszerben történik változás, bár ez nem alapvető változás. Például a tanuló elfogadja, hogy az anyag kémiai részecskékből (atomokból, molekulákból, ionokból) épül fel, és ezeknek a részecskének a tulajdonságai nem egyeznek meg az anyagi rendszer tulajdonságaival, de feltételezi, hogy a részecskék között valamilyen folytonos anyag (pl. levegő) található.



2. ábra. A konstruktivista tanulásmodell blokkdiagramja (NAHALKA nyomán¹⁷)

¹⁷ Nahalka I. (1998): Konstruktivista pedagógiai – egy új paradigma a láthatáron, I – III. Iskolakultúra, 7 (2), 21-33. 7 (3), 22-44. 7 (4), 3-20.

Nahalka I. (2002): Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

1.3. A kognitív terhelési elmélet

A pszichológiában széles körben elfogadott az a megközelítés, hogy az embereknek ma világról összegyűjtött tudása ún. sémákban tárolódik¹⁸. Ezek a sémák a gondolkodás vagy cselekvés olyan szervezett mintázatai, amelyek tapasztalatainkat azonnal előhívható és a felhasználás szempontjainak megfelelő formában tárolják. A tanulás ebben a fogalomrendszerben nem más, mint a meglévő sémákból újabb, átfogóbb sémák létrehozása. Egy adott témakör szakértőit az különbözteti meg a kezdőktől, hogy a témakörrel kapcsolatos sémakészletük sokkal gazdagabb és sokkal integráltabb is. A tanulás egyik legfontosabb kognitív színtere a munkamemória (1. ábra), amelyben az információ feldolgozása, vagyis az új, integrált sémák létrehozása történik. Ennek a folyamatnak a hatékonysága attól függ, hogy a feldolgozandó sémák száma hogyan viszonyul a munkamemória meglehetősen kicsi és korlátozott kapacitásához.

A kognitív terhelési elmélet¹⁹ kiindulópontja az a tény, hogy az emberek munkamemóriájának kapacitása erősen korlátozott: 7 ± 2 információegység (az információegység lehet: adat, művelet, és ezek összefüggő rendszere: tömb, séma) – és ebben a tekintetben nincs nagy különbség az egyes emberek között. (Megjegyezzük, hogy az ún. hosszú távú memória kapacitása – jelen tudásunk szerint – végtelen.) Mivel azonban a kicsi és az óriási sémák is ugyanúgy egy információegységnek számítanak – ugyanannyi helyet foglalnak el a munkamemóriában (noha csak néhányszor 10 másodpercre) –, ezért azok szellemi teljesítménye lesz jobb, akiknek nagyobb, jobban integrált sémáik vannak. A kognitív terhelési elmélet szerint valójában 2-3 információs sémát tudunk egyidejűleg feldolgozni, mert a feldolgozó mechanizmusok maguk is sémák, melyek szintén foglalják a helyet a munkamemóriában. Az elmélet alapvető célkitűzése, hogy meghatározza azokat a tanulási körülményeket, amelyek minimalizálják a munkamemória terhelését, és ezáltal hatékonyabbá teszik a tanulást.

Sémáinkat mindaddig megőrizzük, amíg a tapasztalat rá nem ébreszt bennünket használhatóságuk korlátaira. Ez azonban nem jelenti a sémák kidobását, csupán azok módosítását és bővítését, ami egy bizonyos szint fölött már fogalmi váltást eredményezhet. Az oktatás gyakran esik abba a hibába, hogy a régi sémákat figyelmen kívül hagyja, vagy le akarja cserélni az újra, ahelyett, hogy bővítené és hozzá kapcsolná az új ismereteket. Különösen gyakori ez akkor, ha a régi séma hétköznapi tapasztalatokon alapszik, míg az új a tudomány nyelvén van megfogalmazva. Ilyen esetekben a régi és az új séma egymás mellett létezik, és kritikus – általában nem tipikus iskolai – helyzetben a régi győzedelmeskedik, mivel az mélyebben gyökerezik, mint az új séma. Az ilyen, fejlődésben megrekedt hétköznapi sémák állnak a tévképzetek többsége mögött. Ilyen például az anyag szerkezetéről való gondolkodásban a folytonos anyagkép, vagy az anyag tulajdonságainak az anyagot felépítő részecskékre történő levetítése.

2. A kémiai fogalmak megértési zavarai – kémiai tévképzetek

A kémiai fogalmak megértési zavarainak kialakulása alapvetően két okra vezethető vissza: a kizárólagosan a mindennapi tapasztalatokon alapuló gondolkodásra és a kémiai fogalmak néhány sajátosságára. Ezeknek a tényezőknek az alapos ismerete nem csak a tévképzetek kialakulásának megértését segíti elő, hanem lehetővé teszi azok bizonyos mértékű előrejelzését is.

¹⁸ Neisser, U. (1984): Megismerés és valóság, Gondolat Kiadó, Budapest

Eysenck, M. W., Keane, M. T. (1997): Kognitív pszichológia, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

¹⁹ Sweller, J. (1994): Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design, *Learning and Instruction*, **4**, 295-312.

Sweller, J., Van Merriënboer, J., Paas, F. (1998): Cognitive architecture and instructional design, *Educational Psychology Review*, **10** (3), 251-296.

Cooper, G. (1998): Research into cognitive load theory and instructional design at UNSW.
<http://dwb4.unl.edu/Diss/Cooper/UNSW.htm> (utolsó letöltés: 2014. 11. 25.)

2.1. A mindennapi tapasztalatokon alapuló gondolkodás veszélyei

Amint arra TALANQUER tanulmányában²⁰ rámutat, a kémiát tanuló emberek fogalmi nehézségei általában a hétköznapi módon való, a józanész táplálta gondolkodásból erednek. Az emberek gondolkodására egyfajta naiv realizmus jellemző, amely vakon bíz az észlelésben.

A józanésszel (hétköznapi módon) gondolkodó ember értelmező rendszerében számtalan, a körülöttünk lévő világ megtapasztalásából származó hiedelem található. Összefoglaló néven ezeket hívjuk *tapasztalati feltételezések*nek. A tapasztalati feltételezéseknek öt eleme van: a folytonosság, az anyagság, a lényegiség, az ok-okozatiság és a teleológia.

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 „Hőátágulás során megnő a részecskék mérete”. Sajnos, a kémia oktatása során gyakran használt szerkezeti modellek (pálcikamodell, kalottamodell) és számítógépes animációk megerősítik ezeket a tévképzeteket, hiszen azokban az atomokat szimbolizáló golyók jellemző színűek, például a szén fekete, a kén sárga (lásd IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok). A folytonosság képzete nagyon rezisztens az oktatással szemben. A tanulók gyakran másként használják a részecskemodellt a jelenségek leírására, értelmezésére, mint ahogy azt a tudósok teszik. Ahelyett, hogy a részecskék (atomok, molekulák, ionok) egyedi tulajdonságaiból és a közöttük ható kölcsönhatásokból kiindulva értelmeznék az anyag tulajdonságait, az anyagi rendszer makroszkópos jellemzőit vetítik le az alkotó részecskékre.

Az *anyagság* 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 kötések mechanikailag létező anyagi kapcsolatok.”, „Az égéshő benne van az éghető anyagban.”, vagy „Az energiaváltozás – pl. a párolgáshő – az anyag tulajdonsága, nem a folyamat velejárója.”

A *lényegiség* szerint az anyagok rendelkeznek tőlük elidegeníthetetlen tulajdonságokkal, melyek akkor is megmaradnak, ha az anyag megváltozik. A józanésszel 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 alkálifémek oxidációs száma +1.”, vagy „A salétromsav minden körülmények között csak savként viselkedhet.”

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 fémeket, 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 (vannak közöttük fontosabbak és kevésbé fontosak) a szerves kémiában gyakran használatos reakcióegyenlet-írás is megerősíti. A szerves kémikusok ugyanis csak a számukra fontos szerves vegyületek szerkezeti képletét szerepeltetik a reakcióegyenletben, az „egyéb” reagenseket (pl. HCl, AlCl₃ stb.) csak a folyamatot szimbolizáló nyílra írják rá, általában a vizsgált szerves vegyület képletéhez képest sokkal kisebb betűmérettel.

A *teleológia* – mint a tapasztalati feltételezések ötödik kategóriája – szerint, ha egy változásban nem tudjuk megadni a változást okozó reagenst, akkor feltételezzük, hogy a

²⁰ Talanquer, V. (2006): Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. J. of Chemical Educ., **83** (5), 811-816.

Tóth Z. (2008): Kémia józan ésszel (Egy modell a tévképzetek megértésére), A Kémia Tanítása, **16** (5), 3-6.

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”. Pedig tudják/tanulták, hogy a gázállapotú nátriumatomból energiabefektetéssel (ionizációs energia) lehet létrehozni a gázállapotú nátriumiont. Egy rendszer pedig csak akkor „tér ki” a külső hatás elől, ha dinamikus egyensúlyban van, és ez a külső hatás a koncentráció, a hőmérséklet vagy a nyomás megváltozása.

Ugyancsak a hétköznapi tapasztalatok alakítják ki azokat a gondolkodási sémáinkat, amelyekkel a körülöttünk lévő világ jelenségeit értelmezzük. A *reflexgondolkodások* vagy más néven a józanész heurisztikái olyan rövidített gondolkodási sémák, amelyeket gyakran alkalmazunk információk közötti keresgélésben és kiválasztásban, valamint a gyors döntéshozatalban. A reflexgondolkodás legfontosabb elemei az asszociáció, a redukció, a leragadás és a lineáris sorrendiség.

Az első kategória az *asszociáció*, ami azt jelenti, hogy mindennapos asszociációk alapján megalkotott szabályokat alkalmazunk a folyamatok kimenetelének jóslására. Ilyenek például: „Sav és bázis reakciója semleges oldatot eredményez.”, „A természetes anyagok egészségre ártalmatlanok, a mesterséges anyagok egészségkárosítók.”, vagy „Az atomokat fénymikroszkóppal láthatóvá tehetjük.”

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.”, Galvánelemet 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 Talanquer-féle modell mellett számos esetben jól használhatóak a kémiai tévképzetek megértésében az ún. *p-prímek* (fenomenológiai primitívek)²¹. Ezek olyan tapasztalatokon nyugvó naív axiómák, melyek igazságtartalmát gondolkodás nélkül elfogadjuk. (A fogalmat diSessa vezette be a tanulók fizikai fogalmakkal kapcsolatos megértési problémáinak és hibás feladatmegoldásainak értelmezésére.) A p-prim nem egy tanult fogalom, hanem a mindennapi tapasztalatból levont következtetés, amely egy-egy jelenséget ír le. Amikor egy természettudományos problémát kell megoldanunk, akkor gyakran nyúlunk ezekhez a rövidített gondolkodási sémákhoz – nem ritkán sikerrel. A p-prímek egyik nagy haszna, hogy gyors döntést, választást tesznek lehetővé. Ugyanakkor, mivel gondolkodás nélkül elfogadjuk őket, ezért számos esetben helytelen döntésre jutunk, ha nem elemezzük a megoldandó probléma finom szerkezetét. A következőkben áttekintjük a legismertebb, leggyakoribb p-prímeket, és megnézzük,

²¹ diSessa, A. A. (1993): Towards an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, **10** (2-3), 105-225.

Tóth Z. (2013): Janus-arcú axiómáink: a p-prímek. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **40** (4) 297-304.

hogyan befolyásolhatják ezek természettudományos (főleg kémiai) jellegű problémákra adott válaszainkat.

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. Vegyünk egy (inkább) fizikai, mintsem kémiai példát: „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, mintha csak 5 percig forralnánk. A helyes válasz viszont az, hogy a hosszabb forralás nem változtatja meg a víz hőmérsékletét. Az valóban igaz, hogy ha tovább melegítjük a vizet, akkor valószínűleg a hőmérséklete magasabb lesz, mintha csak rövid ideig melegítjük. De forrás során a folyadék (és így a víz) hőmérséklete nem változik. Tehát fölösleges energiapazarlás a vizet forrás után is tovább forralni. És most nézzünk egy kifejezetten kémiai problémát: „Melyik erősebb bázis: a piridin vagy a pirimidin?” A tipikus hibás válasz: A pirimidin, mert abban két nitrogénatom is van. A helyes válasz viszont: A piridin. Ugyanis a báziserősség attól függ, hogy a nitrogénatomon található nemkötő elektronpár mennyire lazán kötött. A pirimidinmolekulában a két nitrogénatom miatt a nemkötő elektronpárok erősebben kötöttek, mint a piridinmolekulában. Ezért a piridin az erősebb bázis.

A több az nagyobb. Ha több almánk, könyvünk, ruhánk van, az nagyobb kupac alma, könyv és ruha. Ez mindennapi tapasztalat. „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, azért az atomok mérete a rendszámmal nő. Ezzel szemben a helyes válasz: Az atomok mérete csökken. Valóban nő az atommagban lévő protonok és az elektronburokban található elektronok száma. Azonos periódus esetén azonban ezek az elektronok ugyanazon az elektronhéjon találhatók. A rendszám növekedésével tehát egyre több pozitív töltésű és negatív töltésű részecske közötti vonzás érvényesül, ami az atom méretének csökkenését vonja maga után.

A keményebb stabilisabb. Számos tapasztalatunk van arról, hogy egy tárgy keménysége és stabilitása gyakran együtt járó fogalmak. Ráadásul a hétköznapi értelemben stabilitás inkább az állandóságra, a változásokkal szembeni ellenállásra vonatkozik, és nem annyira a termodinamikai stabilitásra. Kérdés: „A szén két kristályos módosulata közül, a gyémánt és a grafit közül, melyik a stabilisabb?” A tipikus hibás válasz: A gyémánt, mivel az a legkeményebb ásványi anyag. A helyes válasz: A grafit belső energiája kisebb a gyémánténál, ezért – szokásos körülmények között – a grafit a szén stabilisabb módosulata.

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. Ezzel szemben a helyes válasz a következő: Mivel a két gáz állapota megegyezik, ezért – Avogadro törvénye értelmében – bennük a molekulák száma is megegyezik. A vízmolekulák tömege viszont kisebb, mint az oxigénmolekulák vagy a nitrogénmolekulák tömege, tehát a száraz levegő a nehezebb – pontosabban, a száraz levegőnek nagyobb a sűrűsége.

A természetes egészségesebb. 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 eredetű. A helyes válasz: Amennyiben mindkét forrásból származó C-vitamin kellően tiszta, akkor élettani hatásukban semmiféle különbség nincs. Ha a kérdést úgy tesszük fel, hogy „melyik az egészségesebb: C-vitaminszükségletünket zöldségek és gyümölcsök fogyasztásával fedezni, vagy C-vitamin-tabletták szedésével pótolni?” – akkor már árnyaltabb a kép. A zöldségekkel és gyümölcsökkel ugyanis nem csak C-vitamint viszünk be a szervezetünkbe, hanem egyéb, létfontosságú anyagokat (ásványi anyagokat, antioxidánsokat). Persze, ebben az esetben is van egy

kockázati tényező, mégpedig az, hogy vagy a növénytermesztés során nem szakszerűen használt növényvédő-szerek, műtrágyák és bomlástermékeik is jelen lehetnek a fogyasztott zöldségben, gyümölcsben, vagy éppen a növényvédelem elmaradása miatt elszaporodott gombák toxinanyagai okozhatnak ebben az esetben egészségkárosodást. A szintetikusan előállított C-vitamint tartalmazó tabletták pedig – kis mennyiségben – tartalmazhatnak olyan, a gyártás során képződött köztitermékeket, amelyek tartós fogyasztás esetén egészségkárosító hatásúak lehetnek. Könnyen megjegyezhető érv ez ellen a p-prím ellen az az egyszerű tény, hogy milyen sok ember halálát okozta már a gyilkos galóca teljesen természetes eredetű mérge.

Az egyensúly egyenlőség. A hétköznapi gyakorlatban gyakran egyenlőséget teszünk az egyensúly és az egyenlőség közé. Például a mérleg akkor van egyensúlyban, ha a serpenyőiben 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 termékeké nő, és egyensúlyban a koncentrációk megegyeznek. A helyes válasz: A dinamikus egyensúly jellemzője, hogy az oda- és visszaalakulás sebessége egyezik meg, de az anyagok koncentrációja nem (vagy legalábbis nem feltétlenül). Az egyensúly szemléltetésére ezért nem jó példa a mérleges analógia. Sokkal jobb például az, hogy a földalatti alagútja és a felszín között akkor van egyensúly, ha időegység alatt ugyanannyi utas megy a felszínre, mint amennyi lemegy az alagútba. De ez nem jelenti azt, hogy a felszínen és az alagútban ugyanannyi ember lenne. Vagy egy másik hasonlat: a zsonglőr produkciója közben időegység alatt ugyanannyi labdát dob a levegőbe, mint amennyit elkap. De a levegőben lévő és a kezében lévő labdák száma nem szükségképpen egyezik meg.

A káros (az ártalmas) az csúnya. Gyerekmesékben, romantikus történetekben a gonosz általában csúnya. A csúnya élőlényektől az emberek többsége fél, azokat félelmetesnek tartja. „Mi lehet az ún. méregtelenítő lábfürdőkben képződő csúnya, barna színű csapadék?” Tipikus hibás válasz: A szervezetünkől kiáramló méreganyag. A helyes válasz: A lábfürdőben külső egyenáramú áramforrás és vas-anód esetén képződő vas(III)-hidroxid csapadék. Ezt a trükköt – nyugodtan nevezhetjük csalásnak is – alkalmazzák a víztisztító-berendezésekkel házáló ügynökök is. Az általunk használt ivóvízbe elektródokat – köztük vasból készült anódot – helyeznek, majd egyenáram hatására megindul az elektrolízis, amelynek során az anódon a vas oxidálódik, a katódon pedig hidroxidionok képződnek. Ezek eredményeként alakul ki a barna színű vas(III)-hidroxid csapadék (lásd IX. *Áltudományok és ismeretterjesztés*). Ez tehát nem a víz szennyezettségére utal!

2.2. A kémiai fogalmak sajátosságai

Jelentős hozzájárulása van a kémiai fogalmakkal kapcsolatos megértési problémákhoz a kémiai fogalmak néhány sajátos vonásának²². Ilyen sajátos vonások, hogy a kémia alapfogalmai tudományos fogalmak; a kémia az anyagokat és jelenségeket egyszerre három szinten értelmezi; számos kémiai fogalomnak megváltozott a jelentése, de az elnevezése megmaradt; a kémiai fogalmak jelentős része nem jól definiált, jelentése kontextusfüggő; és a kémiában gyakran használunk többszörös elméleti modelleket.

A kémia alapfogalmai tudományos fogalmak. A kémia legfontosabb alapfogalmai (atom, molekula, ion; elem, vegyület, keverék; fizikai változás, kémiai változás, az anyagmennyiség) *nem természetes fogalmak*, tehát ezekkel a legtöbb tanuló az iskolában találkozik először. Az ilyen, ún. mesterséges fogalmak megértése, tanulása azért nehéz, mert nem kötődnek hozzá mindennapi tapasztalatok.

Az anyagok és jelenségek többszintű értelmezése, leírása. A kémiai fogalmak másik sajátossága azok többszintű (makro-, részecske- és szimbólumszintű) értelmezése²³. Az anyagok és jelenségek

²² Tóth Z. (2000): „Bermuda-háromszögek” a kémiában, Iskolakultúra, **10** (10), 71-76.

Tóth Z. (2002): A kémiai fogalmak természete, Iskolakultúra, **12** (4), 92-95.

²³ Tóth Z. (1999): A kémia tankönyvek mint a tévképzetek forrásai, Iskolakultúra, **9** (10) 103-108.

háromszintű leírása, értelmezése különösen nagy gondot okoz azokban az esetekben, amelyekben a makro- és a részecskeszintű 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 anyagot, 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 kitágul, 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 azokat makro- és részecskeszintű, illetve minőségi és mennyiségi jelentését, például: az “Fe” vegyjel jelenti a vasat, a vasatomot, 1 mól vasat, 56 gramm vasat, 6×10^{23} darab vasatomot.

Régi 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 szénhidrát²⁴.

Kontextusfüggő jelentés. A kémiai fogalmak egy része korántsem olyan jól definiált, mint ahogy azt a tudományos fogalmaktól elvárjuk²⁵. 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: aceton, dimetil-keton, 2-propanon, propán-2-on), valamint a kémia következtelen 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 elemmolekulákat²⁶. 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 reakciónál 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.

Többszörös elméleti modellek. A kémia elméleti rendszerére jellemző a jelenségek többszörös modellekkel történő értelmezése²⁷. Így például nemcsak a kémia tananyagában, hanem magában a kémia tudományában is megtaláljuk és használjuk a savak és bázisok Arrhenius-féle, Brönsted-féle és Lewis-féle elméletét, vagy a redoxireakciók oxigén/hidrogénátadással, elektronátadással és

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

Tóth Z. (2001): A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései, A Kémia Tanítása, **9** (2), 3-7.

²⁴ Tóth Z. (2000): “Bermuda-háromszögek” a kémiában. Iskolakultúra, **10** (10), 71-76.

Tóth Z. (2001): A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései. A Kémia Tanítása, **9** (2), 3-7.

²⁵ Taber, K. (2002): Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure, I-II. RSC, London.

²⁶ lásd: ⁸

²⁷ Taber, K. S. (2001): Constructing chemical concepts: Concepts in chemistry. The Royal Society of Chemistry Teacher Fellowship Project 2000/2001. (Web-site: <http://www.egroups.co.uk/files/challenging-chemical-misconceptions>) (utolsó letöltés: 2014. 11. 25.)

Taber, K. S. (2001): Constructing chemical concepts: The structure of chemical knowledge. The Royal Society of Chemistry Teacher Fellowship Project 2000/2001. (Web-site: <http://www.egroups.co.uk/files/challenging-chemical-misconceptions>) (utolsó letöltés: 2014. 11. 25.)

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

oxidációsszám-változással történő értelmezését²⁸. Ezek egymás mellett élő, sok szempontból egymást kiegészítő modellek, mindegyiknek megvannak a maga alkalmazási területei és alkalmazhatóságának korlátai is.

3. A fogalmi megértési problémák feltárása, kezelése

Építsünk a tanulók előzetes ismereteire, elképzeléseire! Ez nagyon fontos mozzanata a hatékony tanításnak. Egyszerre teszi személyessé az oktatást és megteremti a kapcsolatot a régi és az új ismeret között. Ragadjunk meg minden lehetőséget ennek az elvnek az érvényesítésére! Hagyjuk a tanulót „megnyilvánulni”! Még akkor is, ha az osztálylétszámok ezt megnehezítik... És itt nem – pontosabban nem csak – a tanterv alapján elvárható korábbi ismeretekről van szó, sokkal inkább a tanuló fejében lévő előzetes ismeretekről, naiv elméletekről, félreértésekről, tévképzetekről. És ne úgy kezeljük ezeket, mint üldözendő, bűnös gondolatokat, hanem inkább érdekes, továbbfejlesztésre alkalmas kiindulási alapokat.

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

A sikeres korrekciónak két feltétele van:

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

3.1. A tanulók tévképzeteinek ismerete, feltárása

Mára már a legtöbb természettudományos tantárgyban – így a kémiában is – léteznek olyan összefoglaló munkák, amelyek tematikus gyűjteményét adják a tanulók jellemző tévképzeteinek²⁹. Jó, ha a pedagógus ismeri tanítványai várható tévképzeit, az adott témakörrel kapcsolatos tévképzetek feltárása alapvető fontosságú a hatékony tanítás szempontjából. A tévképzet-feltárásnak számos technikája létezik, de szinte mindegyik esetben alapvető, hogy ne az iskolai tananyag reprodukcióját kérjük tanulóinktól, hiszen többségük tudja, hogy milyen választ várunk, és azt is adja nekünk, annak ellenére, hogy valójában nem úgy gondolkodik a dolgokról, ahogy azt feleletében mondja. A következőkben röviden áttekintünk néhány olyan technikát, amit eredményesen lehet használni a tévképzetek feltárásában, azonosításában.

A tévképzetek feltárásának talán leghatékonyabb eszköze az *interjú*, pontosabban a strukturálatlan interjú. A strukturálatlan interjú során az interjú készítője (a tanár) attól függően fogalmazza meg kérdéseit, hogy az azt megelőző kérdésekre milyen választ kapott a tanulótól. Az interjú lebonyolítása időigényes, és a strukturálatlan interjú alapos szakmai, módszertani és pszichológiai felkészültséget, valamint gyors helyzetértékelő képességet igényel a tanártól. Használata ezért inkább tudományos igényű vizsgálatoknál célszerű.

Az egyes tanulók tévképzeteinek felmérésére alkalmas, viszonylag egyszerű és gyors eljárás a *fogalmi térkép* alkalmazása³⁰. A fogalmi térkép egy témakör legfontosabb fogalmainak kapcsolati

²⁸ Tóth Z. (2001): A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései, *A Kémia Tanítása*, **9** (2), 3-7.

²⁹ Garnett, P., Garnett P., Hackling, M. (1995): Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, **25** (1), 69.

Taber, K. (2001): Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure. Volume I: theoretical background. Volume II: classroom resources. Royal Society of Chemistry, London.

Kind, V. (2004): Beyond appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas. www.chemsoc.org/learnnet/miscon.htm (utolsó letöltés: 2014. 11. 25.)

Horton, C. (2007): Student preconceptions and misconceptions in chemistry (Student alternative conceptions in chemistry). www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf (utolsó letöltés: 2014. 11. 25.)

Barke, H-D., Hazari, A., Yitbarek, S. (2009): Misconceptions in chemistry. Addressing perceptions in chemical education. Springer, Berlin, Heidelberg

³⁰ Kiss E., Tóth Z. (2002): Fogalmi térképek a kémia tanításában. In: *Módszerek és Eljárások*, **12.** (Szerk.: Tóth Z.), DE TTK Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 63-69.

rendszerét jeleníti meg (lásd III. Oktatási módszerek). Az egymáshoz valamilyen módon közvetlenül kapcsolódó fogalmakat nyilakkal, a köztük lévő kapcsolatot a nyilakra írt rövid szöveggel fejezzük ki. A tévképzetek feltárására leginkább azt a változatot célszerű használni, amikor a tanulónak egy adott fogalomkészletet kell fogalmi térképbe rendezni. A fogalmak közötti helytelen kapcsolat vagy a kapcsolat hibás leírása utalhat tévképzetre. (A fogalmi térképeknek fontos szerepük lehet a fogalmak közötti kapcsolati háló vizuális megjelenítésében, valamint a hiányos fogalmi hálók kitöltésének a fogalmak hatékony tanításában.)

Mind egyéni, mind csoportos tévképzet-feltáráshoz alkalmas a *szóasszociációs módszer*³¹. A módszer lényege az, hogy bizonyos témakör kulcsfogalmait, mint hívószavakat alkalmazva, azt vizsgáljuk, hogy adott idő alatt a tanuló milyen más szavakra asszociál. Az egyes alapfogalmak közötti kapcsolat erősségére a közös válasz-szavakból tudunk következtetni. A hívószavak indokolatlan elszigeteltsége egymástól, vagy hibás kapcsolata tévképzetre utalhat. Tanulócsoport szinten azt is érdemes megvizsgálni, hogy az egyes hívószavakhoz melyek a leggyakrabban társuló válaszok.

Bár a tévképzetek hatékony feltáráshoz elsősorban a nyílt végű feladatok, ezek közül is leginkább a problémafeladatok alkalmasak, a *zárt végű feladatok* megfelelő szerkesztésével is nyerhetünk információkat tanulóink tévképzeteiről. Az egyszerű választásnál például arra kell törekedni, hogy a helyes válasz mellett szereplő disztraktorok (lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés) lehetőleg a témakörrel kapcsolatban várható tévképzetekre utaljanak. A tévképzet-kutatásban sikerrel használják az ún. összekapcsolt feleletválasztásos teszteket. Ezeknek az a lényege, hogy az első kérdés 2-3 lehetséges válaszában elemzése után a tanulónak ki kell választani az adott válaszhoz tartozó indoklások közül is a helyeset. Ilyen kérdéseket viszonylag könnyen lehet készíteni az ún. relációanalízis (összefüggés-elemzés) típusú zárt végű feladatokból. Egy példa az összekapcsolt feleletválasztásos tesztre:

Mind az állítások (A-C) közül, mind az indoklások (a-e) közül válassza ki az Ön szerint leginkább igazat!

A kávéban kevergetés közben

- A) több cukor;
- B) kevesebb cukor;
- C) ugyanannyi cukor

oldható fel, mint kevergetés nélkül, mert

- a) kevergetéssel az oldódás sebességét növeljük;
- b) kevergetéssel az oldódás mértékét növeljük;
- c) kevergetés hatására a cukor nagyobb felületen érintkezik a kávéval;
- d) kevergetés hatására a kávé gyorsabban lehűl;
- e) kevergetés hatására a kávé felmelegszik.

3.2. Megfelelő tanítási stratégia alkalmazása

A hagyományos, tudásátadáson alapuló tanítási stratégiák (előadás, kérdve fejtés, lásd III. Oktatási módszerek) nagyon kis hatékonyságúak a tévképzetek korrekciójában. Sokkal több eredmény várható azoktól az oktatási módszerektől, amelyek fokozottan igénylik a tanulók kognitív értelmező rendszerének mozgósítását.

Különösen a problémamegoldás területén nagyon jól használható a *kognitív konfliktus* módszere. Ennek lényege, hogy a tanulót olyan probléma megoldása elé állítjuk, amelynek megoldására a várható tanulói tévképzet nem alkalmas. Ha például a tanulónak az a tévképzete, hogy égés csak oxigénben (levegőben) lehetséges, akkor kérjük meg, hogy értelmezze az acetilén

Habók A. (2008): Fogalmi térképek. Magyar Pszichológiai Szemle, **63** (3), 519–546.

³¹ Kluknavszky Á., Tóth Z. (2009): Tanulócsoportok levegőszennyezéssel kapcsolatos fogalmainak vizsgálata szóasszociációs módszerrel, Magyar Pedagógia, **109** (4) 321-342.

Tóth Z., Sójáné Gajdos G. (2012): Tanulócsoportok energiaforrásokkal kapcsolatos tudásszerkezetének vizsgálata szóasszociációs módszerrel, Középiskolai Kémiai Lapok, **39** (1) 58-69.

és klórgáz víz alatt végbemenő, lángjelenséggel és koromképződéssel járó reakcióját – természetesen, miután bemutattuk azt.

Hatékony lehet a *kooperatív (csoportos) tanulás* is a tévképzetek korrigálásában (lásd III. Oktatási módszerek). Hatékonysága abban rejlik, hogy a tanuló megismerheti vele egykorú társai véleményét a jelenségekről, és ha azt tapasztalja, hogy a tanulótársak másként értelmeznek bizonyos dolgokat, mint ő, akkor nagyobb esélye van annak, hogy a saját értelmező rendszerében változás következik be, mintha csak annyit tapasztal, hogy a tanár másként vélekedik bizonyos dolgokról, mint ő. A kooperatív technika egyik érdekes megvalósítási formáját, az ún. egymás tanítás módszerét („peer instruction”) dolgozta ki és alkalmazza MAZUR³². Egy-egy természettudományos probléma felvetése során – szavazógép (vagy más néven tanulói választadó rendszer, (lásd VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a kémiaoktatásban) segítségével – felmérte hallgatóságának előzetes válaszait, majd – nem elárulva a helyes megoldást – arra kérte a hallgatóságot, hogy 5 percig szabadon beszéljék, vitassák meg szomszédjaikkal a lehetséges megoldásokat. Utána újra felmérte a válaszokat, majd elárulta és elmagyarázta a helyes választ. Általában az volt a tapasztalat, hogy a tanulótársakkal való konzultáció után sokkal többen jelölték meg a helyes választ, mint a konzultáció előtt. Ez mutatja, hogy a tanulók mennyire hatékonyan képesek egymás tanítására, meggyőzésére.

A mindennapi tapasztalatokon alapuló tévképzetek egy része hasonlóságot mutat a tudomány történetének korábbi korszakaiban jellemző elképzelésekhez. Ilyen esetekben hatásos lehet a *tudománytörténeti vonatkozások tanítása*, melynek során a tanuló szembesül azzal a ténnyel, hogy az ő elgondolásai egy mára már idejét múlt elgondoláshoz hasonlóak.

Végül, de nem utolsó sorban fontos a tanulók *metafogalmi tudásának kialakítása*. Ezt a célt szolgálják a tantárgy fogalmi megértést nehezítő körülményeinek tudatosítása, illetve az ún. fogalmi megértést elősegítő tankönyvi szövegek, amelyekben akár explicit módon megjelennek a közismert tévképzetek³³. A fogalmi váltást elősegítő, a metafogalmi ismereteket is tartalmazó, azokat hangsúlyozottan tárgyaló tankönyvi szövegek sikerességét és kedvező tanulói fogadtatását tudományos igényű pedagógiai kísérletek igazolják³⁴.

Az ilyen módon megtervezett fogalomkialakításra láthatunk példákat a lábjegyzetben hivatkozott tanulmányokban, tankönyvekben³⁵.

Irodalom

- Korom E. (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Radnóti K. (szerk.) (2014): A természettudomány tanítása, Szak módszertani kézikönyv és tankönyv, Mozaik Kiadó, Szeged

³² Mazur, E. (2014): *PeerInstruction* (<http://mazur.harvard.edu/education/educationmenu.php>) (utolsó letöltés: 2014. 11. 25.)

³³ Tóth Z., Ludányi L. (2011): Út a tudáshoz: Kémia 9., Maxim Könyvkiadó, Szeged

Tóth Z., Ludányi L. (2012): Út a tudáshoz: Kémia 10., Maxim Könyvkiadó, Szeged

³⁴ Chinn C. A., Brewer W. F. (1993): The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, **63** (1), 1-49

Hynd C. R., Guzzetti B. (1998): When knowledge contradicts intuition: Conceptual change, In: C. R. Hynd, ed.: *Learning From Text Across Conceptual Domains*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 139-163

Chambliss, M. J. (2002): The characteristics of well-designed science textbooks, in: J. Otero, J. A. Leon és A. C. Graesser, eds: *The Psychology of Science Text Comprehension*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 51-72

³⁵ Radnóti K. (szerk.) (2014): A természettudomány tanítása, Szak módszertani kézikönyv és tankönyv, Mozaik Kiadó, Szeged

Tóth, Z. (1993): A reakciósebesség és a kémiai egyensúly tanítása (mérőkísérletek), *Iskolakultúra (Természettudomány)*, **3** (20) 53-60

Tóth Z. (1999): A meghatározó reagens, *Módszertani Lapok – Kémia*, **6** (1), 1-6.

Tóth Z. (2001): Az oxidáció és redukció tanításának problémái és lehetőségei a kémiaoktatás kutatásának tükrében, II. Az oxidáció és redukció tanításának egy lehetséges stratégiája, *Módszertani Lapok – Kémia*, **8** (1-2), 4-12.

lásd: ¹⁸

- Revákné Markóczi I., Nyakóné Juhász K. (szerk.) (2011): A természettudományok tanításának elméleti alapjai, RE-PE-T-HA könyvek, DE TEK, Debrecen
http://repetha.detek.unideb.hu/media/documents/online_a_termesztudomnyok_tantsnak_elmleti_alapjai.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 06.)

III. OKTATÁSI MÓDSZEREK

Balázs Katalin, Labancz István, Szalay Luca

Tartalom

1. Szemléletformáló módszerek
 - 1.1. A természettudományos szemlélet fejlesztése
 - 1.2. Konstruktivista szemléletű oktatási módszerek
 - 1.3. A Bloom-taxonómia
2. A tanárközpontú módszerektől a tanulóközpontú módszerekig
 - 2.1. Az előadás, az elbeszélés és a magyarázat
 - 2.2. Az irányított kérdésekkel történő oktatás
 - 2.3. A megbeszélés és a vita
 - 2.4. Kooperatív oktatási módszerek
 - 2.5. Tanórán alkalmazható kooperatív módszerek leírása
 - 2.6. A projektmódszer
 - 2.7. A szerepjáték
 - 2.8. Kémiai társasjátékok
3. Az önálló tanulást segítő módszerek
 - 3.1. Szövegértés
 - 3.2. A tanulói kiselőadás

Irodalom

A közgondolkodásban – ha az iskoláról, oktatásról van szó, – néha felbukkannak az alábbiakhoz hasonló vélemények, kérdések:

- felesleges volt a kovalens kötést tanítani az iskolában, mert ma már fogalmam sincs, hogy az micsoda, és nem is volt erre a tudásra szükségem soha;
- miért szükséges kémiát, illetve természettudományokat tanulni az iskolában, hiszen ezek olyan nehéz tantárgyak?

Gondoljunk szimbolikus értelemben a kovalens kötésre, és jelképezze ez mindazokat a tananyagrészeket, amelyeket feleslegesnek ítélnék azok, akik később ezeket az ismereteket már nem használják. Valóban felesleges a kovalens kötés tanítása a közoktatásban? Miért kell olyan tantárgyakkal foglalkozni, amelyek esetleg nehézségeket okozhatnak a gyerekek egy részének? Hogyan lehet a természettudományok iránt fölkelteni a tanulók érdeklődését?

Az egyes tantárgyak, így a kémia ismeretanyagát, tantervi tartalmait a Nemzeti alaptanterv (NAT)³⁶ és a hozzákapcsolódó kerettantervek³⁷ szabályozzák (részletesebben lásd *I. A tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése*). Ezek csak jogszabályi szinten csökkenthetők, bővíthetők vagy változtathatók. Az azonban, hogy ezeket az ismereteket hogyan adjuk át a tanulóknak, szemléleti, oktatás-stratégiai, illetve szakmódszertani kérdés. A diákoknak nem kell feltétlenül visszaemlékezniük a kovalens kötésre felnőtt korukban, főleg, ha egészen más területen dolgoznak. A diákoknak diákkorukban kell a kovalens kötésről gondolkodniuk! A gondolkodásmód fejlesztése, az absztrakciós gondolkodás kialakítása fontos része az oktatásnak, s ezen belül a természettudományok tanításának (részletesebben lásd *V. A gondolkodási képességek fejlesztése*). A jelen fejezetben elsősorban azokra a kérdésekre igyekszünk választ adni, hogy hogyan

A példákat szürke kiemeléssel jelöljük.

³⁶ A Kormány 110/2012 (VI.4.) rendelete a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Magyar Közlöny, 2012. évi 66. szám

³⁷ 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet mellékletei, letölthető: <http://kerettanterv.ofi.hu/index.html> (utolsó letöltés: 2014. 08. 24.)

taníthatunk természettudományos ismereteket, hogyan alakíthatunk ki természettudományos szemléletet, hogyan fejleszthetünk különböző készségeket, képességeket a tanítási gyakorlat során.

Az alábbiakban különböző oktatási módszerek rövid leírása olvasható. Azok a szemléletformáló módszerek kerülnek előtérbe, amelyek a természettudományos tantárgyak tanításában hangsúlyos szerepet töltenek be. Ezeken kívül természetesen az oktatási módszerek széles körét igyekszünk bemutatni, a tanárközpontú oktatástól a tanulóközpontú módszerekig. A nemzetközi trendeknek megfelelően az utóbbiakra fektetünk nagyobb hangsúlyt.³⁸ Olyan módszereket is érintünk, amelyek elsősorban az önálló tanulást segítik. Azt, hogy a tanár éppen melyik módszert választja az adott tanórához, több szempont is meghatározhatja:

- melyik témát, milyen mélységben,
- milyen érdeklődésű és előképzettségű diákoknak,
- milyen lehetőségek, felszereltség között kívánja tanítani,
- és mennyi idő áll a rendelkezésére.

Sok módszer esetében konkrét példa is található azoknak a tanórai vagy iskolán kívüli megvalósítására.

1. Szemléletformáló módszerek

1.1. A természettudományos szemlélet fejlesztése

A természettudományok sajátossága és módszertana megköveteli, hogy a környezetünkben lejátszódó jelenségeket szisztematikus módon, az alábbi lépések sorrendjét betartva vizsgáljuk:

- a) először is megfigyeljük azt (természeti megfigyelés, a gyakorlati élethez köthető praktikum),
- b) a lényegét megragadva és leegyszerűsítve mesterségesen is létrehozuk az adott jelenséget (modellezés, kísérlet elvégzése, kísérleti tapasztalat),
- c) a megfigyelések és az addigi ismeretek alapján értelmezzük (magyarázat),
- d) meghatározzuk az értelmezés érvényességi körét (általánosítás),
- e) az így kialakított modellt felhasználjuk például előrejelzésekhez, hipotézisekhez, amelyeket aztán szintén kísérleti úton ellenőrünk. A hipotézis alapján várt és a kísérlet során tapasztalt eredményeket összehasonlítva, az előrejelzések pontossága utal modellünk, illetve ismereteink pontosságára. A továbbiakban több újabb hipotézis – kísérlet – tapasztalat – magyarázat – általánosítás cikluson keresztül finomíthatjuk modellünket az újabb és újabb ismeretek felhasználásával. A természettudományos szemléletű világlátás szerint csak azt fogadjuk el ténynek, amit természettudományos módszerekkel bizonyítani is tudunk (részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*).

Az iskolai oktatásban is alkalmazzuk a természettudományos megismerési folyamat lépéseit, kétféle logika alapján:

1. induktív gondolkodásmód segítségével: egy konkrét természeti jelenségből indulunk ki, amelyet kísérlettel modellezünk, ezt értelmezzük, majd általánosítjuk. [Ekkor az előzőekben leírt lépések sorrendje a)-tól e) irányban történhet.]

2. deduktív gondolkodásmód segítségével: egy hipotézist igyekszünk bizonyítani például egy kísérlettel. [Az előzőekben leírt vizsgálódás itt az e) lépéssel kezdődik.]

Akár induktív, akár deduktív gondolkodásmóddal vizsgálódunk, a kísérletezés központi jelentőségű a természettudományos oktatásban (részletesebben lásd *IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok*). Az iskolai kísérletek vezetéséhez az alábbiak hangsúlyozhatók oktatási módszertani szempontból:

³⁸ Az angol nyelvű szakirodalom a „hands on and minds on activities” kifejezést használja az olyan tevékenységekre, amelyek a tanulók egyidejű fizikai és szellemi aktivitására épülnek, például: Eilks, I., Prins, G. T., Lazarowitz, R. (2013): How to organise the chemistry classroom in a student-active mode, in: Teaching Chemistry – A study book (eds.: Eilks, I., Hofstein, A.), 183-212, Sense Publishers, Rotterdam, the Netherlands

- A kísérletet – ha lehet – mindig kapcsoljuk valamilyen természeti-környezeti vagy a hétköznapi gyakorlatában megfigyelhető jelenséghez.

- A kísérleti tapasztalat leírásánál ügyelni kell arra, hogy csak azt fogalmazzuk meg, amit látunk, hallunk, érzékelünk, ne azt, amit gondolunk róla. Az erre való törekvés nagymértékben fejleszti a természettudományos gondolkodást, és nem utolsósorban a szókinccset.

- A magyarázatnál és az általánosításnál használjuk fel a már előzőleg elsajátított és a kísérlet során szerzett új ismereteket is.

Az induktív és a deduktív módszer logikája alapján is tervezhetünk probléma alapú vagy kutatás alapú vizsgálódást a tanulókkal (részletesebben lásd V. A gondolkodási képességek fejlesztése).

A tananyag mélységét is figyelembe kell venni az oktatás során. Különböző korú, különböző absztrakciós készségekkel, képességekkel rendelkező tanulóknak a hasonló tartalmú ismereteket is másképpen érdemes tanítani: más szókészlettel, más absztrakciós szinten.³⁹ A kémia tantárgy tanítása során legalább háromféle szinten közelíthetünk a kísérletek értelmezéséhez. Ez a három szint egymásra épül (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái).

1. **Jelenség szintű** magyarázat (azaz makroszkopikus szint, a látható világ jelenségei tartoznak ide): a tapasztalataink árnyalt leírásából közvetlenül kikövetkeztethető értelmezés (például anyagok tulajdonságai, oldékonyság, reakciók hevessége stb.).

2. **Szerkezeti szintű** magyarázat (azaz szubmikroszkopikus vagyis részecskék szintje): az újonnan szerzett tapasztalatainkhoz hozzátesszük a szerkezeti ismereteinket (például kémiai kötések, molekulák alakja, polaritása, kristályrácsok felépítése, reakciók mechanizmusa stb.), és logikus összefüggésben összekapcsoljuk a jelenségszintű tulajdonságokkal, jellemzőkkel. Az absztrakciós gondolkodás fejlesztésének ez sarkalatos lépése. Ha össze tudjuk kapcsolni a szerkezetet és a tulajdonságot, ezzel egyben modellt is alkotunk a fejünkben, így a továbbiakban már értjük a modellünk alapján, hogy az adott szerkezetű anyag miért olyan tulajdonságú, vagy az adott tulajdonsághoz milyen szerkezetek képzelhetők el.

3. A **szimbólumok szintjén** történő magyarázat (vegyjelek, képletek, egyenletek, jelölések, képek diagramok szintje): ha már értjük a jelenség szerkezeti magyarázatát, kémiai jelrendszerrel is leírjuk, a mennyiségi viszonyokat is feltüntetve.

A jelenség szintű magyarázatot sose hagyjuk ki! Erre épülhetnek a szerkezeti szintű és a szimbólumok szintjét alkalmazó magyarázatok. Ez utóbbi kettő azonban elhagyható, ha még kevés ismerettel vagy nem túl fejlett absztrakciós készséggel, képességgel rendelkeznek a tanulók.

1. példa. Induktív gondolkodásmóddal vezetett tanuló kísérlet⁴⁰

Megfigyelések (frontális beszélgetés során felidézve): A Holt-tenger vizéből fehér, szilárd anyagok válnak ki; s ahogy fogy a tengervíz, úgy nő a szilárd anyag mennyisége. Kőolajat szállító tanker katasztrófájakor a kiömlő olaj a tenger felszínén vékony rétegben szétterülve úszik. Tanulókísérlet kiscsoportban: Vízben elkeverünk konyhasót, illetve vízbe benzint öntünk. Olajban elkeverünk konyhasót, illetve benzint öntünk hozzá. Vízet és olajat összerázunk. Kísérleti tapasztalat: A vízben eltűnik a szemünk előtt a szilárd anyag. A vízzel nem elegyedik a benzin, a víz tetején marad, közöttük határfelület alakul ki. Az olajban leülepszik az edény aljára a konyhasó. Az olajjal egynemű elegyet alkot a benzin. Az olaj és a víz nem elegyednek egymással, az olaj a víz felszínén marad, közöttük határfelület alakul ki.

a) Jelenségszintű magyarázat:

- Konkrét: A konyhasó vízben jól, olajban nem oldódik; a konyhasó vízdoldékony anyag. A benzin vízben nem, olajban jól oldódik; a benzin zsírdoldékony anyag. A víz és az olaj egymással nem elegyedő folyadékok, az olaj a víznél és a konyhasónál kisebb sűrűségű.

³⁹ Ludányi L. (2007): Kémiai Bábel, Iskolakultúra, 1. sz., <http://epa.oszk.hu/00000/00011/00111/pdf/2007-1.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

⁵ Balázs K.: Természettudományos végzettségű tanárok továbbképzése laboratóriumi gyakorlatok levezetésére, akkreditált pedagógus-továbbképzés szakanyag, TÁMOP 3.1.3-11.

- Általánosítás: A víz és az olaj egymással nem (illetve csak nagyon kevésbé) elegyedő oldószerek. Az az anyag, amelyik vízzel elegyedik (vízkevelő), általában nem elegyedik jól olajjal (víztaszító), és fordítva. Az oldódás elve: „hasonló a hasonlóban oldódik jól”.

b) Szerkezeti szintű magyarázat:

- Konkrét: A vízmolekulák polárisak, a víz poláris oldószer. Az olaj molekulái apolárisak, az olaj apoláris oldószer. Oldódás során az anyagok (oldószer és oldott anyag) részecskéi elkeverednek. A víz poláris molekulái nem (illetve csak nagyon kevésbé) keverednek az olaj és a benzin apoláris molekuláival, viszont jól keverednek a konyhasó hidratált ionjaival, mint poláris részecskékkel. Az olaj apoláris molekulái a benzin apoláris molekuláival keverednek jól. A sűrűségkülönbséget az egységnyi térfogatban található részecskék száma és tömege határozza meg, amelyet természetesen a részecskék saját térfogata és a köztük lévő kölcsönhatások is befolyásolnak.
- Általánosítás: A poláris részecskék leginkább más poláris részecskékkel elegyednek szívesen, azaz poláris oldószerben oldódnak jól, így vízben általában a poláris (vízkevelő, hidrofil) részecskékkel rendelkező anyagok oldékonyak (vízoldékonyság). Apoláris oldószerekben pedig az apoláris anyagok oldódnak. Az oldódás elve: „hasonló a hasonlóban oldódik jól”.

2. példa. Deduktív gondolkodásmóddal vezetett tanári demonstrációs kísérlet⁴¹

Felmerülő kérdés, probléma: Elegyed-e az aceton olajjal?

Hipotézis (frontális beszélgetés alapján): A „hasonló a hasonlóban oldódik jól” elv alapján feltételezzük, hogy az aceton nem elegyedik az olajjal, mivel vízzel kiválóan elegyedő folyadék.

Tanári kísérlet: Olajban elkeverünk acetont.

Kísérleti tapasztalat: Az aceton az olajjal egynemű elegyet alkot.

a) Jelenségszintű magyarázat:

- Konkrét: Az aceton vízzel is és olajjal is elegyedik, tehát a várttól eltérő az oldékonysága (a hipotézist nem sikerült bizonyítani).
- Általánosítás: A „hasonló a hasonlóban oldódik” elv csak korlátozottan érvényes. Vannak olyan folyadékok, amelyek vízben is és olajban is oldódnak. Ezeket univerzális oldószereknek tekinthetjük.

b) Szerkezeti szintű magyarázat:

- Konkrét: Az aceton viszonylag kisméretű molekulájának van apoláris és poláris része is. Ennek megfelelően poláris részecskékkel és apoláris részecskékkel is el tud keveredni attól függően, hogy melyik molekularészlettel fordul a másik anyag részecskéje felé.
- Általánosítás: Az univerzális oldószerek általában olyan kismolekulájú folyadékok, amelyekben poláris és apoláris molekularészlet is megtalálható. Ilyen az aceton is.

Praktikum: Egy univerzális oldószer nagyon jó háztartási folttisztító lehet.

3. példa. A kísérleti tapasztalat és a magyarázat megkülönböztetése különböző absztrakciós szinteken⁴²

Kísérlet: Híg sósavba cinkszemcsét dobunk.

Kísérleti tapasztalat: A látvány megfogalmazásának lehetőségei közül válasszuk ki, amelyik a legjobban kifejezi azt, amit érzékelünk! (Részletesebben lásd IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok)

⁴¹ Balázs K.: Természettudományos végzettségű tanárok továbbképzése laboratóriumi gyakorlatok levezetésére, akkreditált pedagógus-továbbképzés szakanyag, TÁMOP 3.1.3-11.

⁴² Balázs K.: Természettudományos végzettségű tanárok továbbképzése laboratóriumi gyakorlatok levezetésére, akkreditált pedagógus-továbbképzés szakanyag, TÁMOP 3.1.3-11

A) „Hidrogéngáz fejlődését tapasztaljuk, ami színtelen, szagtalan gáz.” Nem helyes: az anyagi minőséget semelyik érzékszervünkkel nem érzékeljük, ezért pusztán e kísérleti tapasztalat alapján nem nevezhetjük meg az anyagot.

B) „Színtelen, szagtalan, gáz-halmazállapotú, új anyag keletkezését tapasztaljuk buborékok formájában.” Nem helyes: bár konkrét anyag nincs megnevezve, de nem érzékelhetjük azt, hogy új anyag keletkezett-e vagy sem. Egy folyadék forrásakor is buborékok képződnek, a látvány nagyon hasonló lehet, forráskor mégsem keletkezik új anyag, mivel a buborékokat az adott anyag gőze tölti ki.

C) „Színtelen, szagtalan gáz-halmazállapotú anyag keletkezik a folyadék aljára került cinkszemcse felszínéről kiindulva, a folyadék felszíne felé törekedve.” Ez a megfogalmazás írja le legpontosabban a kísérleti tapasztalatot.

a) Jelenségszintű magyarázat:

- Konkrét: A cink mennyisége csökken a reakcióban, gázfejlődéssel járó kémiai reakcióba lép a sósavval. A keletkező gáz a hidrogén, amelyet másik kémiai reakcióval kimutathatunk (például durranógáz-próbával).
- Általánosítás: A nagy redukálóképességű fémek híg sósavval hidrogéngáz fejlődése közben reakcióba lépnek.

b) Szerkezeti szintű magyarázat:

- Konkrét: Vizes közegben egy cinkatom két elektront képes átadni a sósavból származó egy-egy hidrogénionnak (egy hidrogénion vizes közegben egy vízmolekulához kapcsolódik és oxóniumiont képez, de az egyszerűség kedvéért most csak a hidrogénionról beszélünk), így egy cinkkation és két hidrogénatom képződik. A cinkionok oldatba kerülnek, a hidrogénatomok hidrogénmolekulákká kapcsolódnak össze, és hidrogéngáz keletkezik. Az oldatban lévő cinkionok és a sósavból származó kloridionok a vízzel cink-klorid-oldatot alkotnak. A cink redukálószer (oxidálódott). Ez egy redoxireakció.
- Általánosítás: A hidrogénionnál nagyobb redukálóképességű fémek képesek elektront átadni a hidrogénionnak így hidrogéngáz fejlődése mellett redoxireakcióba lépni híg savakkal. (A további absztrakciós gondolkodást igénylő magyarázat szerint a Zn/Zn^{2+} -rendszer standardpotenciálja negatívabb a $\text{H}_2/2\text{H}^+$ -rendszer standardpotenciáljánál, ezért a cinkatom elektront képes átadni a hidrogénionnak, illetve az oxóniumionnak.)

c) Szimbólumokkal történő értelmezés többféle módon:

- $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ (vegyjelekkel, képletekkel történő leírás).
- $\text{Zn} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$ (ionegyenlet, az Arrhenius-féle sav-bázis elmélet szerint hidrogénionként jelölve a sav által leadott protont).
- $\text{Zn} + 2\text{H}_3\text{O}^+ = \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$ (ionegyenlet, vizes közegben a Brønsted-féle sav-bázis elmélet szerint, oxóniumionként jelölve a sav által a vízmolekulának átadott protont).

1.2. Konstruktivista szemléletű oktatási módszerek

Nincs egységes szemléletű konstruktivista pedagógia, így ezen a helyen sem vállalkozunk ennek leírására. Az iskolai gyakorlatban mégis megfogalmazódott néhány olyan alapelv, ami a konstruktivista szemléletmódhoz köthető. Alapvető kérdésére, hogy „honnan szerezzük a tudásunkat a világról?” az alábbi módszertani válaszokat adja:

- Nem létezik előismeret nélküli megfigyelés; a megfigyelő mindig úgy írja le a saját tapasztalatait, hogy a fejében, a gondolataiban már hozzáteszi az addigi világlátását, tudását, ismereteit.

- Előtérbe kerül a rugalmas modellalkotás; ha újabb és újabb ismeretekre teszünk szert, a fejünkben kialakult modellt, a gondolkodásmódunkat megváltoztatjuk, hozzáigazítjuk, finomítjuk. Addig marad érvényben egy modell, amíg ellentmondásba nem ütközik az ismereteinkkel (részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái*).

A tanulók tanulási módja is hasonló séma szerint történhet. Nem lehet eltekinteni az előzetes tudásuktól, gondolkodásmódjuktól; azoktól a modellektől, amelyeket addig kognitív módon szereztek és kialakítottak magukban. Ha az iskolában szerzett új ismeretek nem illeszkednek a már meglévő ismeretekhez, akkor a tanuló elkezd külön kezelni ezeket; az iskolai lecke csak egy bemagolandó ismerethalmaz lesz, ami távol esik az ő saját gondolkodásmódjától. A természettudományos tárgyakra ez fokozottan érvényes lehet, és a kialakuló tévképzetek elvezethetnek az áltudományokban való őszinte hitig (részletesebben lásd IX. Áltudományok és ismeretterjesztés). Ezért célszerű a természettudományok oktatása során odafigyelni a következőkre:

- Az előzetes tudás felmérése, és az esetleges félreértések tisztázása (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái).

- A kísérletek magyarázatakor a jelenségszintű (makroszkopikus), a szerkezeti szintű (vagy másként nevezve részecskeszintű) és a szimbolikus szintű (vegyjelekkel, képletekkel, reakcióegyenletekkel történő) értelmezést megalapozott logikai kapcsolatba kell hozni egymással (lásd fentebb a 3. példát).

- Az ok-okozati összefüggések apró, egymásra épülő gondolati elemek segítségével történő értelmezése. Ez sokszor nehezebb, mint gondolnánk: ami logikus sorrendnek tűnik egy olyan személynek, aki jártas például a kémia tudományában, az komoly gondot okozhat egy olyannak, aki ezt még csak most kezdi elsajátítani. Amíg egy matematikai egyenlet megoldásánál általában egyértelmű, hogy miből mi következik, mi lehet a következő lépés, addig a kémiai ismeretekben több logikus lehetőség is adódhat attól függően, hogy hova akarunk eljutni (lásd alább a 6. példát, ahol a kártyákból sokféle jó gondolattérkép állítható össze).

Az előzetes tudás összegyűjtéséhez és a tanulók tudásszerkezetének feltárásához, fejlesztéséhez jól használható módszerek a magyarul ötletelésnek vagy ötletrohamnak is nevezett „brainstorming”, a csoportosítás és rendszerezés, valamint gondolattérkép, illetve fogalomtérkép alkotása.⁴³ A gondolattérkép kialakításakor egy kulcsszó, egy kifejezés, illetve egy központi fogalom köré csoportosíthatók, szervezhetők az ötletelés során ahhoz asszociált szavak, kifejezések, ötletek, feladatípusok stb., grafikus formában föltüntetve. A fogalomtérkép annyiban különbözik a gondolattérképtől, hogy több fontos fogalom is szerepelhet rajta olyan hálózatba szervezve, amely az egyes fogalmak közötti kapcsolatokat is feltünteti (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái). Ezek megalkotásához már szoftverek, online felületek is rendelkezésre állnak.

4. példa. Konstruktív szemléletű rugalmas modellalkotás a tudománytörténetben; az atom szerkezetének felfedezése

Az alábbi, újabb és újabb modellek felsorolása időrendet is mutat. Az újabb modell megalkotását mindig megelőzi(k) valamely kísérleti tapasztalat(ok)on alapuló új ismeret(ek), ami (vagy amelyek) az előző modellel nem magyarázható(k):

1. modell: Démokritosz (i.e. 460- i.e. 370, görög): „oszthatatlan” atommodell, annyiféle atom van, ahányféle anyag.

Új ismeretek: például a többszörös súlyviszonyok törvénye.

2. modell: John Dalton (1766-1844, angol): „oszthatatlan” atommodell, annyiféle atom van, ahányféle kémiai elem.

Új ismeretek: például az atomon belüli negatív töltésű elemi részecske jelenléte, míg az atom kifelé semleges.

3. modell: Joseph John Thomson (1856-1940, angol): „mazsolás puding” atommodell.

Új ismeretek: például az atommag felfedezése.

4. modell: Ernest Rutherford (1871-1937, új-zélandi): „parányi naprendszer” atommodell.

⁴³ Eilks, I., Prins, G. T., Lazarowitz, R. (2013): How to organise the chemistry classroom in a student-active mode, in: Teaching Chemistry – A study book (eds.: Eilks, I., Hofstein, A.), 192-197, Sense Publishers, Rotterdam, the Netherlands

Új ismeretek: például a meghatározott energiaszinteket jelentő elektronhéjak energiája az atommagtól távolodva nő.

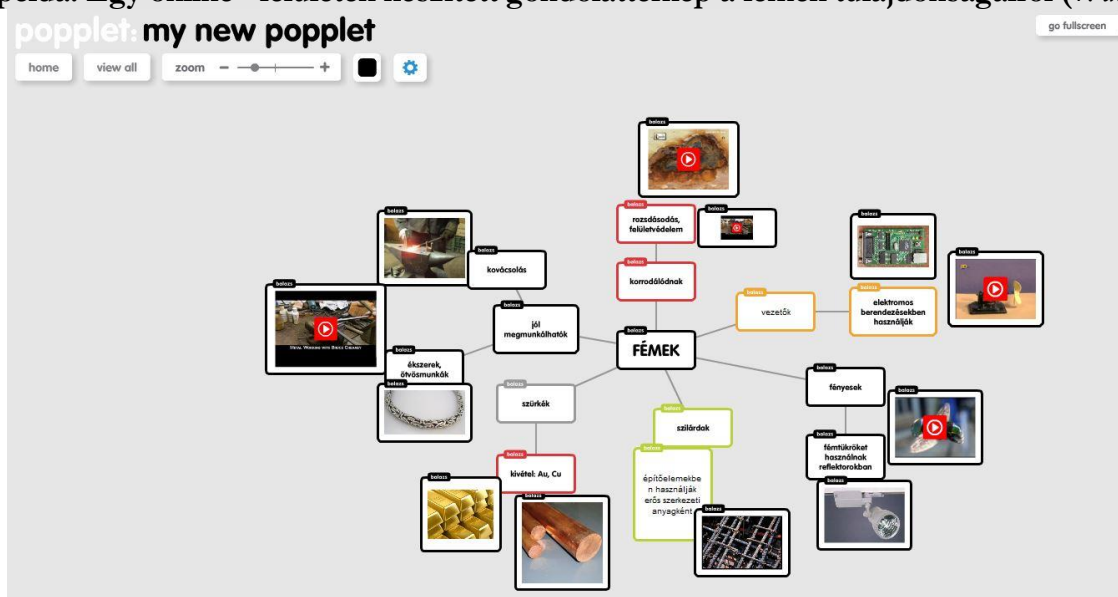
5. modell: Niels Bohr (1885-1962, dán): „hagymahéj” atommodell.

Új ismeretek: például a kvantummechanika fejlődése.

6. modell: Werner Heisenberg (1901-1976, német) és Erwin Schrödinger (1887-1961, osztrák): „kvantum-mechanikai” atommodell.

Az új ismeretek szerzése és az atommodell pontosítása napjainkban is folytatódik, de a kvantummechanikai atommodellnek ellentmondó kísérleti tény nem ismert. Sőt, e modell alapján a tudományos-technikai fejlődés napjainkban is korábban elképzelhetetlen eredményeket produkál.

5. példa. Egy online⁴⁴ felületen készített gondolattérkép a fémek tulajdonságairól (1. ábra)



1. *ábra.* A popplet.com online felületen készített gondolatterkép. (E szoftver alkalmazásakor videókat, fotókat is be lehet szúrni, illetve különböző színeket is lehet alkalmazni.)⁴⁵

⁴⁴ <http://popplet.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 12.) Számos más online felület is használható azonban a gondolatterképek készítéséhez, például: <https://www.mindmeister.com> (utolsó letöltés: 2015. 04. 11.)

⁴⁵ Balázs K.: Digitális eszközökkel támogatott projekt alapú tanulás – az Educatio által támogatott Intel®Teach Essentials program akkreditált pedagógus-továbbképzés keretében végzett 10 tanórás program munkanyaga

6. példa. Készítsük el a nátrium és klór reakciójának szerkezeti szintű értelmezéséhez szükséges gondolattérképet!⁴⁶

Kooperatív csoportmunka: 3 fős csoportok

(Ezt a feladatot gyakorló kémia tanároknak és tanár szakos hallgatóknak is érdemes elvégezni.)

1. feladat: Az alábbi kártyák közül válasszatok ki néhányat (5-9 db kártyát), amelyet elfogadtok tudományosan bizonyított, tényszerű ismeretnek, majd rendezzék ezekhez a többi kártyát ok-okozati összefüggés szerint! A kártyákat egy fehér lapra helyezve jelöljétek nyilakkal, hogy mely állítás(ok)ból következik egy másik állítás! Egy gondolattérképet kaptok.

Az atom kifelé nem rendelkezik töltéssel.	Az elektron töltésének nagysága ugyanakkora, mint a protoné, csak ellentétes előjelű.	A proton pozitív töltésű.	Az elektronok az atommag körül helyezkednek el meghatározott rendben.	Ha az atomból elektront akarunk eltávolítani, akkor le kell győzni az atommag vonzó hatását.
A neutronnak nincs töltése.	A protonok száma megegyezik az elektronok számával az atomban.	A pozitív és negatív töltések vonzzák egymást.	Az atommag pozitív töltésű.	Ha elektront vesz fel vagy ad le az atom, a töltése megváltozik, de a kémiai minősége nem.
Az atommagot protonok és neutronok alkotják.	A protonok száma adja az atom kémiai minőségét.	Az elektron negatív töltésű.	Az atommagtól távolabbi elektron leszakításához kisebb energiát kell befektetni.	

⁴⁶ Balázs K.: Természettudományos végzettségű tanárok továbbképzése laboratóriumi gyakorlatok levezetésére, akkreditált pedagógus-továbbképzés szakanyag, TÁMOP 3.1.3-11.

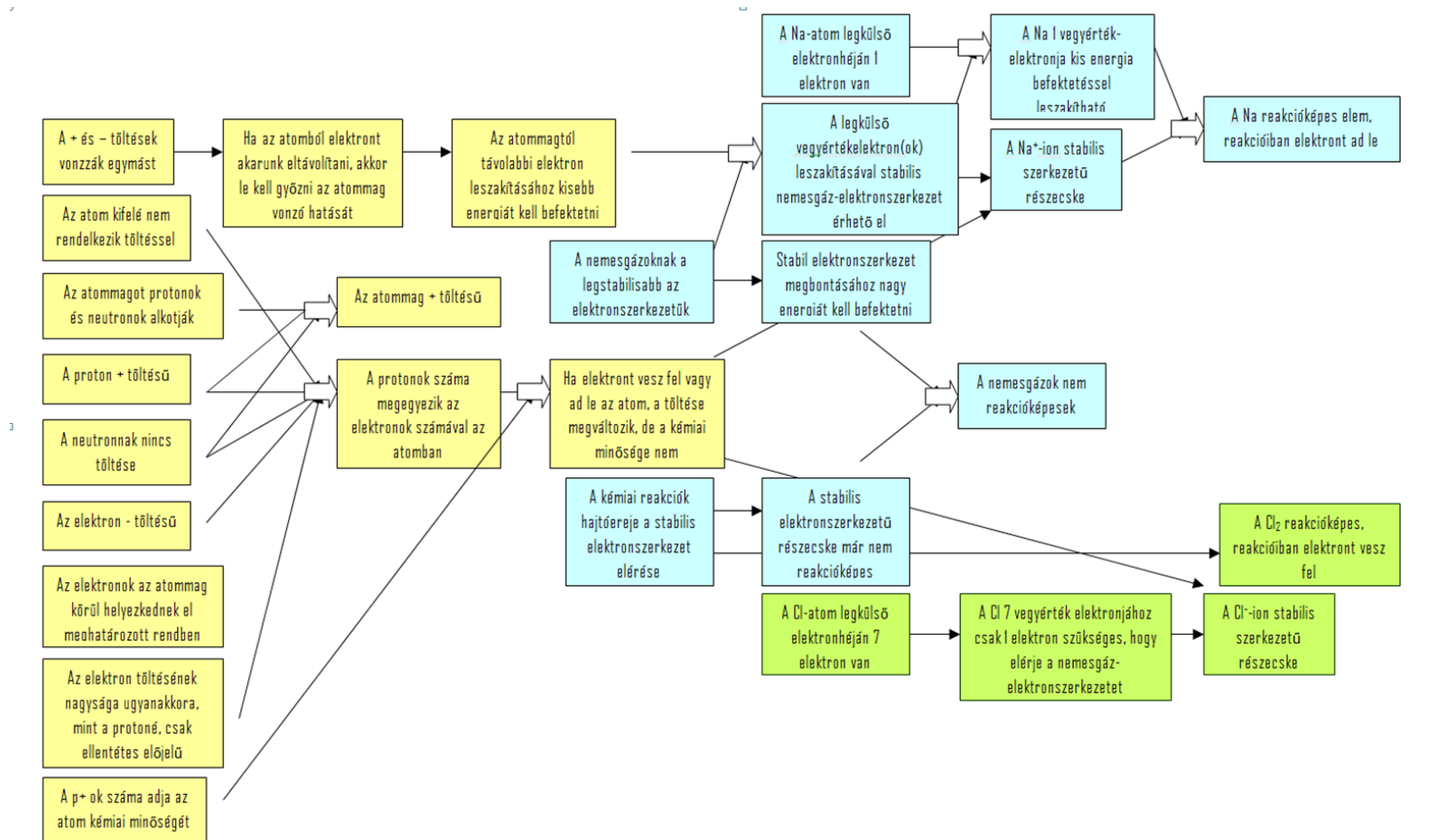
2. feladat: Az alábbi kártyákkal is ugyanaz a feladat, mint az első esetben. Ezután bővítsétek az előzőekben kapott gondolattérképet ezeknek a kártyáknak a logikai rendben összerendezett csoportjával, és illesszétek az előző kártyacsoporthoz! Nyilakkal jelöljétek az ok-okozati összefüggéseket, ahol csak lehet!

A nátriumatom legkülső elektronhéján egy elektron van.	A nátrium reakcióképes elem, reakcióiban elektront ad le.	Stabil elektron-szerkezet megbontásához nagy energiát kell befektetni.	A nemesgázoknak a legstabilisabb az elektron-szerkezetük.	A legkülső vegyérték-elektron(ok) leszakításával stabilis nemesgáz-elektronszerkezet érhető el.
A nátriumion stabilis szerkezetű részecske.	A nátriumatom egy vegyérték-elektronja kis energia-befektetéssel leszakítható.	A nemesgázok nem reakcióképesek.	A kémiai reakciók hajtóereje a stabilis elektron-szerkezet elérése.	A stabilis elektron-szerkezetű részecske már nem reakcióképes.

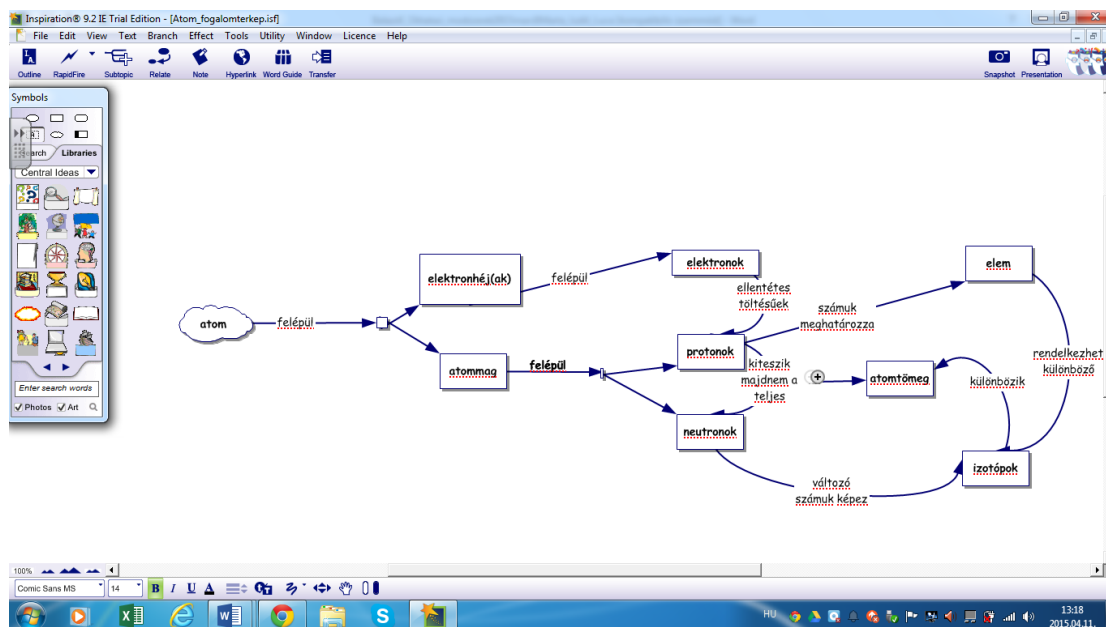
3. feladat: Illesszétek a gondolattérképhez az alábbi négy kártyát is!

A klórmolekula reakcióképes, reakcióiban a belőle származó klóratomok általában egy-egy elektront vesznek fel.	A klóratom hét vegyérték-elektronjához csak egy elektron szükséges, hogy elérje a nemes-gáz-elektron-szerkezetet.	A kloridion stabilis szerkezetű részecske.	A klóratom legkülső elektronhéján hét elektron van.

Nagyon valószínű, hogy nem egyforma elrendezésű gondolattérképek születnek, és akár mindegyik lehet jó! Többféle helyes megoldás lehetséges. Lehetőséget adhatunk a csoportoknak, hogy néhány kártyát tegyenek ki, vagy bővítsék új kártyákkal a gondolattérképüket. A legvégén egy általunk összeállított gondolattérképpel is összehasonlíthatják a sajátjukat, és megvitathatják a különbségeket. (Egy lehetséges gondolattérképet mutat be alább a 2. ábra.)

2. ábra: A Na és a Cl₂ reakciójának egy lehetséges gondolattérképe

A fogalomtérképen az egyes fogalmakat vonalak, egyirányú vagy kétirányú nyilak kötik össze, amelyekre az egyes fogalmak kapcsolatát jelző kifejezéseket lehet írni, mint pl. „eredményez”, „megkövetel”, „hozzájárul”, „felépül”. E helyen egy, az angol nyelvű szakirodalomban közölt⁴⁷ fogalomtérkép magyar megfelelőjének egy erre alkalmas online felületen való készüléséről mutatunk egy képernyőképet (3. ábra).



3. ábra. Fogalomtérkép készítésének folyamata egy online felületen (képernyőkép)⁴⁸

A gondolattérkép és a fogalomtérkép létrehozásának folyamata segíthető azzal, ha elemi lépésekre bontjuk:

1. Ötletelés: A tanulók a szabad asszociáció módszerével gyűjtenek tényeket, kifejezéseket, ötleteket a szóban forgó témáról. (Ebben a fázisban nem kell a közöttük lévő hierarchiára, illetve összefüggésekre gondolniuk.)
2. Csoportosítás: Minden, az előző lépés során összegyűjtött kifejezést hierarchikusan szervezett csoportokba és azokon belüli alcsoportokba kell rendezni. A tanulók átrendezhetik a csoportokat és újabb kifejezéseket is bevehetnek.
3. Összefüggések feltüntetése: A tanulóknak úgy kell elrendezniük a kifejezéseket, hogy az feltüntessék a közöttük lévő összefüggéseket is. A szorosabb kapcsolatban lévő kifejezéseknek közelebb kell lenniük egymáshoz. Az egyes kifejezések közötti összefüggéseket vonalakkal, nyilakkal való összekötéssel, illetve a fogalomtérképen az azokra írt, a kapcsolatot jelző szavakkal, kifejezésekkel lehet bemutatni.
4. Véglegesítés: A tanulóknak meg kell állapodniuk abban, hogy az elkészült gondolattérkép, ill. fogalomtérkép alkalmas arra, hogy megjelenítse az adott témáról meglévő tudásukat. A tartalmilag elfogadott gondolattérképnek, ill. fogalomtérképnek megfelelő formátumot kell kapnia. Végül pedig meg kell vitatni az osztállyal, hogy a végeredmény tartalmilag mennyire teljes, alapos és helyes, megjelenésében mennyire jól szervezett, rendezett és mennyire kreatív.

⁴⁷ Eilks, I., Prins, G. T., Lazarowitz, R., (2013): How to organise the chemistry classroom in a student-active mode, in: Teaching Chemistry – A study book (eds.: Eilks, I., Hofstein, A.), 196, Sense Publishers, Rotterdam, the Netherlands

⁴⁸ <http://www.inspiration.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 11.)

A kész fogalomtérképek viszont oly módon is alkalmazhatók, hogy bizonyos részeit szándékosan üresen hagyjuk. Így egyes fogalmakat, illetve az azok között lévő kapcsolatokat a tanulóknak kell kitölteniük.

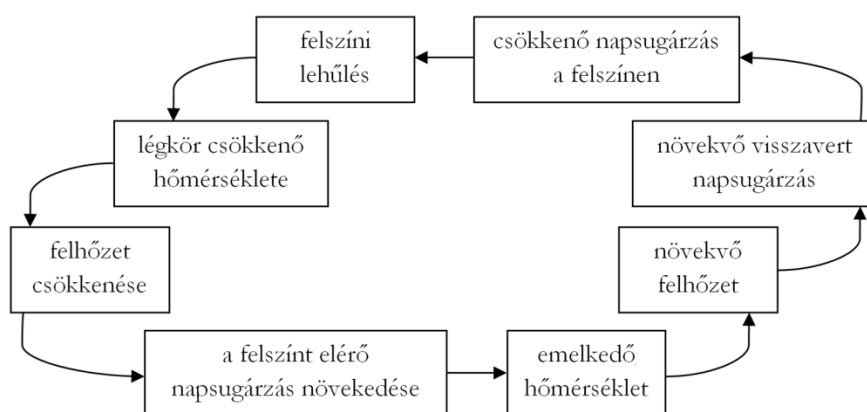
7. példa: Egy konstruktivista szemléletű feladat; légköri viszonyok hatása a földfelszín felmelegedésében (4. ábra)⁴⁹

Kooperatív csoportmunka: 3 fős csoportok

Feladat: Értelmezd a körfolyamatot a feladatlap és az ábra segítségével!

A körfolyamat egyes lépéseit átgondolva írd le saját megfogalmazásodban a teljes folyamatot! Ehhez gondold át az alábbi kérdéseket, röviden válaszolj rájuk, illetve használd az információkat! Használd saját ismereteidet, hétköznapi tapasztalataidat is!

- a) Melyik esetben párolog el gyorsabban egy pohár víz: hidegben vagy melegben? A levegő páratartalma (vízgőz a levegőben) nagyobb lehet, ha magasabb hőmérsékletű a levegő. Mikor képződik nagyobb felhőzet (a felhő a levegő „vízraktára”): ha kisebb, vagy ha nagyobb a levegő páratartalma? Ha csökken a légkör hőmérséklete, miért csökken a felhőzet?
- b) A napsugárzásnak át kell hatolnia a felhőzetben, hogy elérkezzen a földfelszínre. A felhőzet a napsugarak egy részét visszaveri, így kevesebb sugárzás érkezik a föld felszínére. A földfelszín elnyeli a napsugarakat és hőszigetelést bocsát ki, ezért melegszik a légkör a földfelszín felől, és a magasabb légrétegekben alacsonyabb a hőmérséklet.



4. ábra. A légköri viszonyok hatása a földfelszín felmelegedésében⁵⁰

1.3. A Bloom-taxonómia

Fontos, hogy a tanítási folyamat során egymásra építve, a kognitív taxonómia egyes szintjeit figyelembe véve, meghatározott sorrendben adjuk a tananyagra épülő feladatokat. Maga a kognitív megismerési folyamat is különböző absztrakciós szinteken megy végig: a legegyszerűbb ismeretek megszerzésétől és ezek megértésétől kezdődően, az ismeretek egyszerű alkalmazásán túl, a magasabb rendű gondolkodási műveletek használatáig (ld. az alábbi 1. táblázatot). Az értékeléskor használt tipikus kifejezések⁵¹ segítik az egyes kognitív szintek megkülönböztetését (részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés).

⁴⁹ Balázs K. (2009): Kémia 7. munkafüzet; Apáczai Kiadó, Celldömölk

⁵⁰ Kerényi A. (1999): Az élettelen földi rendszer, Kultúra-Nevelés-Oktatás-Környezet, Budapest

⁵¹ [Teaching Effectiveness Program, Teaching and Learning Center, University of Oregon,](http://tep.uoregon.edu/resources/assessment/multiplechoicequestions/blooms.html)
<http://tep.uoregon.edu/resources/assessment/multiplechoicequestions/blooms.html> (utolsó letöltés: 2015. 04. 20.)

1. táblázat. A Bloom-taxonómia kognitív szintjeinek értelmezése kémiai példákkal

A kognitív taxonómia egyes szintjeinek értelmezése	Kémiai példák a kognitív taxonómia egyes szintjeire
1. Ismeret	
A tanuló képes tényeket, fogalmakat, módszereket, szabályokat felismerni vagy felidézni. Tipikus kifejezések az értékelés során: definiáld, fejtsd ki, sorold fel, azonosítsd, nevezd meg, sorold be, ki?, mikor?, hol?, mit?...	A tanuló fel tudja sorolni az atomot felépítő elemi részecskéket. El tudja mondani az energiaminimumra való törekvés elvét, a Pauli-elvet, a Hund-szabályt. A tanuló meg tudja határozni az energia fogalmát, és fel tudja sorolni a fajtáit.
2. Megértés	
A tanuló megérti, amit közöltek vele, fel tudja használni a közlés tartalmát anélkül, hogy másfajta tartalommal hozná kapcsolatba. Tipikus kifejezések az értékelés során: magyarázd meg, jóssold meg, értelmezd, foglald össze, alakítsd át, hozz rá példát, fogalmazd át, következtess, indokold (igazold)...	A tanuló el tudja mondani sorban a periódusos rendszerben lévő elemek egyes atomjainak szerkezetét és meg tudja indokolni az elektronszerkezet alapján az egyes elemek elektronegativitásának értékét.
3. Alkalmazás	
A tanuló képes az elméleti ismereteket, szabályokat, elveket, módszereket konkrét és sajátos esetekben használni. Tipikus kifejezések az értékelés során: használd fel, módosítsd, bizonyítsd be, oldd meg, alkalmazd, hogyan lehetne x -et alkalmazni y esetben?, hogyan tudnád bemutatni...?	A tanuló képes az atomszerkezetből levezetni az egyszerű ionok elektronszerkezetét. Képes az elemek elektronegativitásáról és a kémiai kötésekről tanultakat alkalmazni annak eldöntésére, hogy két atom között milyen kötés alakul ki.
4. Magasabb rendű műveletek	
4.1. Analízis	
A tanuló képes a közlést összetevő elemekre, részekre bontani. Tipikus kifejezések az értékelés során: különböztess meg, hasonlítsd össze, vedd össze, miben különbözik az x az y -tól?, hogyan hat az x az y -ra?, milyen kapcsolatban van az x az y -nal? miért?, hogyan?, x -nek mely része hiányzik vagy szükséges?...	A tanuló képes összehasonlítani egyszerű ionok és molekulák elektronszerkezetét. Össze tudja vetni a periódusos rendszer egyes csoportjaiban, illetve periódusaiban lévő elemek elektronegativitásának tendenciáit.
4.2. Szintézis	
A tanuló képes az elemekkel, részekkel dolgozni, és összerakni ezeket egy egésszé, képes egy új modellt vagy struktúrát létrehozni. Tipikus kifejezések az értékelés során: tervezd meg, építs föl, fejlessz ki, foglalmaz meg, képzel el, hozz létre, változtasd meg, írd egy rövid történetet/esszét...	A tanuló képes létrehozni a molekulák és összetett ionok elektronszerkezetével kapcsolatos társasjátékokat, elkészíteni, illetve megírni adott elemek, illetve vegyületek kémiai tulajdonságairól szóló poszttert, bemutatót, történetet, verset, novellát, (esetleg megzenésített) drámajátékokat.
4.3. Értékelés	
A tanuló képes mennyiségi és minőségi ítéleteket alkotni arról, hogy egyes anyagok és módszerek mennyiben tesznek eleget bizonyos kritériumoknak. Tipikus kifejezések az értékelés során: igazold, becsüld meg, értékeld, bíráld el x -et az adott kritériumok szerint, mely választási lehetőség lenne jobb/kedvezőbb y szempontjából?...	A tanuló képes molekulák és ionvegyületek összetételével, egy rendszer komponenseinek mennyiségi viszonyaival kapcsolatos számításokat végezni, azok eredményeit szabványokban lévő határértékekkel összevetni és ez alapján megítélni adott technológiai eljárások környezetvédelmi vonatkozásait (előnyeit és hátrányait).

8. példa. „Ez így van? Akkor kitalálom!” megadott ismeretek felhasználása, továbbgondolása, alkalmazása önálló vagy páros munkában⁵²

A tananyagban szereplő elveket, szabályokat, olyan tényeket, megállapításokat, amelyeknek a kitalálása, kikövetkeztetése a feladat szerint nem elvárható vagy nem szükséges, megadjuk a feladat elején. Ezeket az ismereteket kell önállóan alkalmazni a megadott feladatokban. A

⁵² Balázs K.: Életpálya-építés – Ember a természetben-kémia programcsomag, SuliNova, 9. évfolyam számára tantárgyi modul, HEFOP 3.1.1-K-2004-08-0001/1.0

feladatok megoldásában nem a tényanyag ismeretére, hanem egyfajta logikus gondolkodásmódra van szükség. A kémiai gondolkodásmódot fejlesztheti, ha bizonyos elveket, szabályokat ismerve (ezeket tényként megadjuk) az anyag szerkezetéből az anyag egyes fizikai és kémiai tulajdonságaira lehet következtetni. Ezekben a feladatokban minden esetben ok-okozati összefüggésben kell indokolnia a tanulónak a megadott választ (tényként elfogadva az előre megadott ismereteket).

Példa: „Ha a központi atom körül lévő 4 elektronpár egymástól a lehető legtávolabb helyezkedik el a térben, akkor tetraéderesen helyezkednek el, így a metán molekulája is tetraéderes.” Minden esetben hangozzon el a végén, hogy milyen gondolatsort kellett végiggondolni a feladat megoldásához!

Feladatlap: Molekulák alakja

Az alábbi szabályok betartásával alkossatok molekulákat!

A molekulaalak kialakulásának szabályai:

- Mindig azt tekintjük központi atomnak egy molekulában, amelyik a legtöbb kovalens kötést létesíti.

- Azt az atomot vagy atomcsoportot nevezzük ligandumnak, amelyik a központi atomhoz közvetlenül kapcsolódik. A ligandum egy vagy több kötő elektronpárral kapcsolódhat a központi atomhoz, de a több kötő elektronpárral való kötődés nem okoz lényeges változást a molekula alakjában az egy elektronpárral való kötődéshez képest.

- A központi atom körül lévő egy vagy több nemkötő elektronpárhoz ligandum nem kapcsolódik, de a molekula alakjára a nemkötő elektronpár is befolyással van, mert a környezetében lévő elektronpárokra taszító hatást fejt ki, és a kötő elektronpárokénál nagyobb a térigénye, mivel csak egy atommag erőterébe tartozik).

- A központi atom körül lévő kötő és nemkötő elektronpárok, az egymást taszító hatás miatt, a lehető legtávolabb helyezkednek el egymástól a térben, s ez határozza meg a molekula alakját:

- ha két elektronpár van a központi atom körül, akkor lineáris,

- ha három elektronpár, akkor síkháromszög,

- ha négy elektronpár, akkor tetraéderes,

- ha öt elektronpár, akkor háromszögalapú bipiramis,

- ha hat elektronpár, akkor oktaéder alakú a térbeli elrendeződése az elektronpároknak.

- A molekula alakját végül is a központi atom és a hozzá kapcsolódó ligandumok térbeli helyzete alapján adjuk meg. (Kéttomos molekula esetén nincs értelme molekulaalakra beszélni.)

Feladatok:

1. Szerkesszetek olyan molekulát, amelynek

a) a központi atom körül 2 kötő- és 2 nemkötő elektronpárja van, és a központi atom a kén!

Határozzátok meg a molekula alakját!

b) A molekula tetraéder alakú, és a klóratom szerepel a ligandumok között!

2. Milyen a molekula alakja?

a) az etánnak (C_2H_6)?

b) az eténnek (C_2H_4)?

c) az etinnek (C_2H_2)?

3. Az előző feladatok mintájára a párok készítsenek egymásnak „molekularejtvényt”!

2. A tanárközpontú módszerektől a tanulóközpontú módszerekig^{53,54}

A továbbiakban részletezett oktatási módszerek felsorolása a tanárközpontú (frontális) módszerektől a tanulóközpontú (ezen belül a tanulók együttműködését is megkívánó kooperatív) módszerek irányába történik.

Frontális az oktatás, ha a tanár az osztály felé fordulva beszél, magyaráz vagy kérdéseket tesz fel, a diákok pedig erre önállóan, egyénileg reagálnak, illetve így oldanak meg feladatokat.

2.1. Az előadás, az elbeszélés és a magyarázat

Az előadás olyan frontális, monologikus szóbeli közlési módszer, amely egy-egy téma logikus, részletes, viszonylag hosszabb ideig tartó kifejtésére szolgál. Általában magába foglalja az információközlést szolgáló elbeszélés és az ok-okozati összefüggésekre koncentráló magyarázat elemeit. Ezek alkalmazása akkor indokolt, ha a cél valamilyen információ közlése, a tények, fogalmak, szabályok, törvények és logikai összefüggések időtakarékos bemutatása, valamint ha a tananyag nem hozzáférhető más forrásból, illetve ha az adott tanulócsoport számára sajátos struktúrában célszerű a tananyagot közölni. Általában a figyelemmel kísért előadásmód hatékonyságát növeli a jegyzetelés, illetve kérdések közbeiktatása. A jegyzetelési technika tudatos tanári segítséggel alakul ki, amelynek során fontos az életkori sajátosságok figyelembevétele. A lényeges elemek pontos lediktálásától a lényeg hangsúlyos kiemelésén át vezet el az út addig, amíg a tanuló képessé válik a fontos mozzanatok önálló kiemelésére és a későbbi felidézést elősegítő rögzítésére.

Az előadás, amennyiben nem túlságosan gyakran és a megfelelő célok elérése érdekében alkalmazzák, hatékony oktatási módszer lehet. Erdemes elkerülni a tipikus hibákat, amelyek a következők: nem jól hallani az előadót, nem a tanulók életkorának és előzetes tudásának megfelelő az előadás tartalma vagy a hosszúsága, nehéz jegyzetelni, az előadó nem foglalja össze az egyes részeket, elkalandozik a fővonalától, anélkül hogy jelezné stb.

2.2. Az irányított kérdésekkel történő oktatás

A kémiai gondolkodás alapjainak elsajátításához célravezető lehet a másként kérdeve kifejtő módszernek is nevezett, irányított tanári kérdésekkel történő oktatás. Az előadással, elbeszéléssel és magyarázattal szemben ez egy dialógusos (azaz párbeszédre épített) közlési módszer, amelynek alkalmazásakor a tanár egy logikai sor minden egyes lépésére rákérdez a megfelelő sorrendben, úgy, hogy a logikai összefüggések ok-okozati kapcsolata érthetővé váljon. Nagyon precízen megfogalmazott, egyértelmű, célirányos kérdéseket kell feltenni, amelyekre rövid, néhány szavas válasz adható. A válaszok pontosságára nagyon kell figyelni, és néhány esetben (ha a megértés szempontjából kiemelt fontosságú) el kell azokat ismételnie a tanárnak. Akkor működik jól ez a módszer, ha elég pergő, és a logikai gondolatsor teljes egészében érthető és követhető. Nem szabad elfelejteni azonban azt sem, hogy alkalmazása esetén fennáll annak a veszélye, hogy a lassúbb haladást igénylők és azok, akiknek éppen elkalandozott a figyelmük nem jutnak el a gondolatsor végére.

⁵³ Falus I. (szerk.) (2003): Didaktika. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

⁵⁴ Lada L. (2002): Oktatási módszerek. In.: Problémák, kérdések – megoldások, válaszok. Szerk.: Mayer J., Budapest, Országos Közoktatási Intézet. <http://www.ofi.hu/tudastar/problemak-kerdesek/oktatasi-modszerek> (utolsó letöltés: 2015. 04. 07.)

9. példa. Kérdve kifejtő frontális módszer alkalmazása egy reakció szerkezeti szintű értelmezésére

A fő kérdés, amelynek a megválaszolásához el akarunk jutni: Milyen típusú reakció a cink és sósav reakciója?

1. részkérdés: A cink, mint az egyik kiindulási anyag, milyen kémiai változásban vesz részt?

Pergő kérdések (logikai sorrendben)	Rövid válaszok
1. Milyen anyagsz csoportba tartozik a cink?	1. Fém elem.
2. Milyen halmazállapotú szobahőmérsékleten és légköri nyomáson? (Jelenségszintű, megtapasztalható tulajdonságra vonatkozó kérdés.)	2. Szilárd.
3. Milyen kristályszerkezetű szobahőmérsékleten és légköri nyomáson? (Szerkezeti szintű tulajdonságra vonatkozó kérdés.)	3. Fémrácsos.
4. Milyen részecskék vannak a kristályrács rácspontjaiban?	4. Cinkatomok (ill. cink atomtörzsek)
5. Hogyan képes minden fématom az elektronszerkezetét kedvezőbb energetikai helyzetbe hozni egy kémiai reakció segítségével?	5. Elektront adnak le.
6. Hány elektront képes leadni egy cinkatom, hogy stabilis elektronszerkezetet érjen el?	6. Két elektront.
7. Milyen részecske keletkezik, ha két elektront lead egy cinkatom?	7. +2 töltésű cinkkation.
8. Milyen típusú kémiai változás történt a cinkatommal?	8. Oxidáció (elektronleadás).
9. Milyen szerként viselkedett a cink(atom) ebben a folyamatban?	9. Redukálószerként.
10. Milyen elemi részecskét ad le a cinkatom a reakciópartnerének?	10. Elektront.
11. Milyen típusú kémiai reakció egyik részfolyamatában vett részt a cink?	11. Redoxireakció.

2. részkérdés: A sósav, mint a másik kiindulási anyag, milyen kémiai változásban vesz részt?

Pergő kérdések (logikai sorrendben)	Rövid válaszok
1. Milyen anyagsz csoportba tartozik a sósav?	1. Keverék, oldat, sav.
2. Mi az oldott anyag a sósavban?	2. A hidrogén-klorid.
3. Hogyan viselkedik a hidrogén-klorid-molekula vizes közegben?	3. A vízzel sav-bázis reakcióba lép.
4. Vízzel való reakciója során milyen részecskék keletkeznek?	4. Hidrogénionok (oxóniumionok) és kloridionok.
5. A cinkatom és a hidrogénion (oxóniumion) közül melyik képes átadni a másiknak elektront?	5. A cinkatom.
6. Egy hidrogénion (oxóniumion) hány elektront képes felvenni?	6. Egy elektront.
7. Egy cinkatom hány hidrogénionnak (oxóniumionnak) képes elektront átadni?	7. Két hidrogénionnak (oxóniumionnak).
8. Mi keletkezik a hidrogénionból (oxóniumionból), ha elektront vesz fel?	8. Hidrogénatom (és vízmolekula).
9. Milyen típusú kémiai reakció egyik részfolyamatában vett részt a hidrogénion (oxóniumion)?	9. Redoxireakció.
10. Melyik nemesgáz elektronszerkezetét igyekszik elérni a hidrogénatom, hogy stabilis elektronszerkezetet érjen el?	10. A hélium nemesgáz-elektronszerkezetét.
11. Milyen elektronszerkezettel képes ezt elérni?	11. Közös kötő elektronpár létrehozásával (kovalens kötés).

Válasz a főkérdésre: A cink és sósav reakciója redoxireakció, mert elektronátmenet történik.

2.3. A megbeszélés és a vita

Mindkettő dialógusos szóbeli közlési módszer, de a vita során a tanulók közötti együttműködés (kooperáció) jelentős. A vita segítségével tartós tantárgyi tudás, problémamegoldó képesség, a kommunikációs készségek fejlesztése, attitűdök formálása, a személyközi kapcsolatok, a közösség fejlesztése érhető el.

A vitában a tanulók viszonylag nagyfokú önállóságot élveznek, a pedagógus a háttérből irányítja a vita menetét. A jól szervezett vitában a kérdéseket, véleményeket a tanulók egymáshoz és nem a tanárhoz intézik, a résztvevők egyenrangúak. A vitát a megbeszéléstől az különbözteti meg, hogy a tanulók legalább annyit beszélnek, mint a tanár; a kommunikáció nem kérdés-felelet formát ölt, hanem vélemények, kijelentések, állítások ütköznek; a megszólalásokat többségében a tanulók kezdeményezik, és azok leginkább másik tanuló felé irányulnak. A kérdések célja

valóságos ismeretek szerzése, a válaszok általában előre nem meghatározottak, és különfélék lehetnek. Az értékelés nem helyes/helytelen, hanem egyetérték/nem érték egyet kategóriákkal történik. Arra természetesen ügyelni kell, hogy a vita ne szójon a tudomány által már egyértelműen tisztázott kérdésekről (részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*).

A vita eredményes alkalmazásának feltételei:

- a tanulók felkészítése a vitában való részvételre,
- a vita megfelelő előkészítése,
- a vita megfelelő vezetése: célok közlése, a vita szabályainak, időtartamának ismertetése, a vita levezetése, a vita lezárása és a vita eredményeinek összegzése. A vita eredményes lezárása azt feltételezi, hogy a pedagógus végig kövesse, jegyzetelje azt, strukturáló kérdésekkel vezesse rá a tanulókat az összegző következtetésekre.

A tanárnak figyelnie kell arra, hogy a vita ne alakuljon át a témáról vagy altémáról folytatott egyszerű dialógussá, azaz megbeszéléssé, esetleg előadássá. Ennek elkerülésére a tanárnak vissza kell húzódnia, kérdéseinek és állításainak a tanulókéval hasonló funkcióban kell megjelenünniük. Folyamatosan figyelni kell a vita menetét, és ha a vélemények ismétlődnek, illetve zsákutcába jut a megbeszélés, indirekt módon a fő vonalra kell terelni a vita menetét. A vita intellektuális színvonalát emeli, ha a tanulók előre felkészülnek a vitára. A pedagógusnak ezt következetesen el kell várnia.

10. példa. Vita a bioetanolról⁵⁵

A bioetanol használata előnyeinek és hátrányainak megvitatására való felkészülésként a poliszacharidokról szóló óra végén az osztályt két részre lehet osztani. Az egyik csoport a „környezetvédők”, akik a következő órán a bioetanol használata mellett, a másik csoport pedig a „kétkedők”, akik a bioetanol alkalmazása ellen érvelnek. Mindkét csoport megkapja a forrásként szolgáló cikkeket, illetve weboldal címeit, amelyek alapján a következő órára készülnek. Például⁵⁶:

A) a környezetvédőknek:

1. Miért jó? (www.etanol.info.hu)
2. A bioetanol magyarországi bevezetésének műszaki, gazdasági és környezetvédelmi kérdései (www.matud.iif.hu/05mar/03.html)

B) a kétkedőknek:

1. Popp J., Somogyi A. (2007): „Bioetanol és biodízel az EU-ban: áldás vagy átok?” (<http://zoldtech.hu/cikkek/20070425biouzemanyagok/?idorend=novekvo>)
2. „Autózzon Ön is pálinkával” (<http://www.bioetanol.hu/index.php?%20waction=home&hirek=12&PHPSESSID=290e2a>)

A fölkészülésnek az alább felsorolt szempontok alapján kell történnie:

1. Környezetvédelem: CO₂-kibocsátás, egyéb káros anyagok kibocsátása, üvegházhatás, esőerdők kivágása stb.
2. Gazdasági szempontok: Kiválthatja-e a kőolajat a bioetanol? Nyerhető-e belőle elégséges energia? Munkahelyteremtés, vidékfejlesztő hatás.
3. Üzemanyagként alkalmazható-e? Nem károsítja-e a motort és egyéb alkatrészeket?

Szabad-e élelmiszernövényt üzemanyagként hasznosítani?

Minden diáknak számíthatnia kell arra, hogy lehet, hogy éppen ő lesz a saját csoportjának „szószólója”, azaz neki kell majd megfogalmazni a csoport által képviselt álláspont mellett szóló érveket, illetve cáfolni a másik csoport által elmondottakat. Az érveket és ellenérveket ismertető csoporttagokat ugyanis véletlenszerű kiválasztással (pl. a neveket tartalmazó cédulák helyszínen történő kihúzásával) érdemes kijelölni. Ezzel a módszerrel elősegíthetjük, hogy minden diák

⁵⁵ Magyarné Bojtó B. (2010) „A bioetanol” című tanári szakdolgozatának szak módszertani része alapján (Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet, témavezető: Horváth I. T.). A szakdolgozatban forrásként megjelölt weboldalak egy része jelenleg sajnos már nem elérhető.

⁵⁶ Az itt megadott linkeken található források utolsó letöltése: 2015. 04. 06.

igyekezzék képességei szerint fölkészülni az órára. Ha nem adunk meg túl sok forrást, akkor szervezhető úgy is a felkészülés, hogy mindenkinek el kell olvasnia az összes megadott szöveget, és azok alapján ki kell gyűjtenie az érveket, valamint az ellenérveket is. Ebben az esetben csak közvetlenül a vita előtt, véletlenszerűen dől el az is, hogy ki melyik érvrendszert képviselő csoportba kerül. Ugyanis az ún. „Harvard-módszer”⁵⁷ szerint a sikeres konfliktuskezelés első alapelve így hangzik: „A személyeket és a tárgyalás tárgyához kapcsolódó kérdéseket szét kell választani.” Ez egyrészt segíthet abban, hogy a vita során a diákok (a saját érzelmeiktől elvonatkoztatva) a racionális érvekre és ellenérvekre koncentráljanak. Másrészt pedig az ellentétes érvrendszert támogatók álláspontjának képviselete fejlesztheti az empátiás készséget is. Ennek a módszernek azonban az lehet a hátránya, hogy az összes érv és ellenérv ismeretében a diákok már a vita megkezdése előtt eldöntik, hogy számukra melyek a meggyőzőbbek. Kilátásba helyezhetünk a legügyesebben vitatkozó diákok számára valamilyen jutalmat is.

Nagyon fontos továbbá, hogy az ilyen alkalmat fölhasználjuk a diákok vitakultúrájának fejlesztésére is. Ezért ismertetnünk kell velük a vita szabályait:

1. Nem vághatnak egymás szavába.
2. Mindenki az előre meghatározott ideig (kb. egy vagy két percig) beszélhet.
3. Csak észérveket hozhatnak fel.
4. Annak a csoportnak az álláspontját kell képviselniük, ahová tartoznak.

A vita során minden egyes érv-ellenérv pár elhangzása után egy perc gondolkodási idő következik. Ezalatt mindenki beírja a füzetébe elkészített alábbi táblázatba az érv-ellenérv párt és hogy azok közül mit fogad el. A táblázatot a tanárnak is vezetnie kell a táblán, de az utolsó oszlopot csak az összes érv és ellenérv elhangzása és három perc további gondolkodási idő után, az osztály szavazással összesített többségi véleménye alapján tölti ki (2. táblázat).

2. táblázat. A bioetanol vita kipróbálása során kitöltött táblázat

Érv:	Ellenérv:	Ezt fogadom el:
Tisztábban ég, mint a benzin, s ezért kevésbé káros a környezetre. (Kevesebb CO ₂ -ot és SO ₂ -ot termel.)	A bioetanolos motorok kevesebb CO ₂ -ot és SO ₂ -ot juttatnak a levegőbe, ugyanakkor NO _x és aldehidkibocsátásuk rosszabb	Nem biztos, hogy környezetkímélőbb, mint a benzin.
Nem növeli az üvegházhatást, mivel elégetésével a növények által megkötött CO ₂ kerül vissza a légkörbe.	Az előállításához szükséges földterületek miatt esőerdőket vágunk ki Dél-Amerikában.	Esőerdőket semmilyen célból nem szabad kivágni.
Csökkenti hazánk import olaj függését, mert kiváltja a kőolajat. Magasabb oktánszámú, mint a benzin. Adalékanyag előállításához alkalmazható.	Energiatartalma alacsonyabb a benzinénél (a benzin energiatartalmának 65 %-a). Rosszabb üzemanyag, mint a benzin, mert a kenőképesége rosszabb, mint a benziné, s így a motor élettartama rövidebb.	Nem képes kiváltani a kőolajat, legfeljebb adalékanyagként alkalmazható.
A gabonafelesleg feldolgozásra kerül, s így vidékfejlesztő hatású	Nem csupán a feleslegből készül bioetanol, hanem abból is, amiből élelmiszert kellene előállítani. Ennek következtében élelmiszerhiány léphet fel.	Nem szabad élelmiszernövényt üzemanyagként hasznosítani, maximum a felesleget.

A 2. táblázat alapján tehát az a végeredmény született, hogy az osztály nagyobb része (20 fő a 3 fő ellenében) ellenezte a bioetanol üzemanyagként történő felhasználását és csak az élelmiszerfeleslegből készített adalékanyagként találta hasznosnak az alkalmazását:

⁵⁷ Dr. Pallai K.: Kooperatív tárgyalás és konfliktuskezelés, Tréning háttéranyag, ÁROP-2.2.13. Közigazgatási Vezetői Akadémia, 4. modul, 5. témacsoport (<http://www.pallai.hu/wp-content/uploads/2010/11/Pallai-Kooperat%C3%ADv-t%C3%A1rgyal%C3%A1s-%C3%A9s-konfliktuskezel%C3%A9s.pdf>) (utolsó letöltés: 2015. 04. 05.)

2.4. Kooperatív oktatási módszerek

A kooperatív csoportmunkát az alábbi négy alapelv teljesülése különbözteti meg az egyszerű csoportmunkától. Ezek nélkül ugyanis nagy valószínűséggel az történik, hogy a csoport feladatát csak egy-két (eleve érdeklődő, aktív, motivált) „jó tanuló” végzi el, míg a többiek inaktívak vagy látszattevékenységeket végeznek.⁵⁸

1. Építő egymásrautaltság („Positive interdependence”): Az egyének vagy az egyes csoportok fejlődése pozitívan összefügg egymással, ha az egyik diák fejlődéséhez szükséges a másik diák fejlődése, és/vagy ha az egyik csoport sikere egy másik csoport sikerét is jelenti.

Példa: Egy összefoglaló órán rendezett csoportvetélkedő alkalmával a csoport csak akkor jelezheti, hogy az adott kérdésre már tudja a választ, ha mindnyájan biztosak abban, hogy a csoport bármelyik tagja tud válaszolni a kérdésre. Ezt úgy lehet biztosítani, ha ezután a tanár választja ki a csoport tagjai közül azt a tanulót, aki válaszol a kérdésre.

Egyéni felelősség („Individual accountability”): A csoport feladatának megoldásához az egyénnek hozzá kell járulnia a saját részfeladatának megoldásával. Az egyén felelősséggel tartozik a csoportnak. A csoport tagjai tudják, ki milyen mértékben járult hozzá a csoport sikeréhez. Minden csoporttag a feladat pontosan meghatározható részéért vonható felelősségre.

Példa: Egy projekt munka megszervezése során az ellátandó feladatoknak megfelelő felelősöket kell választani (lásd alább). A feladatra kijelölt tanulónak személyiségéből és előzetes tudásából adódóan képesnek kell lennie a feladat ellátására. Mindenkinek tudatában kell lennie annak, hogy munkájának minősége befolyásolja a csoport végső, összesített teljesítményét.

2. Egyenlő arányú részvétel („Equal participation”): A diákok a feladatokban egyenlően (a képességeik szerint) vesznek részt, melyet a szerepek elosztásával és a munkamegosztással valamint az értékelés módjával érhető el.

Példa: A csoport munka vagy projekt végén a csoport tagjai úgy értékelik egymás munkáját, hogy adott mennyiségű pontot oszthatnak szét a csoporttársaik között annak arányában, hogy ki mekkora erőfeszítést tett annak érdekében, hogy a saját feladatát a lehető legjobban hajtsa végre. A tanulónként összesített átlagpontoszámokat a tanár figyelembe veszi a szummatív értékelésnél.

3. Párhuzamos interakciók („Simultaneous interaction”): A tanulás során a tanulók között egyidejű interakciók zajlanak, ezáltal az egy diákra jutó aktív részvétel ideje sokszorosa a hagyományos módszereket alkalmazó tanórának.

Példa: A fémek tanulásakor az előzetes ismeretek összegyűjtése párhuzamosan, a következő altémákat feldolgozó csoportokban történik: a) szerkezet és fizikai tulajdonságok, b) kémiai tulajdonságok; c) előfordulás és előállítás; d) felhasználás.

A kooperatív oktatási módszerek legfontosabb eleme tehát az, hogy a tanulók párokban vagy kisebb csoportokban, egymást segítve, aktívan dolgoznak. Ahhoz, hogy a csoporttagok közül senki ne váljon „potyautassá”, azaz a feladat megoldása érdekében mindenki megfelelő energiát fektessen be, a következőknek kell teljesülni:

- A feladat motiválja a tanulókat (lehet tevékenykedtető, a hétköznapi gyakorlathoz köthető, többféle lehetséges megoldást magában rejtő stb.).

- A csoport működésére alkossunk szabályokat (a csoporttagoknak különböző szerepeket, részfeladatokat kell ellátniuk, meghatározott idő alatt kell a részfeladatokat elvégezniük stb.).

- Valamilyen produktumot készítsenek a csoportok (lehet írásbeli: táblázat, rövid szöveg, ábra, fogalomtár stb.; lehet szóbeli: kiselőadás, vetélkedő stb.; lehet digitális: PowerPoint prezentáció (PPT), Prezi, Wiki-lexikon, fogalmi térkép stb.).

⁵⁸ A négy alapelvet az azok angol megfelelőinek kezdőbetűiből alkotott mozaikszóval szokták a Spencer Kagan által a kooperatív (azaz együttműködésen alapuló) tanulásszervezéshez alkotott szerkezet „PIES” elveinek is nevezni (az „a piece of pie” angol kifejezés magyarul „könnyű feladatot” is jelent). E helyen a Sulinet Digitális Tudásbázishoz készült „Kooperatív tanulási módszerek” című prezentáció alapján adjuk meg a fordításukat és értelmezésüket: nov.lkg-bp.sulinet.hu/sdt/koop_dio.ppt (utolsó letöltés: 2015. 04. 07.)

- A tanár csak külső segítő (facilitátor) szerepet töltsön be, egyébként a csoportok önállóan dolgozzanak.

Akkor működik jól ez a módszer, ha a csoporttagok összefognak a feladat megoldása érdekében, mindenki a saját készségei és képességei szerint dolgozik, közös felelősséget vállalva a produktum létrehozásában. Ez fejleszti a szociális kompetenciákat is és gyakoroltatja a manapság már a legtöbb munkahelyen magasra értékelt „team” munka végzésének képességét. Ezért a feladatot úgy kell kijelölni, hogy a produktumot csak akkor lehessen jó minőségben elkészíteni, ha a csoport minden tagja kielégítő módon vesz részt a munkában. A felelősségvállalásban való elkötelezettséget segítheti, ha a csoportmunka végén a tanulók értékelik a csoportban való saját részvételüket, illetve a kiscsoport munkáját, együttműködését is. Ezek az értékelések gyors és rövid visszajelzések a csoporttagok felé. Történhetnek egy rövid teszt segítségével, amelyben például egy skálán kell jelezni a különböző aktivitásokat; vagy a csoporttagok között egy adott számú, egy-egy pontot érő kártyácskák szétosztásával stb. (részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés).

2.5. Tanórán alkalmazható kooperatív módszerek leírása⁵⁹

A felsorolás természetesen nem teljes. A módszerek tárháza az egyén fantáziájának és lehetőségeinek függvényében bővíthető (illetve adott, korlátozó körülmények esetén) szűkíthető. Sokat lehet tanulni a más korosztályokat tanítók által alkalmazott játékos, aktivitást növelő módszerek megismerésével és adaptálásával is.⁶⁰

1. Új anyag feldolgozása

- Háromlépcsős interjú
 1. A diákok párokat alkotnak, a pár egyik tagja beszámol, mesél az olvasottakról, kérdez, a másik meghallgatja, esetleg válaszol.
 2. A második lépésben szerepet cserélnek
 3. Pletyka: Minden diák „szóforgó” módszer (lásd alább) szabályai szerint osztja meg a csoporttal azt, amit hallott, tehát nem a saját élményét mondja el a többieknek, hanem amit társától hallott.
- Mozaik
 - Az elsajátítandó tananyagot a tanár négy részre osztja (A, B, C, D). Minden diák kap egy szöveget, melyet elolvas, értelmez úgy, hogy azt társainak meg is tudja tanítani. Önálló olvasás, lényegkiemelés után minden diák meghatározott sorrendben elmondja, megtanítja a többieknek az olvasott szöveget. A hallgatók kérdezhetnek, reagálhatnak a hallottakra. Ez a módszer a tanítva tanulás, vagy más néven egymást tanítás (angolul „peer instruction”) elvére épül (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái).
 - Egy másik változata az ún. „szakértői mozaik”. Ennek során az A, B, C, D csoportok tagjai adott altémák „szakértőiként” külön-külön csoportokat alkotva is dolgoznak, majd újra visszakérülve a saját csoportjukhoz beszámolnak a szakértői csoportok munkájának eredményéről.
- Páros szövegfeldolgozás: Mindenki ugyanazt az „A” és „B” részre felosztott szöveget kapja. A csoportok párokban dolgoznak. A pár mindkét tagja elolvassa az „A” szövegrészt, majd elmondja párjának, mit olvasott. Ő kiegészíti, kijavítja az elmondottakat. Ezután mindketten elolvassák a B részt, majd az előzőek szerint, de fordított sorrendben cselekszenek.

⁵⁹ A Sulinet Digitális Tudásbázishoz készült „Kooperatív tanulási módszerek” című prezentáció alapján, nov.lkg-bp.sulinet.hu/sdt/koop_dio.ppt, (utolsó letöltés: 2015. 04. 07.)

⁶⁰ Goró E.: Betekintés az óvodai életbe, <http://ovodaivilag.hupont.hu/32/kooperativ-modszerek#ixzz2zV72yHX6> (utolsó letöltés: 2015. 04. 07.)

2. Ismétlő-rendszerező anyag feldolgozása

- Szóforgó: Kifejezések, fogalmak összegyűjtésére, a csoporttagok mindegyikének irányított kommunikációjára alkalmas módszer. A csoporttagok egymás után, előre megállapodott sorrendben (A, B, C, D) osztják meg gondolataikat, véleményüket a saját csoportjuk többi tagjával. Egyszerre kizárólag egy érvet, szót, kifejezést, stb. mondhatnak, majd a következő csoporttag nevezi meg a másodikat, a harmadik a következőt, stb. Így mindenki sorra kerül, nem alakul ki dominancia a csoportban.
- Kerekasztal: A szóforgó írásos formája a kerekasztal módszer.
- Csoportforgó-csoportszóforgó: A szóforgóval megegyező módon a csoportok szóvivői mondják el egymás után, meghatározott sorrendben a csoportkonszenzus által kialakított véleményüket, vagy előzetes munkájuk eredményét.
- Ötletham (ötletelés, ötlebörze): A módszer csoporton belüli ötletgyűjtésre szolgál, különösebb megkötés nélkül, mindenki elmondhatja gondolatát, véleményét.
- Csoportmegbeszélés: A csoporttagok kötetlen megbeszélése, amelyen megosztják egymással gondolataikat.
- Ablak: A módszer csoportosításra, kategorizálásra, strukturált rendezésre alkalmas. Az ablak ábrát kell a csoporttagoknak értelemszerűen kitölteniük. Az ablak keretének négy oldalán a négy számozott rész a négy csoportosítási szempontra utal, melyeket előre megadunk. A végén középre (az „ablakba”) kerül az összegzés.⁶¹

3. Ellenőrzés-értékelés

- Diákkvartett: Négy lépésből álló ellenőrző módszer. A csoportban mindenki kap egy számot. A tanár feltesz egy ismétlő kérdést, utasítás formájában. Például: Győződjetek meg arról, hogy a csoportban mindenki el tudja mondani a.....! (előzetes ismeretek). A csoport meghatározott ideig dolgozik a kérdésen, ellenőrzi, hogy mindenki tisztában van-e a helyes válasszal. A tanár véletlenszerűen kiválaszt egy csoportot, és egy számot. A választott diák lesz a válaszadó. (Ez a fentebb már példaként említett csoportvetélkedő alapváltozata.)
- Ellenőrzés párban: Ezzel a módszerrel a diákok a feladat megoldására összpontosítanak, és kölcsönösen segítik, ellenőrzik egymást. A csoportok párokra oszlanak. A párok egy munkalapon dolgoznak. Az egyik diák kidolgozza az első feladat megoldását, amíg a másik figyel, és ha szükséges, segít. Ha a megoldásban nem értenek egyet, megkérdézik a másik párt. Ha a csoport nem tud megegyezni, megkérdézik a tanárt. Majd a párok szerepet cserélnek. A kitöltött munkalapot összehasonlítják a csoport másik párosával, ha a válaszok nem azonosak, közösen keresik meg a megoldást.

11. példa. „Add tovább!” forgószínpadszerű feladatmegoldás kooperatív csoportmunkában⁶²

Az órán három csoport forgószínpadszerűen dolgozik. A csoportok sorszámot húznak. Az 1. csoport a 2. csoport számára, a 2. csoport a 3. csoport számára, és a 3. csoport az 1. csoport számára egy feladatsort állít össze, miközben mindegyik csoport kap is egy feladatsort, amit meg kell oldania. Nagyobb létszámú osztály esetén ezeket a hármas csoportokat meg lehet többszörözni (két-három csoportkört lehet kialakítani), vagy a háromnál több csoport egy „nagykört” alkotva adogatja egymásnak a feladatokat. Az elkészítendő feladathoz szakmai segítséget, szempontokat, és űrlapokat adunk.

Különböző feladatok, szerepek a csoportokban:

⁶¹ Erre a módszerre a Csenki J. „A tej, mint teljesértékű élelmiszer” című óratervében, illetve az arról a kémiaóráról készült filmfelvételen látható konkrét példa. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezettan oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

⁶² Balázs K.: Életpálya-építés – Ember a természetben-kémia programcsomag, SuliNova, 10. évfolyam számára tantárgyi modul, HEFOP 3.1.1-K-2004-08-0001/1.0

- Időfelelős: folyamatosan figyeli az eltelt időt (szükség esetén összeveti azt a csoport által készített időtervvel) és igyekszik a feladat elvégzésekor szükség szerint figyelmeztetni a csoporttársakat erre.

- Táblázatkezelő: a szükséges adatokat kiolvassa a táblázatból; igyekszik eligazodni a táblázat felépítésében, az adatok elrendezésében.

- Főszakács: a megfelelő étkezések, menük és élelmiszerek összeállításáért felelős (lásd Űrlapok).

A feladat megoldásának szabályai:

- 1. kör: minden csoport a saját űrlapjába beírja a feladatait (15 perc), majd átadják a következő csoportnak.

- 2. kör: minden csoport megoldja a kapott feladatokat (15 perc), majd visszaadják a kitöltött űrlapot annak a csoportnak, amelyik összeállította a feladatot.

- 3. kör: minden csoport kijavítja a kapott megoldásokat (5 perc), majd visszaadja a javított űrlapot annak a csoportnak, amelyik megoldotta.

- 4. kör: minden csoport átnézi a kijavított, visszaadott feladatlapokat (5 perc).

- Frontálisan, közösen megbeszéljük a tanulságokat (5 perc).

Az alábbi űrlapok élelmiszerek tápanyag- és energiatartalmával kapcsolatos feladatokra vonatkoznak.

ŰRLAP I.

A feladatsort összeállító csoport tagjainak a neve	1. csoport:
A feladatsort megoldó csoport tagjainak a neve	2. csoport:

Utasítás **annak a csoportnak, amelyik összeállítja a feladatot:**

- Az 1. feladatban húzzátok alá, hogy reggelit vagy vacsorát állítotok-e össze. Ezután a megadott oszlopba írjátok be az általatok összeválogatott élelmiszerek nevét és mennyiségét. A megadott táblázatok segítenek az élelmiszerek válogatásában. 1 főre számítsátok ki a mennyiségeket!

- Külön lapon ti is végezzétek el mindkét feladat számításait, hogy a másik csoport által megadott eredményeket könnyen ellenőrizhessétek majd!

A feladat megoldásához használjátok az interneten megadott táblázatot (<http://tapanyagtablazat.med.unideb.hu/index.php?gid=0>) (utolsó letöltés: 2015. 04.19.)!

1. feladat: Számítsátok ki az alább megadott reggelinek/vacsorának az energiatartalmát! Az energiatartalomra vonatkozó mértékegységek átszámítása: 1 kcal = 4,2 kJ. (Figyelem! Az SI-mértékegység a kJ. A kcal régi mértékegység, amelynek a használatát lehetőleg kerülni kell.)

Az élelmiszer neve és mennyisége (1 főre)	Energiatartalma	
	kcal	kJ
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
ÖSSZESEN:		

2. feladat: Az első feladatban megadott élelmiszereknek vizsgáljátok meg a szénhidrát-, fehérje- és zsírtartalmát!

Az élelmiszer neve	Szénhidrát-tartalom (g)	Fehérje-tartalom (g)	Zsírtartalom (g)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
ÖSSZESEN:			

3. feladat: Az első két feladat adatai alapján válaszoljatok az alábbi kérdésekre!

Melyik élelmiszer tartalmazza a legtöbb szénhidrátot (az élelmiszer 100 grammjára vonatkoztatva)?

Melyik élelmiszer tartalmazza a legtöbb fehérjét (az élelmiszer 100 grammjára vonatkoztatva)?

Melyik élelmiszer tartalmazza a legtöbb zsírt (az élelmiszer 100 grammjára vonatkoztatva)?

Melyik élelmiszernek a legnagyobb az energiatartalma (az élelmiszer 100 grammjára vonatkoztatva)?

ŰRLAP II.

A feladatsort összeállító csoport tagjainak a neve	2. csoport:
A feladatsort megoldó csoport tagjainak a neve	3. csoport:

Utasítás **annak a csoportnak, amelyik összeállítja a feladatot:**

- A feladatban adjatok meg 10 különböző élelmiszert. A megadott táblázatok segítenek az élelmiszerek válogatásában.

- Külön lapon ti is végezzétek el az élelmiszerek rangsorolását, hogy a másik csoport által megadott eredményeket könnyen ellenőrizhessétek majd!

A feladat megoldásához használjátok az interneten megadott táblázatot (<http://tapanyagtablazat.med.unideb.hu/index.php?gid=0> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)!)

Feladat: A megadott élelmiszereket rangsoroljátok a szénhidrát-, fehérje- és zsírtartalom mennyisége szerint (az élelmiszer 100 g-jára vonatkoztatva)!

A megadott élelmiszerek
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.

A élelmiszerek rangsora szénhidráttartalom szerint	Az élelmiszerek rangsora fehérjetartalom szerint	Az élelmiszerek rangsora zsírtartalom szerint
1.	1.	1.
2.	2.	2.
3.	3.	3.
4.	4.	4.
5.	5.	5.
6.	6.	6.
7.	7.	7.
8.	8.	8.
9.	9.	9.
10.	10.	10.

ŰRLAP III.

A csoport tagjainak neve, akik az ételt leírják	3. csoport:
A csoport tagjainak neve, akik az étel energia- és tápanyagtartalmát megadják	1. csoport:

Utasítás **annak a csoportnak, amelyik összeállítja a feladatot:**

- Állítsatok össze egy ebédet, készítsetek hozzá vásárlási listát. A megadott táblázatba írjátok be az általatok összeválogatott élelmiszerek nevét és mennyiségét. A megadott táblázatok segítenek az élelmiszerek válogatásában. 4 főre számítsátok ki a mennyiségeket!
- Külön lapon ti is végezzétek el a számításokat, hogy a másik csoport által megadott eredményeket könnyen ellenőrizhessétek majd!

Az ebéd megnevezése:

A vásárlási lista:

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

A feladat megoldásához használjátok az interneten megadott táblázatot

(<http://tapanyagtablazat.med.unideb.hu/index.php?gid=0> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)!)

Az élelmiszer neve és mennyisége	energiatartalma (1 kcal = 4,2 kJ)		fehérjetartalma (g)	szénhidrát- tartalma (g)	zsírtartalma (g)
	kcal	kJ			
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

(Figyelem! Az SI-mértékegység a kJ. A kcal régi mértékegység, amelynek a használatát lehetőleg kerülni kell.)

12. példa. „Én kérdezem, te írod, ő mondja” szerepmegosztásos kooperatív csoportmunka⁶³

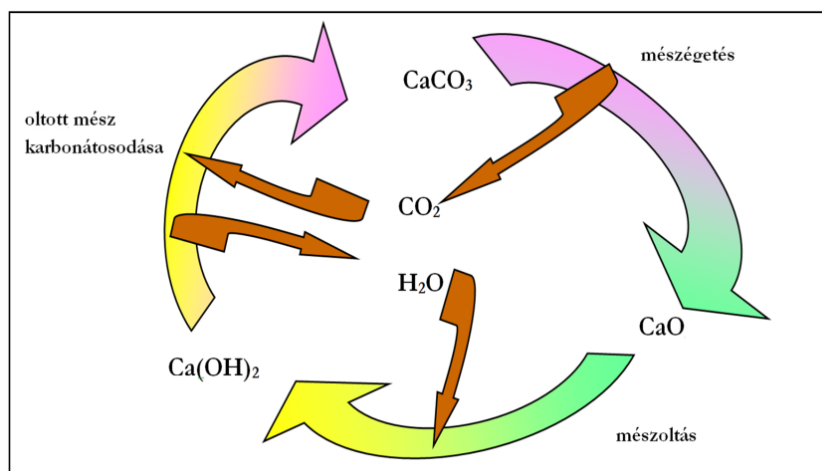
Minden csoport kap valamilyen szakmai anyagot (szöveget, ábrát, képet stb.), amit fel kell dolgozniuk egy megadott szempont alapján. A csoport tagjai között legyen egy, aki folyamatosan, logikai sorrendben kérdéseket fogalmaz meg (kérdőző); például: „Mosáskor miben oldódó szennyeződésekkel kell eltávolítani?”, „Milyen oldószerrel mosunk általában?”, „Mi a mosószer feladata?” stb. Legyen valaki a csoportban, akinek az a feladata, hogy szakszerűen leírja a folyamatot (lejegyző). Végül legyen egy csoporttag, aki majd hangosan, saját szavaival, szakszerűen elmondja (nem felolvasva!) a megbeszélte folyamatot (szónok). A csoport tagjainak osszuk ki előre a szerepkártyákat (amelyek jelölik a feladatokat).

13. példa. „A kép összeáll” korrektúrázott folyamatábra-elemzés kooperatív csoportmunkában

Csoportmunkában végezzük egy folyamatábra, körfolyamat elemzését. A négyfős csoportban legyen három tanuló, akik a folyamat egyes szakaszait jellemzik (elemzők), és egy tanuló, aki az elkészült szöveget javítja, ha szükséges (korrektor). A megadott körfolyamat egyes részleteit osszák fel a három elemző között. Ezután az első elemző a saját folyamatrészletét írja le szakszerűen, néhány mondatban egy üres papírlapra, majd hajtsa rá az írásra a lap felső részét úgy, hogy a következő elemző ne lássa az írást, de a saját szövegét az előző alá írhasse. Mindhárom elemző, a megfelelő sorrendben, írja le a papírra a körfolyamat megfelelő részletét, és mindig hajtsa egyet a papírlapon. A végén olvassák össze a szöveget, és a korrektorok javítsák ki az esetleges értelmetlenségeket a szövegben. Amíg az elemzők dolgoznak, addig a korrektorok tanulmányozhatják a teljes folyamatábrát, körfolyamatot. Bonyolultabb, többlépéses folyamatoknál több elemzővel lehet dolgozni.

Egy másik változat szerint három külön feladatlapon kapják meg az elemzők a saját feladatrészletüket. Minden elemzőnek összefüggő, szakszerű fogalmazást kell írnia a kapott ábra és grafikon alapján a folyamatról. A végén összeolvassák a szöveget, és a korrektorok kijavítják az esetleges értelmetlenségeket a szövegben. Nagyobb létszámú csoportban az elemzők is lehetnek többen. Az elkészült teljes, kijavított szöveget olvassák fel a csoportok (ha túl sok csoport van, akkor csak egy csoport olvassa fel, a többi kitűzheti egy faliújságra, hogy később mindenki elolvashassa).

Feladatlap: Az építőiparban használt kalciumvegyületek áttekintése



²⁸ Balázs K.: Életpálya-építés – Ember a természetben-kémia programcsomag, SuliNova, 8. évfolyam számára tantárgyi modul, HEFOP 3.1.1-K-2004-08-0001/1.0

Feladat:

Az ábrán lévő körfolyamatot a CaCO_3 -tól elindulva osszátok fel három szakaszra a csoport három tagja között, ők lesznek az elemzők. Az első elemző a saját folyamatrészletét írja le szakszerűen, néhány mondatban egy üres papírlapra, majd hajtja rá az írásra a lap felső részét úgy, hogy a következő elemző az írást ne lássa, de a saját szövegét az előző alá írhasa. Mindhárom elemző, a megfelelő sorrendben, írja le a papírra a körfolyamat megfelelő részletét, és mindig hajtson egyet a papírlapon. A csoport negyedik tagja a korrektor, hajtja szét a papírlapot, olvassa össze az elkészült szöveget, és javítsa ki az esetleges értelmetlenségeket a szövegben!

Szabályok:

- a csoporttagok nem beszélhetnek egymással a feladat elvégzése során;
- az a csoporttag, aki éppen nem a feladatot végzi, tanulmányozhatja a folyamatábrát, illetve utána nézhet különböző kiegészítő ismereteknek az interneten.

14. példa. A magyarázatevolúciós módszer leírása és alkalmazásának néhány lehetősége az általános iskolai és középiskolai kémia tanítás során⁶⁴

A magyarázatevolúció nagy tanulói aktivitást igénylő és azt kiváltó munkaforma. Tömör lényege: a tanulóknak először egyénileg, majd egyre szélesedő együttműködésben kell magyarázatot találniuk egy jelenségre. Hasonló módszert a magyar nyelvű szakirodalom „hógolyó”⁶⁵ módszerként, az angol nyelvű pedig „Think-pair-share (1-2-4-All)”⁶⁶ módszerként említi, illetve ír le. (A „magyarázatevolúció” név indoklására a később bemutatásra kerülő konkrét példánál térünk ki.)

A tanár által bemutatott jelenség lejátszódása közben a diákoknak rendszerszerű megfigyelést kell végezniük. Eközben a magyarázat szempontjából lényeges és lényegtelen momentumok elválasztásával fejlődik a megfigyelőképességük. A magyarázat megtalálásához mozgósítaniuk kell a már meglévő természettudományos műveltségüket a korábban tanult ismeretek előhívásával. A módszer alkalmazása gyakoroltatja a tudományos tényeken alapuló érvelés, az adatgyűjtés és -feldolgozás, a következtetés, a bizonyítás, a cáfolás és modellalkotás készségrendszerét. A tanulók együttműködési, kommunikációs és vitakészsége is fejlődik az egyéni, páros majd egyre nagyobb létszámú csoportokban végzett munkájuk során.⁶⁷

Egy magyarázatevolúció lebonyolításának lépései 32 fős osztálylétszám esetén:

- a) A tanítási óra első felében a tanár elvégez egy bemutató kísérletet vagy kísérletsort. Előtte kéri a diákokat, hogy nagyon figyeljék meg az anyagokat, eljárásokat és változásokat. Külön felhívja a figyelmüket arra, hogy egy néma kísérletet fognak látni, azaz ő a kísérlet elvégzése közben nem fog magyarázni, a felhasznált vegyszerek a nevük alapján nem lesznek azonosíthatók (vagy legalábbis nem mindegyik vegyszerről lehet majd tudni, hogy mi az), s a diákok sem tehetnek fel kérdéseket.
- b) A kísérlet megtekintése után a tanulóknak egyénileg kell minél teljesebb magyarázatot adni a látottakra, s azt a nevükkel együtt leírni a kiosztott lapokra. Erre a bemutatott jelenség bonyolultságától függően biztosít időt a pedagógus.
- c) Az előre megadott idő letelte után párokat jelöl ki a tanár (praktikusan a padtársakat), és páros feladatlapokat oszt ki, melyeken az előzővel egyező a feladat. Ekkor a diákok ismertetik párjukkal a korábban kialakított saját magyarázatukat, majd egy közös álláspontot kell kialakítaniuk és megfogalmazniuk a páros feladatlapra.

⁶⁴ Szerző: Labancz István

⁶⁵ <http://ovodaivilag.hupont.hu/32/kooperativ-modszerek>, (utolsó letöltés: 2015. 05. 07.)

⁶⁶ Eilks, I., Prins, G. T., Lazarowitz, R. (2013): How to organise the chemistry classroom in a student-active mode, *in*: Teaching Chemistry – A study book (eds.: Eilks, I., Hofstein, A.), 197-199, Sense Publishers, Rotterdam, the Netherlands

⁶⁷ Erre a módszerre a Labancz I.: „Magyarázatevolúció a szén-dioxid előállítására és lúgban való oldódására” című óratervében látható konkrét példa. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezettan oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

- d) Miután letelt a páros magyarázatok kialakítására szánt idő a tanár összeszedi az egyéni magyarázatok névvel ellátott feladatlapokat, majd négyfős csoportokat jelöl ki, újabb közös álláspont megfogalmazására. A csoportok új feladatlapot kapnak. A tanulók egymás felé fordulva ismertetik álláspontjaikat, ütköztetik véleményüket, érveket és ellenérveket sorolnak fel, majd az akkor már náluk lévő „négyfős” feladatlapra leírják a látott kísérlet általuk helyesnek vélt magyarázatát.
- e) A négyfős magyarázatok kialakulása után a pedagógus összeszedi a páros magyarázatok nevekkkel ellátott feladatlapjait, majd „nyolcfős” csoportokat jelöl ki, újabb közös álláspont megfogalmazására. A csoportok új feladatlapot kapnak. A tanulók egymás felé fordulva ismertetik álláspontjaikat, ütköztetik véleményüket, érveket és ellenérveket sorolnak, majd az akkor már náluk lévő „nyolcfős” feladatlapra leírják a látott kísérlet általuk helyesnek vélt magyarázatát.
- f) A pedagógus összeszedi a négyfős magyarázatok feladatlapjait, és megkéri a nyolcfős csoportokat, hogy válasszanak maguk közül egy-egy képviselőt. Ők egyesével ismertetik a magyarázatot, melyet saját csoportjuk adott a látott jelenségre. Érdekes úgy szervezni az órának ezt a részét, hogy a csoportképviselők, amíg nem mondták el saját csoportjuk álláspontját, ne hallják a többiek magyarázatát.
- g) A magyarázatok elhangzása után azok értékelése történik frontális osztálymunkában. Majd összegyűjtik a nyolcfős magyarázatok feladatlapjait is.

A következő ábrán egy magyarázatevolúciós tanítási óra vázlata látható 32 fős osztálylétszám esetén. A fent leírtakból és az ábrából is kitűnik, hogy a tanárnak nagyon határozottan kéznél kell tartania az óra szervezését, ugyanakkor ő maga végig facilitátor szerepben marad. (Az óra lebonyolításának konkrét tervezésénél a pedagógusnak figyelembe kell vennie a csoport aktuális, hiányzókkal korrigált létszámát. Amennyiben ez nem 8 valamely többszöröse, akkor már a magyarázatok második szintjén érdemes párok helyett 3 fős csoportokat kialakítani, vagy később nem két, hanem három párt egymás mellé sorolni.)

Az alábbiakban látható az óraszervezés magyarázatevolúcióval egy 32 fős osztály esetében.

Problémafelvető demonstrációs kísérlet.

Egyéni feladatlapok kiosztása.

[illegible]

Egyéni
magyarázat.

Páros feladatlapok kiosztása.

[illegible]

Páros
magyarázat.

Egyéni feladatlapok összeszedése, négyfős feladatlapok kiosztása.

Négyfős
magyarázat.

Páros feladatlapok összeszedése, nyolcfős feladatlapok kiosztása.

Nyolcfős
magyarázat.

Négyfős feladatlapok összeszedése, csoportképviselők kiválasztása.

7

Csoportmagyarázatok	ismertetése.

7

9

Nyolcfős feladatlapok összeszedése.

A csoportmagyarázatok frontális értékelése.

A módszer ismertetése egy konkrét eseten keresztül

Egy 14 fős, 7. osztályos biológia-kémia tagozatos csoportban próbáltuk ki először a magyarázatevolúció módszerének alábbiakban ismertetett kémiaórai alkalmazását. A tanulók, akkor már túl voltak a Kémiai alapismeretek témakör első felén. Korábban tanulókísérleti órákon ők maguk is állítottak elő különböző gázokat (szén-dioxidot, hidrogént, oxigént), elvégezték a cukor hőbontását. Tisztában voltak a fizikai és kémiai változás, exoterm és endoterm változás, egyesülés és bomlás fogalompárok, ismerték az égés, a halmazállapotok és halmazállapot-változások jellemzőit. Ezeken az alapokon végeztünk velük először magyarázatevolúciót.

Kísérletleírás

Egy befőttes üveg felfordított kupakjára kvarchomokot szórtunk, majd ezt átitattuk alkohollal és ráhelyeztünk egy cukorból és szódabikarbónából készített tablettát. Az alkohol meggyújtása után a tablettá színe szürkére-feketere vált, térfogata sokszorosára növekedett, hosszú kígyószerű alakot vett fel. A változás befejeződésével a létrejött formát széttörve, szétmorzsolva, láthattuk annak szivacsos belső szerkezetét.

Magyarázat

Az alkohol égése során keletkező hő a tablettában lévő cukrot megolvasztotta, karamellizálta, és végül megtörtént a cukor hőbomlása is, a szódabikarbónához hasonlóan. A folyamat során keletkező gáz halmazállapotú anyagok (szén-dioxid és vízgőz) szivacsos szerkezetűvé alakították az olvadó cukrot, s ennek eredményeként jelentős térfogat-növekedés volt megfigyelhető. A cukor hőbontása során keletkező szénre a visszamaradó anyag sötét színe utalt.

A tanulók a kísérlet elvégzése során az alábbi információkat és instrukciókat kapták:

- „Kérlek benneteket, hogy csöndben, megjegyzések nélkül nézzétek végig a következő kísérletet.
- A befőttesüveg felfordított kupakjára kvarchomokot szórok, majd azt átitatom alkohollal. Erre a homokra egy számotokra ismeretlen anyagból készült tablettát helyezek, és az alkoholt meggyújtom.
- Figyeljétek meg a jelenséget!
- Próbáljátok meg kitalálni, hogy milyen anyagból lehetett a tablettá!
- Próbáljátok meg minél teljesebb magyarázatot adni a megfigyelt változásokra!”

Fontos a módszer alkalmazása során, hogy az elvégzett kísérletben legyen valami olyan változás, ami meglepetést okoz a diákoknak, és ezzel felkelti természetes, még gyermeki érdeklődését. Így érhető el, hogy tényleg keresse a jelenség magyarázatát.

Módszer

- A kísérlet elvégzése után a tanulók leültek és egyenként, írásban próbálták megmagyarázni a látottakat.
- Ezt követően párokba rendeztük őket és így kellett egy közös álláspontra jutniuk, s ezt a közös álláspontot írták le. (Ezután összeszedtük a nevekkkel/monogramokkal ellátott egyéni magyarázatokat tartalmazó lapokat.)
- Majd a 14 fős csoportlétszám miatt két négyfős és egy hatfős csoportot alakítottunk ki és így kellett egymás meghallgatásával, meggyőzésével kialakítaniuk a csoport közös álláspontját. (Ezután összeszedtük a nevekkkel/monogramokkal ellátott páros magyarázatokat tartalmazó lapokat.)
- Ebben a tanulócsoportban nem volt szükség arra, hogy a négy-, illetve hatfős csoportok egymással versengve adjanak magyarázatot a látott jelenségre. Sokkal fontosabbnak éreztük, hogy az egész tanulócsoport egy közös álláspontot alakítson ki. Érdekes pillanata volt a közös munkának ez a pontja. A tanulók körbe ültek és megkérték a szaktanárt, hogy hagyja el a termet, amíg ők tanácskoznak. Majd, amikor kialakult a közös álláspont, visszahívták a szaktanárt és az addigra kiválasztott szószóló ismertette a tanulócsoport magyarázatát a látott jelenségre.

A 3. táblázatban végigkövethető, hogy az „evolúció” során, milyen ötletek jelentek meg, s az egyes magyarázatok hogyan haltak el vagy haladtak tovább az egyes szinteken. (A monogramok a válaszokat adó tanulók neveit helyettesítik.)

3. táblázat. A „fekete kígyó” kísérletre alapozott magyarázatevolúciós feladat kipróbálása során a tanulók által leírt magyarázatok

BB Az a fehér tabletta valami olyan anyagot tartalmazott, amely a hő hatására kitágult és szivacsos szerkezetű lett, és közben szénné égett el.	BB – HK A tablettában lévő anyag hő hatására kitágul és szivacsos szerkezetű lesz.	BB – HK – LA – TZ A tablettában lévő anyag térfogata hő hatására megnő és oxidálódik. A tabletta tartalmazhat cukrot, ami a tűztől megszenesedik vagy lehetett olyan anyag, amitől nőtt és buborékosodott, szódabikarbóna. Lehetett még gipsz.	BB – HK – LA – TZ – KE – HG – VA – DD – CSK – TL – RÁ – HM – SK – GO A tablettában lévő anyag térfogata a hő hatására megnőtt. A tabletta összetett anyag. Talán cukorból és szódabikarbónából áll, amitől megnőtt. A cukorból pedig a hő hatására szén keletkezett. A tabletta alakját vette át.
HK Az alkohol elkezdett égni. A tabletta is meggyulladt és elkezdett nőni és a végén szénné alakult. A homok addig égett, amíg el nem égett.			
LA Szerintem volt benne cukor, ami égéskor szénné változik. A homokot nem tudom, miért kellett, biztos volt valami jelentősége, és a tablettában is volt még valami anyag, amitől nőtt. Lehet, mondjuk szódabikarbóna, ami buborékosította a végeredményt.			
TZ Egy olyan anyag lett egy kis tablettába összetömörítve, ami hő hatására megnő, nagyobb lesz a térfogata és oxidálódik, vagyis szénné alakul eközben.	LA – TZ A homok alkohollal feloldozva és felgyújtva hőt táplál. A tabletta olyan anyagot tartalmaz, aminek hő hatására térfogata nő és oxidálódik. A tabletta tartalmazhat cukrot, ami a tűztől megszenesedett és lehetett, amitől nőtt és buborékosodott, szódabikarbóna. Zalán szerint lehet gipsz.		
KE Szerintem a tabletta szenet és vizet is tartalmazott. A melegítés hatására a víz elkezdett párologni.		KE – HG Volt a tablettában szén meg víz. Mivel a tabletta a homokon volt és csak a homokra öntött alkohol lett meggyújtva a tabletta felmelegedett és a víztartalma elpárolgott. A többi már varázslat.	
HG Szerintem úgy, hogy a tanár úr a szürke Gandalf. De mivel ez nem valószínű, foglalmam sincs.			
VA A homokba öntött alkohol égni kezd és égeti a tablettát. Ettől a tablettának szivacsos szerkezete lesz, vagyis lyukak lesznek a tablettában.	VA – DD A homokba öntött alkohol égni kezd. Ettől a hőtől megnőtt a térfogata, szivacsos szerkezete lett.	KE – HG – VA – DD Tanár úr szavaiból arra következtetünk, hogy a tabletta összetett anyag. Szerintünk van benne aktív szén, mész és víz. A tabletta nem közvetlenül égett, csak felmelegedett. Csak az alkohol égett.	

DD A tabletta térfogata a magas hő hatására megnőtt.			
CSK A tablettából hő hatására szén vált ki.	CSK – TL Az alkohol égése miatti hőtől a tablettából szén vált ki.	CSK – TL – RÁ – HM – SK – GO A tűz hatására a részecskék kitágultak. A hő hatására a tabletta térfogata megnőtt. Ahogy tűzzel érintkezett megégett. Szénné vált. A tabletta alakját vette át.	
TL A melegtől megnőtt a tabletta, de közben meg is égett és szén lett belőle.			
RÁ A tabletta a hő hatására elkezdett égni, ami szénné alakult át. Mire a tabletta teljesen elfogyott, egy egész hosszú széncsíkot kaptunk.	RÁ – HM A tabletta felszívta az alkoholt és ettől elkezdett égni. Hő hatására a tabletta térfogata megnőtt. Szénné alakult át.		
HM Szerintem a tabletta felszívta az alkoholt és így elkezdett égni, hő hatására a tabletta térfogata megnőtt.			
SK A részecskék kit...	SK – GO Szerintünk a részecskék az alkohol és a tűz hatására kitágultak és ahogy a tűzzel érintkezett, megégett. Az alakja pedig azért lett ilyen, mert a tablettának ilyen alakja volt. Ahogy megégett szénné vált. TÁDÁ!!!!:)		
GO Szerintem a tablettában a részecskék valahogyan megnőttek az alkohol hatására, ahogy tűzzel érintkezett és megégett és ezért lett a végén szén. Az alakja pedig a tabletta alakját vette fel.			

A 3. táblázat ad magyarázatot a módszer elnevezésére. Látható, hogy a jelenség megtekintése után megjelennek különböző magyarázatok. Ezek a különböző szinteken egymással versengve vagy egymást támogatva elhalhatnak vagy erősödhetnek. Végül – ha sikerül a csoport aktuális tudásához illő feladatot adni –, akkor a szelekciós folyamat után megszületik a helyes magyarázata a látott jelenségnek.

Pedagógiai szempontból érdemes és hasznos végigkövetni a 3. táblázatban a magyarázat evolúcióját. Amellett, hogy információkat szerezhethetünk tanulóink tévképzeteiről, rosszul használt fogalmairól (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái), szinte tudománytörténeti kalandozást is tehetünk. Ahogyan az emberiség végigjárta az anyag megismerésének, a kémiai ismeretek fejlődésének útját, úgy ezt az utat végigjárja minden egyes leendő vegyész, gyógyszerész és orvos is. Tudásuk, a világról alkotott képzeik egy-egy pillanatképében jelen lehetnek korábbi idők igaznak vélt tudáselemei, modelljei.

HK azt mondja, hogy „A homok addig égett”.

KE a XIX. század elejére visz el bennünket azzal, hogy „felfedezi” a szénhidrátok összetételét: „Szerintem a tabletta szenet és vizet is tartalmazott.” (Vö. „A szerves anyagok elemzési módszerei fokozatosan finomodtak, de már kezdetben is hozzájárultak ahhoz, hogy bővítsék a szerves vegyületekkel kapcsolatos ismereteket. Így például égetési módszerrel határozta meg 1815-ben

Gay-Lussac a különböző cukrok és a keményítő összetételét, és azt tapasztalta, hogy a vegyületekben a szénhez kötött hidrogén és oxigén aránya ugyanolyan, mint a vízben.”⁶⁸)

Látható, hogy nem pontos GO részecske-, ill. anyagfogalma: „Szerintem a tablettában a részecskék valahogyan megnőttek az alkohol hatására, ahogy tűzzel érintkezett és megégett”, viszont rendkívül erős a temperamentuma. Hiszen három szinten végig tudta vinni, s csak a legutolsó szinten szelektálódott ki „a részecskék valahogyan megnőttek” magyarázat.

HG viszonylag nehezen „melegedett rá” a feladatra: „Szerintem úgy, hogy a tanár úr a szürke Gandalf. De mivel ez nem valószínű, fogalmam sincs.” Komolytalansága még megjelenik a második szinten is: „A többi már varázslat.” De a harmadik szintre már „kihal” ez a hozzáállás.

A magyarázat keresésénél néhány tanuló lehetőséget kért arra, hogy közelebből megnézhessen, megfoghasson egy olyan tablettát, amivel a kísérletet elvégeztük. Többen külön dicséretben és gyakorlati jeles érdemjegyben részesültek azért, mert a számukra ismeretlen anyag megfogása után rögtön kezét mostak.

Ha a rendelkezésünkre álló idő és csoportklíma megengedi, ha bizalmi légkör van a csoporton belül a diákok között, ha a tanár már megtanította diákjainak, hogy a hiba csak lehetőség az újabb tanulásra, akkor nagyon tanulságos egy ilyen táblázatot a diákokkal együtt végignézni. Ilyenkor egy frontális beszélgetés során pontosítani lehet a fogalmakat, s meg lehet teremteni azt a légkört, hogy a diákok egymást segítve, egymásnak magyarázva tárják fel magyarázataik hiányosságait. Egy ilyen feldolgozás során tudatosítani lehet a diákokban a kooperatív csoportmunka alapvető jelentőségét, miszerint a csoport tudása több, mint a csoport tagjai tudásának összege.

A 4. táblázat (lásd a következő oldalon) ötleteket ad arra, mely évfolyamokon és témakörökben, milyen kísérletek lehetnek alkalmasak a magyarázatevolúcióra. (A táblázat szabadon bővíthető.)

Megjegyzések

A „Kén olvasztása, amorf kén előállítása” kísérlet tapasztalatainak részecskeszintű magyarázata, igen nehéz feladat, ha azzal még nem találkoztak a tanulók. Egy motivált, jó képességű csoporttal mégis érdemes lehet kipróbálni, mert a pedagógus számára is érdekes, a diákok (tév)képzeteit jól feltérképező magyarázatok születhetnek.

A szökőkút-kísérleteket be lehet úgy is mutatni, hogy gázfejlesztő készülékben egy szilárd anyag és egy folyadék reakciójával állítjuk elő az ammóniát vagy a hidrogén-kloridot. Ez esetben a teljes magyarázathoz elvárható, hogy az tartalmazza a szükséges anyagok nevét, képletét és a lejátszódó reakciót is. A két gáz valamelyikének előállítása történhet a sósav vagy szalmiákszesz lombikban történő melegítésével is. Ez esetben a teljes magyarázathoz elvárható, hogy az tartalmazza a gázok oldhatóságának hőmérsékletfüggését.

A „Fehérfoszfor és vörösfoszfor gyulladási hőmérsékletének összehasonlítása, majd a képződő foszfor(V)-oxid kémhatásának kimutatása” kísérletnél érdemes a foszfor fölé tölcserő helyezni. A keletkező foszfor(V)-oxid lerakódik annak falára. Ha ebbe a tölcserőbe univerzális indikátor oldattal megfestett vizet öntünk, akkor mire a víz a szedő edénybe folyik, a színe vörösre fog változni.

A „Szén-dioxid előállítása és oldása lúgban és vízben” kísérletnél gázfejlesztő készülékben mészkő és sósav reakciójában szén-dioxidot állítunk elő, majd azt felfogjuk két üres ásványvizes flakonban. Az egyik flakonba vizet, a másikba azonos mennyiségű nátrium-hidroxid-oldatot öntünk, és lezárjuk azokat. A flakonok rövid ideig tartó rázása után a lúgot is tartalmazó flakon

⁶⁸ Dr. Balázs L. (1991): A kémia története, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 415.

jelentősen behorpad/összeroppan, míg a másik nem vagy alig (részletesebben lásd⁶⁹) A feladat nehezebbé tehető, ha egy harmadik flakont is megtöltünk szén-dioxiddal, és a harmadik flakonba sósavat öntünk. Várhatóan ez a flakon nem fog behorpadni.

4. táblázat. Magyarázatevolúciós feladatok megfogalmazására alkalmas kísérletek és a témakörök, amelyekhez kapcsolódóan a feladatok elvégezthetők

Évfolyam	Témakör	A kísérlet rövid leírása
7. évfolyam	A „Részecskék, halmazok, változások, keverékek” témakör végén	Szódabikarbóna és szőlőcukor keverékének hőbontása az alkohol égése során keletkezett hő segítségével. ⁷⁰
7. évfolyam vagy 9. évfolyam	„Részecskék, halmazok, változások, keverékek” vagy „Anyagi rendszerek”	Alumínium üdítő doboz összeroppantása a hirtelen lehűlő vízgőz kondenzációja során kialakuló nyomáskülönbség segítségével. ⁷¹
9. évfolyam	„Nemfémek kémiai tulajdonságai”	Kén olvasztása, amorf kén előállítása. ⁷²
9. vagy 10. évfolyam	„Nemfémek kémiai tulajdonságai”	Szökőkút-kísérlet hidrogén-kloriddal vagy ammóniával. ⁷³
10. évfolyam	„Nemfémek kémiai tulajdonságai”	Fehérfoszfor és vörösfoszfor gyulladási hőmérsékletének összehasonlítása ⁷⁴ , majd a képződő foszfor(V)-oxid kémhatásának kimutatása. ⁷⁵
10. évfolyam	„Nemfémek kémiai tulajdonságai”	Szén-dioxid előállítása és oldása lúgban és vízben (esetleg savban is)
9. évfolyam vagy 11. évfolyam	„Elektrokémia”	Univerzális indikátoroldattal színezett nátrium-szulfát-oldat elektrolízise vízbontó készülékben.
11. évfolyam	„Elektrokémia”	Két ólomakkumulátor (egy feltöltött és egy lemerült) savtartalmának összehasonlítása akkusavmérővel.
10. évfolyam	„Szénhidrogének” vagy „Oxigéntartalmú szerves vegyületek”	Acetilén előállítása kalcium-karbidból, majd a gáz oldása acetonban. ⁷⁶

Az „Univerzális indikátoroldattal színezett nátrium-szulfát-oldat elektrolízise vízbontó készülékben” kísérletet hagyományos Hoffman-féle vízbontó készülékkel végezzük, de megvalósítható két grafitbetétes töltőceruzából és egy 9 V-os galvánelemből összeszerelt kisebb elektrolizáló készülékben vagy csoportos tanulókísérletként, csempén elvégezve is (részletesebben lásd IV. *Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok*). A nátrium-szulfát vizes oldatában az univerzális indikátor oldata zöld színű lesz. Az elektrolízis elindítása után rövidesen a katód fölötti csőben az indikátor színe kék lesz az oldat pH-jának növekedése miatt, az anód fölötti csőben az indikátor színe vörös lesz az oldat pH-jának csökkenése miatt. (Ennek a kísérletnek a magyarázatevolúciója

⁶⁹ Labancz I.: „Magyarázatevolúció a szén-dioxid előállítására és lúgban való oldódására” című óratervében látható konkrét példa. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezettan oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

⁷⁰ http://szertar.blog.hu/2008/10/29/feher_tabletta_fekete_kigyo, (utolsó letöltés: 2014. 10. 14.)

⁷¹ <http://szertar.blog.hu/2008/06/11/vakuumsor>, (utolsó letöltés: 2014. 10. 14.)

⁷² Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Budapest, 329-330.

⁷³ Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Budapest, 296-297., 358-359.

⁷⁴ Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Budapest, 380.

⁷⁵ Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Budapest, 386-387.

⁷⁶ Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Budapest, 488-489.

jó képességű, tagozatos 9. osztályosok, vagy emelt szintű érettségire készülő csoportok számára ajánlott.)

A „Két ólomakkumulátor (egy feltöltött és egy lemerült) savtartalmának összehasonlítása akkusavmérővel” kísérlet a hétköznapi életből vett műszaki alkalmazás. (A jelenleg elterjedt zselés akkumulátorok persze már nem ezen az elven működnek.) Alapja, hogy az ólomakkumulátorban a kénsav kiindulási koncentrációja a kisütés közben csökken, töltés közben pedig növekszik, és a kénsavoldat sűrűsége jelentősen függ a töménységétől. Az akkumulátorok töltöttségének ellenőrzésére használt akkusavmérő egy olyan areométer, mely egy gumilabdás üvegcső pipettában helyezkedik el. Ebbe az üvegcsőbe a cellából a sav közvetlenül felszívható a gumilabda segítségével, és a sűrűségmérő jelzi az kénsav sűrűségén keresztül annak töménységét, s ez utal az akkumulátor töltöttségére. Az akkusavmérő néhány száz forintért beszerezhető a járműalkatrészboltokban. A kísérlet magyarázata – annak bonyolultsága miatt – csak az emelt szintű érettségi előtt lehet elvárás. (Megjegyzés: A fenti akkusavmérő helyett ma már egyszerű Abbe-féle törésmutató-mérő, azaz refraktométer kapható, például a benzinkutaknál).

A magyarázatevolúció módszerének alkalmazása során több kísérlet esetében is kézenfekvő, hogy a pedagógus felhívja a diákok figyelmét a vegyszercímkézés fontosságára. Mivel a módszer időigénye elég nagy, ezért a tantervi órakeretben ritkán alkalmazható. A fent említett „Szén-dioxid előállítása és oldása lúgban és vízben” kísérlet bemutatása és magyarázata 8 fős csoportokig, majd a 4 magyarázat ismertetése, jól előkészített dinamikus óraszervezéssel belefér 45 percbe. A magyarázatok kiértékelése viszont már a következő óra feladata. Ebben az esetben házi feladatnak adható a további gondolkodás a kísérleten, s ezzel lehet indítani a következő órát. A kísérlet kiválasztásakor fontos, hogy a magyarázatához szükséges fogalmi megalapozottsággal már rendelkezzenek a diákok, de még legyen benne új jelenség, ami a felfedeztető tanulást igényli. Egy nagyobb témakör összefoglaló, gyakorló óráján is jól alkalmazható a magyarázatevolúció, amikor az adott témakör ismeretanyagát kell mozgósítani a magyarázathoz. Amennyiben nem állnak rendelkezésre eszközök és vegyszerek a kísérlet bemutatására, de lehetőség van a teremben vetítésre, akkor az internetről letöltött, megfelelően kiválasztott, feliratok és magyarázatok nélküli, néhány perces kísérletfelvételek is alkalmasak problémafelvetésre.

2.6. A projekt módszer⁷⁷

A projekt módszer alkalmazásakor olyan komplex feladatokat végeznek a tanulók, amelyeknek a középpontjában egy gyakorlati természetű probléma áll. A témát a tanulók széles körű, történeti, technikai, gazdasági összefüggésében dolgozzák fel, így a módszer alkalmazása a hagyományos iskolai tantárgyi rendszer fellazítását igényli. Sokszor tanórán kívüli oktatás keretében, egy témahéten valósítják meg az iskolai oktatásban. A tanulók érdeklődésére, a tanárok és a diákok közös tevékenységére építő módszer. A pedagógiai projekt közvetlen célja, hogy a tanulók a projektben meghatározott végeredményt (produktumot) létrehozzák. Tekintettel azonban arra, hogy a projekt a téma meghatározásától a végeredmény prezentálásáig nevelési céloknak alárendelt, fontos cél a tevékenység eredményeként megvalósuló nevelési folyamat során történő ismeretszerzés és képességfejlesztés, attitűdváltozás is. A pedagógiai projekt tartalma egy adott tanuló, vagy tanulócsoport érdeklődésének megfelelő, ezért a projektet fontosnak tartják, szívesen csinálják, újdonságértéke számukra nagy, de tulajdonképpen csak a számukra. A pedagógiai projektek nem feltétlenül innovatívak, nem szükséges valami újszerűt tartalmazniuk. Olykor persze előfordulhat a két dimenzió „összecsiszása”, például a jól átgondolt és megtervezett kutatásalapú tanulás során (részletesebben lásd *V. A gondolkodási képességek fejlesztése*).

A projekt megvalósítása önálló egyéni munkán és/vagy páron és/vagy csoporton belüli munkamegosztáson alapulhat (az egyéni vagy kooperativitáson alapuló önálló tanulás gyakorlása

⁷⁷ M. Nádasi M. (2010): A projektoktatás elmélete és gyakorlata, Génusz Könyvek, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége, http://genuszportal.hu/sites/default/files/06_kotet_net.pdf, (utolsó letöltés: 2015. 04. 07.)

maga is cél). A projekt eredménye nem feltétlenül felel meg részleteiben a tevékenység elején megfogalmazott elképzeléseknek. Másrészt az eredmény sokkal több, mint ami a prezentációban megjelenik. Emellett ugyanis minden olyan (azonnali vagy távlati) változás eredménynek számít, amely a tanulók tudásában, képességeiben, attitűdjeiben, magatartásában a projektmunka eredményeként végbe ment. Az irányításban a projekt tervezésétől a befejezéséig a meghatározó szerep és felelősség a „projektgazdái”, az erre vállalkozó pedagógusé, pedagóguscsoporté. A projekt megoldása pedagógiai szempontoknak alárendelt. A projekt lezárásaként szerepeljen az értékelés is, melynek során legyen alkalmuk a diákoknak önértékelésre, például a csoporton belüli saját szerepekre reflektálva.

A projektoktatás kritériumai a következők:

- a kiindulópont a tanulók problémafelvető kérdése legyen, a tervezés közösen történjék;
- a projekt megoldása a tevékenységen keresztül kapcsolódjon a valóságos helyzetekhez;
- adjon módot egyéni munkára;
- adjon módot csoportmunkára;
- kidolgozása összefüggő lépésekből álljon és hosszabb időtartamra nyúljon el;
- interdiszciplinaritás és komplexitás jellemezze;
- a tanulók önállóan döntsenek, és legyenek felelősek saját döntéseikért;
- a pedagógus vonuljon vissza szervező, tanácsadó szerepkörbe;
- a tanulók közötti kapcsolatok kommunikatívak legyenek.

A fentieket mérlegelve a projektoktatás következő értelmezése ajánlható: valamely komplex téma olyan feldolgozása, amelynek során a téma meghatározása, a munkamenet megtervezése és megszervezése, a témával való foglalkozás, a munka eredményeinek létrehozása és bemutatása a tanulók valódi (egyéni, páros, csoportos) önálló tevékenységén alapul. A pedagógus feladata a diákok önállóságának helyt adni, ezt az önállóságot facilitátorként, szupervizorként, tanácsadóként segíteni. A projektorientált oktatásnak tekinthetjük, ha a pedagógus határozza meg a témát, de a feldolgozás már a projektoktatásra jellemző módon zajlik; és azt is, ha a diákok által felvetett téma kidolgozásában, a munka megszervezésében a pedagógus erőteljesebben kénytelen részt venni stb.

A pedagógiai projekt fő szakaszai:

- a projekt gondolatának érlelése,
- a projekt indítása: a projekt definiálása, a projekt megtervezése,
- a projekt végrehajtása,
- a projekt lezárása: a prezentáció, az értékelés.

A projektmunka időtartama és résztvevőinek száma igen változatos lehet, és természetesen nem kell egyetlen osztályra korlátozódnia. Megvalósítható úgy, hogy valamely témát (pl. a víz világnapja kapcsán a víz szerkezete, tulajdonságai, előfordulása, jelentősége és felhasználása) a tanár által tanított, különböző korcsoportokba tartozó osztályok dolgoznak fel (mindenki olyan altémát, amelyet a saját előzetes tudása lehetővé tesz)⁷⁸. Másrészt a körülbelül azonos előképzettséggel rendelkező osztályok számára (pl. egy iskolánap alkalmából) szervezett csapatvetélkedő „beugrója” is lehet egy projektmunka, amelynek során a benevező diákcsoportok azonos témát (pl. molekuláris gasztronómia) dolgoznak föl és a zsűri által legjobb minőségűnek ítélt produktumokat készítőik kaphatnak meghívást a vetélkedőre.⁷⁹ Léteznek olyan versenyek is (mint például az Osztrák Kémia tanárok Egyesülete által évente meghirdetett projektverseny⁸⁰), amelyeken a diákok csoportjai által megvalósított projektek termékeit és a megvalósítás módját vetik össze.

⁷⁸ Tőkéné Czvitkovics Sz. (2010): „A víz témakörének feldolgozása különböző korcsoportokban integrált természettudományos szemléletű projekt módszer alkalmazásával” szakdolgozat, ELTE, Kémiai Intézet, témavezető: Dr. Szalay L.

⁷⁹ Moharos S. (2012) „A molekuláris gasztronómia elveinek és gyakorlatának felhasználhatósága a közoktatási kémia tanításban” szakdolgozat, ELTE, Kémiai Intézet, témavezető: Dr. Szalay L.

⁸⁰ <http://www.kemtan.mke.org.hu/component/content/article/24-a-kemiatanitas-szemponthabol-fontos-versenyek-honlapjai.html> (utolsó letöltés: 2015. 08. 18.)

A projekt kidolgozásának lépései⁸¹

- Csoporttémák megbeszélése, kiválasztása.
- Altémák kiválasztása, kiosztása (tanári irányítással, vagy csoportkonszenzussal).
- Felelős szerepek kiosztása, például a következők szerint:
 - Korrektor: a csoportmunka nyelvi helyességéért, stilisztikájáért felel.
 - Időfigyelő: a projekt kidolgozásának határidejéért és a részdíjak betartásáért felel.
 - Feladatfelelős: a csoporton belüli jó feladatvégzésért, belső kommunikációért felel.
 - Szóvivő: beszámol a csoport munkájáról, bemutatja az elkészült projektet, kapcsolatot tart a tanárral.
- A kommunikációs csatornák megadása és a csoportok kommunikációjának megtervezése: (Hogyan és milyen gyakorisággal célszerű az információkat átadni?)
- Munkaterv készítése:
 - Csoportos megbeszélések az altémákról, illetve azok bemutatása.
 - Csoportbemutatók előkészítése az altémák egymáshoz illesztésével.
 - Csoportbemutatók.
- Észrevételek, értékelés:
 - Csoporton belüli értékelés: altémák.
 - Osztályszinten: csoportbemutatók értékelése.

2.7. A szerepjáték

A természettudományok tanítása során sokszor egy olyan egyszerű modellt kell alkotni a tanulókkal együtt, amit azután egy új jelenség megfigyelése során is alkalmazni képesek a jelenség értelmezéséhez. Ez egy nehéz absztrakciós feladat. Azt várjuk a tanulóktól, hogy ha kilépnek az iskola kapuján, akkor is jusson eszükbe, amit az iskolában tanultak, és a hétköznapiakban is alkalmazzák ezt a tudást, használják az elsajátított modelleket. A modellalkotást szerepjáték alkalmazásával is segíthetjük. Ha a diákok maguk is résztvevői lehetnek egy eljátszható modellnek, akkor egy kicsit kézzelfoghatóbbá válik a modell működése, és ennek segítségével könnyebben értelmezhető valamely anyag szerkezete, illetve tulajdonságai.

A szerepjáték alkalmas arra is, hogy egy elképzelt helyzetben kipróbálják magukat a diákok, és eltérő véleményeket ütköztessenek egymással.

A szerepjáték és a drámapedagógiai módszerek összekapcsolásából születhetnek kémiai tárgyú „színművek”, verses, zenés, és/vagy táncos előadások, játékok is (lásd például⁸²) Ezek kiválóan alkalmasak az érdeklődés felkeltésére és arra is, hogy sikerélményhez juthassanak a különböző képességterületeken tehetséges⁸³ (pl. ügyesen verselő, szépen éneklő, jól táncoló) diákok.

15. példa. „Szemtanú játék” az aprólékos, pontos megfigyelés fontossága⁸⁴

A cél a természettudományos vizsgálódások precíz leírásának megértése. A tanulók legyenek képesek a megfigyelt jelenségek leírására pontos kifejezéseket használva (amit érzékelnek), és ne azt mondják, amit a látottak alapján gondolnak a jelenségről (magyarázat), azaz a megfigyelés és magyarázat szétválasztása.

⁸¹ nov.lkg-bp.sulinet.hu/sdt/koop_dio.ppt, (utolsó letöltés: 2015. 04. 07.)

⁸² A TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 „Országos koordinációval a pedagógusképzés megújításáért” projekt keretében készült videofilm a Neizer Z., Horváth T.: „Utazás Kémiába,” c. zenés játékról (ELTE TTK, 2015. január 26): <https://www.youtube.com/watch?v=rIG47nsE1-k> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

⁸³ <http://howardgardner.com/multiple-intelligences/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 07.)

⁸⁴ Balázs K. (2008): Kompetencia alapú fejlesztés a kémiaoktatásban; A kompetencia alapú fejlesztés elmélete és gyakorlata, alkotó szerkesztő: Vass V., Apáczai Kiadó, Celldömölk

Szereplők: a tolvaj, a tolvaj barátai, az áldozat, az áldozat barátai, a szemtanúk (a többi diák), a nyomozó (a tanár). A szereplőkkel előre megbeszélünk egy jelenetet, amelyben van egy tolvaj, aki egy meghatározott tárgyat igyekszik feltűnés nélkül ellopni az áldozattól, illetve a tolvaj barátai úgy tesznek, mintha elvinnének valamit az áldozat barátaitól, de valójában nem lopnak el semmit. A jelenetnek olyan koreográfiával kell rendelkeznie, hogy akárhányszor ismételhető lehessen pontosan ugyanúgy. (A szereplők előzetesen nem árulhatják el a jelenet lényegét a többieknek, titoktartást fogadnak.) A szemtanúk (megfigyelők) körbeállják a jelenet szereplőit. Minden szemtanúnak megvan a saját szemlélődő pozíciója, onnan kell nagyon alaposan megfigyelnie a történetet. Ezután mindenki elmeséli a nyomozónak, hogy mit látott onnan, ahol állt. Megpróbálják a nyomozó kérdései segítségével „összerakni”, hogy hány tolvaj volt, mit lopott el és kitől.

Az a jó szemtanú, aki úgy fogalmazza meg a látottakat, hogy egyszer sem keveri bele a saját véleményét. A rossz szemtanúk a következőket mondják:

- Lopkodtak egymástól a gyerekek.
- Kivettek egymás zsebéből mindenfélét.

A jó szemtanúk a következőképpen fogalmaznak:

- Ádám a bal kezével Laci kabátjának zsebe felé nyúlt, de nem láttam, hogy kivett volna belőle valamit.
- Kriszti jobb kezét hátra nyújtva, az Eszter vállán lógó táskából lassan kiemelte a szürke mobiltelefont, ami éppen elért az összezárt tenyerében, így alig látszódott.

A játék alapján megbeszéljük a természettudományos megfigyelések pontosságának fontosságát. A „szemtanúk” a természettudósok, amit éppen figyelnek, az egy természeti jelenség vagy egy mesterségesen előidézett esemény (azaz kísérlet, részletesebben lásd *IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok*). Mindannyian ugyanazt a jelenséget vagy eseményt vizsgálják, de más-más módszerekkel, más-más szempontból, ezért nem biztos, hogy pontosan ugyanúgy írják le és mondják el a vizsgálati eredményt. Azonban minden természettudósnak csak azt szabad leírnia, amit valóban tapasztal, ennek alapján kell felállítania egy modellt, egy elméletet, ami megmagyarázza, értelmezi a megfigyeléseket és tapasztalatokat.

Nem csak a természettudományos megfigyelés szempontjából lehet hasznos a fent leírt játék. Osztályfőnöki óra keretében alkalmazva bemutathatjuk a diákoknak, hogy mennyire fontosak lehetnek a hétköznapi precíz megfigyeléseink is, milyen sok minden múlik egy „jó” szemtanún. Mi magunk is jobban eligazodunk a mindennapi események között, ha pontos megfigyelésekből kiindulva jó következtetéseket vonunk le.

16. példa. A víz halmazállapot-változásai, modellalkotás és részecskeszemlélet alakítása⁸⁵

A cél, hogy a tanulók értsék meg, hogy a víz mint anyag vízmolekulákból áll (részecskeszemlélet), és a hőmérséklet változásával a vízmolekulák energiája és mozgáslehetőségei változnak, aminek halmazállapot-változás a következménye (az anyag belsőenergia-változásának, szerkezetének és megfigyelhető makroszkopikus tulajdonságainak összefüggései). A természetben lejátszódó halmazállapot-változások jelenségszintű megfigyelésekor teremtsenek a tanulók kapcsolatot a részecskeszemléletű magyarázattal.

Az óra menete:⁸⁶

- A makett nem azonos a modellel. (A makett a szemmel látható valóság kicsinyített, valósághű másolata; a modell a valóságot csak néhány kiragadott, fontos szempont szerint ábrázolja.)

⁸⁵ Balázs K. (2008): Kompetencia alapú fejlesztés a kémiaoktatásban; A kompetencia alapú fejlesztés elmélete és gyakorlata, alkotószervező: Vass V., Apáczai Kiadó, Celldömölk

⁸⁶ Balázs K., Kőszegi T. (2008): Kémia 8. interaktív tananyag, A víz halmazállapot-változásai (bemutató óra, Apáczai Kiadó, Celldömölk, <https://www.youtube.com/watch?v=wNDleYelc-Q> (utolsó letöltés: 2015. 09. 04.)

- A vízmolekulát, mint részecskét, legalább két különböző modell segítségével bemutatjuk és értelmezzük (például térkitöltő, azaz kalott-modell és pálcikamoddellel, részletesebben lásd IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok).

- Sok azonos vízmolekula-modellt beleteszünk egy átlátszó pohárba, felmutatjuk egy pohár víz és egy pohár jégkocka társaságában, majd a gyerekekkel értelmezzük, hogy mi a különbség a három edény tartalma között.

- Szerepjáték segítségével modellt alkotunk a tanulókkal: ebben a modellben nem a vízmolekulák alakját és összetételét hangsúlyozzuk, hanem a sok azonos részecske egymáshoz viszonyított energiáját és mozgáslehetőségét.

Tanár: Én vagyok az energiaforrás, tőlem kapjátok a megfelelő mennyiségű energiát (hőt). Ti személyesítitek meg a vízmolekulákat, minden tanuló egy vízmolekulát. Most hideg vagyok (mondja „nagyon szigorúan”), kevés energiát adok, és rendet várok! Osztály vigyázz! (A tanulók rendezett sorokban a padok mellett felállnak.) A helyét senki nem hagyhatja el, a helyeteken „rezeghetnek”! (A gyerekek dülöngélnek a helyükön.) A vízmolekulák tehát szabályos rendbe rendeződtek, és a helyükön rezgő mozgást végeznek. Ez a szilárd jégkristály modellje.

Tanár: Olyan ügyesen csináltátok, hogy több energiát adok, gyorsabb mozgást engedélyezek, nagyobb kitéréssel dülöngélhettek. Kaptatok annyi energiát, hogy elmozdulhattok a helyetekről, az egész osztályteremben sétálhattok, de csak úgy, hogy valamelyik társatokat mindig megérintitek. A terem falát is meg lehet érinteni. Hogy mindig meg tudj érinteni valakit, nem távolodhatsz el nagyon a többiektől. „A jég megolvad.” (A tanulók bejárják az egész osztálytermet, miközben mindig más-más gyerekkel, illetve a fallal érintkeznek.) Most tehát meghatározott térfogatban a vízmolekulák egymás mellett elgördülnek. Ez a folyékony víz modellje. Nagyobb a belső energiája, mint a jégnek volt.

Tanár: Még több energiát adok ennek a vízmolekula-halmaznak. Ez még nagyobb mozgást eredményez: szabad futkosni, de csak egyenes vonalban, és ha valakivel ütközik, akkor más irányban folytatd az utad a következő ütközésig! Szabad a falhoz is ütődni, sőt, akár a plafonra is fel lehet ugrani! (A tanulók ugrálnak.) Most tehát a vízmolekulák egyenes vonalú mozgást végeznek addig, míg egymással, vagy az edény falával nem ütköznek, kitöltik a rendelkezésükre álló teret. Ez a gázhalmazállapot modellje. Még nagyobb a belső energiája, mint a víznek volt.

A tanár jelzi, hogy elvon energiát. Ha a tanulók értik az általuk eljátszott modellt, akkor erre mindenki szabályos rendbe rendeződik (de nem feltétlenül a saját helyére megy).

A megalkotott modellünk segítségével értelmezzük a valóságot.

- Mondd el, hogy mit látnál, ha „belelátnál” a folyékony víz szerkezetébe (feltartjuk a pohár vizet)!

- Mondd el, hogy mit látnál, ha „belelátnál” a jég szerkezetébe (feltartjuk a pohár jeget)!

A jégkockát tartalmazó pohárból áttesszünk egy darab jeget a vizet tartalmazó pohárba.

- Mondd el, hogy mi történik a víz és a jég határán, miközben olvad a jégkocka!

Ha az utolsó kérdésünkre a tanulók részecskeszemlélettel válaszolnak és elmondják, hogy a folyékony vizet alkotó, nagyobb energiával rendelkező vízmolekulák a kristályrácsban rezgőmozgást végző vízmolekuláknak ütközve, azoknak energiát adnak át, így kiszakítják azokat a kristályrácsból, akkor a szerepjáték elérte a célját. Ugyanis ez azt mutatja, hogy a tanulók alkalmazni tudják gondolkodásmódjukban az anyagi halmazok részecskékből való felépülésének, és a halmazállapot-változások során bekövetkező belső energia változásának előbbiekben ismertetett modelljét.

Szervezhetőek természetesen a kémia és a kémikusok társadalmi szerepét kidomborító szerepjátékok is. Ismert példája ennek az, amikor a tanulóknak egy bírósági jelenet eljátszására kell fölkészülniük. Ennek során a „szakértőket” alakító tanulók a kémiatudásukra alapozva fogalmaznak meg véleményt azzal kapcsolatban, hogy megállja-e helyét az ügyészség vádja, illetve hogy a vádlottak közül ki követte el a bűncselekményt (pl. melyik vállalat felelős a környezetszennyezésért).

2.8. Kémiai társasjátékok

A tanórai interaktivitáshoz nem kell okvetlenül interaktív tábla, sőt nem kell még tárgyi eszköz sem. Az interaktivitás ugyanis egy adott tananyag olyan módszer szerinti feldolgozása, melynek során a tanulók nem csak a tanárral, hanem egymással is aktívan együttműködnek valamely csoportmunka vagy páros munka keretén belül, és ez társasjáték során is megvalósulhat. Gyakorlásra, összefoglalásra, pihentető kikapcsolódásra és észrevétlen tanulásra egyaránt kiválóan alkalmasak lehetnek a különféle kémiai társasjátékok. Az alábbiakban erre mutatunk be néhány példát.

17. példa: Különböző dominók

Sokféle módon állíthatunk össze dominójátékot. Használható például a 9. osztály gyakorlóóráján az atomszerkezetről tanultak összefoglalására⁸⁷. Ekkor a lapokra különböző atomok vegyjele és rendszáma, illetve elektronszerkezete kerül - esetleg cellás ábrázolással - vagy egy másik változatban az atomot felépítő részecskék. Ezeket kell kirakniuk a tanulóknak úgy, hogy az egymáshoz tartozó vegyjelek és atomszerkezet-ábrázolások mindig egymás mellé kerüljenek. A megoldások ráérnek egy lapra, így ellenőrizni is egyszerűen tudják saját magukat. Ez nem nehéz, de fejleszthető, ha színes lapokra nyomtatjuk a dominókat. Ekkor egyetlen szinkódos megoldással ellenőrizhető minden csapat megoldása.

Készíthetünk összetett mondatokat tartalmazó dominókat is, ahol a megfelelő tagmondatokat kell összeilleszteni értelemszerűen (5. ábra)⁸⁸

Mondat-dominók					
1.	...tehát kiforralhatók a vízből.	A víz jó oldószer,...	2.	...ezek az anyagok általában zsirokban rosszul oldódnak.	A zsírolé-kony anyagok vízben nem oldódnak,...
3.	...ezért a természetes vizek mindig valamilyen oldatok.	A vízben jól oldódó anyagokat vízdoldé-konyaknak nevezzük,...	4.	...ilyen oldószer például az etil-alkohol vagy az acetón.	Ha egy anyag oldhatósága valamely oldószerben kicsi,...
5.	...akkor telített oldata hig oldat.	Gázok oldhatósága a hőmérséklet növekedésével csökken,...	6.	...ezekhez az anyagokhoz tartozik az étolaj és a margarin is.	Vannak olyan oldószerek, melyek vízzel is és zsírolé-kony anyagokkal is elegyednek

5. ábra. Összetett mondatokat tartalmazó dominók

Felhasználhatunk reakcióegyenleteket is dominózáshoz⁸⁹, például az alábbi szabályok szerint lehet egymáshoz illeszteni a következő dominókat (6. ábra):

- égést égéshez;
- sav-bázis reakciót sav-bázis reakcióhoz;
- egyesülést egyesüléshez;
- bomlást bomláshoz.

⁸⁷ Neuberger E. (2014): „Játék kémiaórán” évfolyamdolgozat, ELTE, Kémiai Intézet, tárgyfelelős: Dr. Szalay L.

⁸⁸ Balázs K.: Életpálya-építés – Ember a természetben-kémia programcsomag, SuliNova, 7-10. évfolyam számára tantárgyi modulok, HEFOP 3.1.1-K-2004-08-0001/1.0

⁸⁹ Balázs K. (2009): Kémia 8. interaktív tananyag, Apáczai Kiadó, Celldömölk

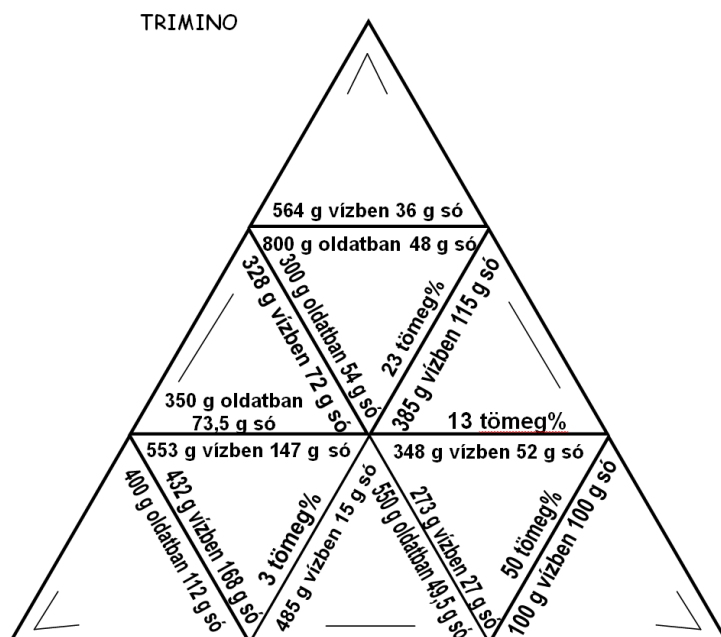
$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{P}_4 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{P}_2\text{O}_5$
$2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3 \text{H}_2$	$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	$2 \text{Fe} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{FeCl}_3$	$2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
$\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	$\text{Zn} + \text{S} \rightarrow \text{ZnS}$	$2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2$
$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$	$2 \text{HgO} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{O}_2$	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
$\text{HNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$2 \text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CaO}$	$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	$4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3$
$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$	$2 \text{Al} + 3 \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{AlI}_3$	$2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl}$	$\text{Mg} + \text{I}_2 \rightarrow \text{MgI}_2$

6. ábra. Reakcióegyenleteket tartalmazó dominók

18. példa. Különböző triminók

A triminó annyiban különbözik a dominótól, hogy három oldala van, az érintkező oldalpárok mentén kell kapcsolatot keresni a felírt szavak között. Alapesetben ügyelni kell arra, hogy ne legyenek olyan fogalmak, amelyekhez több párt is lehet választani. Haladó szinten azonban kihívást jelenthet a helyes megoldás kiválasztása. Könnyített verziót jelent, ha az oldalsó triminók szélét jelezzük. Az eredmény könnyen ellenőrizhető, ha úgy készítjük el a triminókat, hogy bizonyos formát kapjunk végeredményül. Ekkor ránézésre meg tudjuk mondani, hogy helyes-e a megoldás. A színkódokkal ebben az esetben is egyszerűbbé válik a hibakeresés. Az alábbi példa egy könnyített, számolós feladatokat tartalmazó triminó játék megoldását mutatja (7. ábra):⁹⁰

⁹⁰ Balázs K.: Természettudományos végzettségű tanárok továbbképzése laboratóriumi gyakorlatok levezetésére, akkreditált pedagógus-továbbképzés szakanyag, TÁMOP 3.1.3-11.



7. ábra. Számolási feladatokat tartalmazó triminó játék

19. példa. Activity-játék

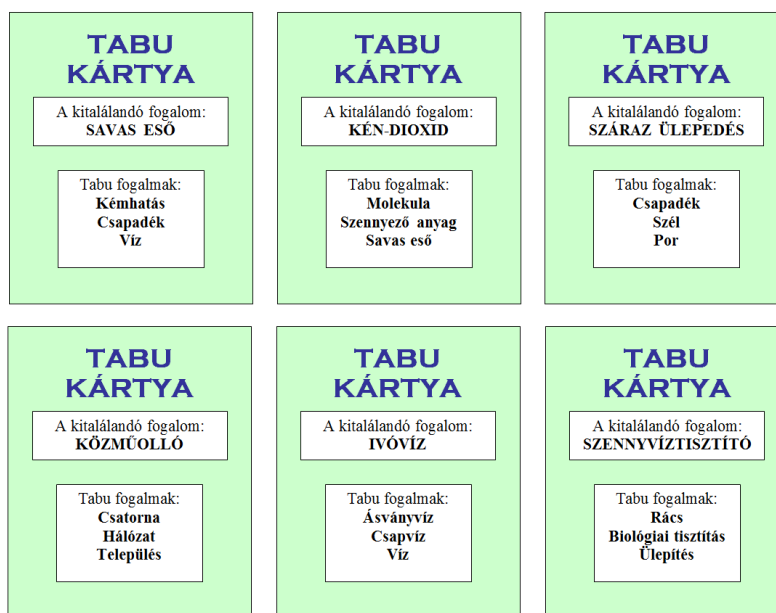
A közismert játék mintájára készül. A feladatkártyák egy adott témakörre vonatkozó alapfogalmakat tartalmaznak. A csoportok feladata az, hogy adott idő alatt pantomimjáték-szerű mutogatással, rajzolással vagy szóban való körülírással rávezessék egymást adott számú feladvány megfejtésére. A játék tisztaságáért egy „külsős” felelős. A játék csapatjáték, de játszható egyénileg is egy teljes osztályban. A közös élmény és szórakozva tanulás közösségépítő hatású ebben a játékban is.

20. példa. Tabujáték

Az ismert tabu játékon alapul, azzal a különbséggel, hogy a tanulóknak kémiai alapfogalmakat kell körbeírniuk úgy, hogy közben bizonyos szavakat, illetve kifejezéseket nem használhatnak. A feladat tisztaságáért itt is egy „külsős” felel. A játék lehet nagyon nehéz is, és hasonló alapfogalmak magyarázatakor fejleszti a fogalmazás pontosságát. A diákok gyakori problémája ugyanis az, hogy nem képesek megfogalmazni gondolataikat, ezért az ilyen verbális játékok e téren fontos fejlesztő hatással bírnak. Ezt a játékot a tanulók általában szívesen játsszák.

Az alábbi tabu kártyák a környezetvédelmi témakörhöz készültek (8. ábra).⁹¹

⁹¹ Balázs K.: Életpálya-építés – Ember a természetben-kémia programcsomag, SuliNova, 7-10. évfolyam számára tantárgyi modulok, HEFOP 3.1.1-K-2004-08-0001/1.0



8. ábra. Tabu kártyák a környezetvédelmi témakörhöz

21. példa. Észbontó⁹²

Az észbontó is egy társasjáték, ahol a játékosoknak egy „Ki nevet a végén?” típusú táblán kell eljutniuk a célba. Gyakorlatilag bármilyen táblajáték tábláján bábukkal, dobókockákkal játszható. Az az egyetlen nehezítés, hogy az illető vagy a csapat csak akkor dobhat, ha tudja a kártyán lévő kérdésre a választ. A játékot praktikus 3-4 fős csoportokban játszani, s ilyenkor mindenki a mellette ülőtől kérdez. A kártyák alján ott a helyes válasz is. A játék közben minden esetben fel kell olvasni a helyes válaszokat. Mivel ez a játék korábbi ismereteket igényel, így leginkább összefoglaló órán használható. Ennek következménye, hogy aki a fejezetből alig tud valamit, nem tud teljes aktivitással részt venni a játékban, ezért célszerű az összefoglaló óra előtti órán egy próbajátékkal felkészíteni rá a diákokat.

22. példa. Képlettanulás táblajátékkal⁹³

A játék szintén a „Ki nevet a végén?” című társasjáték elvén alapul, de a mezőkben egy-egy anyag képletével. A játékos a dobás után érkezik egy mezőre. Mikor legközelebb rá kerül a sor, meg kell neveznie az anyagot, melynek képletén áll. Amennyiben a név helytelen vagy hiányzik, egy körből kimarad, ha helyes, dobhat. Ezután ismét egy környi ideje van gondolkodni a képletben. Az ellenőrzés is megoldott, ha a mezők mellett felhajtható füleken megtalálható a megoldás is. A társasjáték tábláján például az általános iskolában tanult legfontosabb olyan képletek lehetnek, melyeket a 9. évfolyamos kémiaoktatás során szeretnék használni. Év elején, bemelegítésképp, akár első órán is játszható (diagnosztikus értékelés funkcióval is, részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés).

Keresztrejtvények

Manapság már sok munkafüzetben is vannak keresztrejtvények, de léteznek olyan honlapok is, melyekkel saját magunk is egyszerűen készíthetünk ilyeneket. Ha szóbeli felelés közben oldatjuk meg őket, akkor azonnal megtörténik az ellenőrzés is (részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés).

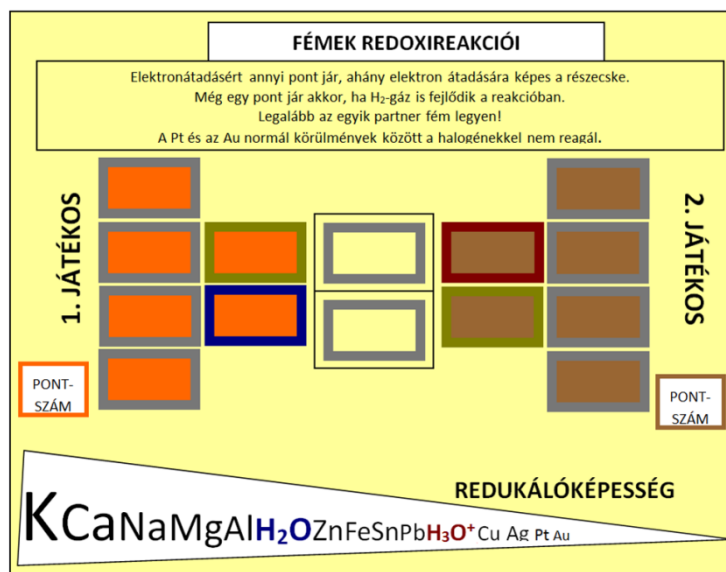
^{92,98} Neuberger E. (2014): „Játék kémiaórán” évfolyamdolgozat, ELTE, Kémiai Intézet, tárgyfelelős: Dr. Szalay L.

Új játékok tervezése

Nem csak ismert társasjátékokat játszhatunk, hanem mi magunk is kitalálhatunk újakat. Egy játék tervezésekor fontoljuk meg, hogy a játék különböző elemeiből, mint amilyen a tudás, a szerencse, a stratégia, az interaktivitás, melyik milyen arányban legyen jelen az általunk tervezett játékban. Ahhoz, hogy a játék élvezetes és motiváló legyen, érdemes alkalmazkodni a csoport készségeihez és képességeihez, valamint a kémiai tudásához. Mindenképpen fontos előre tisztázni a diákokkal, hogy a játék során természetesen nem egyforma nehézségű kérdések hangzanak el, – de fogják fel úgy, hogy ez a „szerencse” tényező a játékokban.

23. példa. Egy stratégiai játék a fémek redoxireakciói témakörben⁹⁴

A játéktábla



A kártyák: 26 db fém + 3 db halogén + 1 db H₂O + 1 db H₃O⁺

K	K ⁺	Ca	Ca ²⁺	Na	Na ⁺	Mg	Mg ²⁺
Al	Al ³⁺	Zn	Zn ²⁺	Fe	Fe ²⁺	Cu	Cu ²⁺
Ag	Ag ⁺	Pt	Pt ²⁺	Au	Au ³⁺	Sn	Sn ²⁺
Cl	I	Br	Pb	Pb ²⁺		H ₂ O	H ₃ O ⁺

Játékszabály:

Két játékos vagy csapat játszik.

Milyen kártyák legyenek játékban?

Választási lehetőségek: bármelyik lehetőség kiválasztható az 1. lehetőséggel együtt.

1. lehetőség: csak fémeket tartalmazó kártyákkal játszanak:

⁹⁴ Balázs K. (2009): Kémia 8. interaktív tananyag, Apáczai Kiadó, Celldömölk

Csak a szürke keretű kártyák játszanak. Válogassuk külön pakliba a fématomokat és a fémionokat jelképező kártyákat. Mindkét játékos 4-4 kártyát húz a pakliból. Az 1. játékos tesz le kártyát először, utána mindig az rak, aki pontot szerzett.

2. lehetőség: H_2O és H_3O^+ kártyák is játszanak a fémeket tartalmazó kártyákkal:

A szürke, a piros és a kék keretű kártyák játszanak. Válogassuk külön pakliba a fématomokat és a fémionokat jelképező kártyákat. Mindkét játékos 4 kártyát húz a fématomokat jelképező pakliból és 3 kártyát a fémionokat jelképező pakliból, majd véletlenszerűen elosztják egymás között a H_2O és H_3O^+ kártyákat. Az 1. játékos tesz le kártyát először, utána mindig az rak, aki pontot szerzett.

3. lehetőség: halogénatomokat tartalmazó kártyák is játszanak a fémeket és ionjaikat jelképező kártyákkal:

A szürke és a zöld keretű kártyák játszanak. Válogassuk külön pakliba a fématomokat és a fémionokat jelképező kártyákat. Mindkét játékos 4 kártyát húz a fématomokat jelképező pakliból és 3 kártyát a fémionokat jelképező pakliból, majd 1-1 kártyát húznak a halogének közül. Az 1. játékos tesz le kártyát először, utána mindig az rak, aki pontot szerzett.

4. lehetőség: minden kártyajátékban van:

Válogassuk külön pakliba a fématomokat és a fémionokat jelképező kártyákat. Mindkét játékos 4-4 kártyát húz a fématomokat és a fémionokat jelképező pakliból, 1-1 kártyát húznak a halogéneket jelképező pakliból, majd véletlenszerűen elosztják egymás között a H_2O és H_3O^+ kártyákat. Az 1. játékos tesz le kártyát először, utána mindig az rak, aki pontot szerzett.

A játék célja: minél több pontot szerezni.

A kártyák lerakásának szabálya:

- Legalább az egyik kártyának fémet kell jelölnie (fématomot vagy fémiont).
- Fémionhoz mindig fématomot kell tenni.
- Halogénatomhoz, H_2O -hez és H_3O^+ -hoz mindig fématomot kell tenni.

A pontozás:

- Annyi pont jár, ahány elektront átad a fématom a partnernek (fémionnak, halogénatomnak, H_2O -nek és H_3O^+ -nak).
- Még egy pont jár akkor, ha H_2 -gáz is fejlődik a reakcióban.
- A Pt és az Au normál körülmények között a halogénekkal nem reagál, nincs elektronátadás, tehát pont sem jár érte.

Kémiai gondolkodás a játék során:

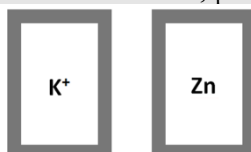
- Csak a nagyobb redukálóképességű fématom tud átadni elektront a kisebb redukálóképességű fém ionjának. Annyi elektront tud átadni a fématom, amennyi a saját egyszerű ionjának a töltése.

Példa:



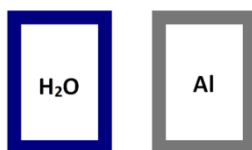
A nagyobb redukálóképességű K-atom elektront tud átadni a Zn^{2+} -ionnak. Egy K-atom 1 elektron leadására képes, ezért 1 pont jár.

- Van olyan eset is, hogy nem történhet elektronátadás, példa:



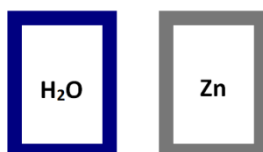
A kisebb redukálóképességű Zn-atom nem tud elektront átadni a K^+ -ionnak.

- A H_2O -nek csak azok a fématomok adhatnak át elektront, amelyek redukálóképessége a H_2O -nél nagyobb. Ilyenkor viszont H_2 -gáz is fejlődik. Ugyanígy a H_3O^+ -nak csak azok a fématomok adhatnak át elektront, amelyek redukálóképessége a H_3O^+ -nál nagyobb. Ilyenkor H_2 -gáz is fejlődik. Példa:



A nagyobb redukálóképességű (a védő oxidrétegtől megfosztott) Al-atom elektront tud átadni a H_2O -nek.⁹⁵ Egy Al-atom 3 elektron leadására képes, ezért 3 pont jár. H_2 -gáz is fejlődik, ami miatt még 1 pont jár.

- Lehet olyan eset, hogy nem történik elektronátadás:



A kisebb redukálóképességű Zn-atom nem tud elektront átadni a H_2O -nek.

Hasonló megfontolásból, ha a H_3O^+ kártyával szemben pl. Zn-atom áll, ez 3 pontot ér a Zn-atommal játszó játékosnak.

- Az aranyat (Au) és a platínát (Pt) kivéve mindegyik fématom átad elektront a halogénatomnak. Példa:



A Ca-atom elektront tud átadni a Cl-atomnak. Egy Ca-atom 2 elektront képes leadni, ezért 2 pont jár.

3. Az önálló tanulást segítő módszerek⁹⁶

3.1. Szövegértés

Napjainkban nagyon fontossá vált az önálló tanulás képessége. Az iskolának fel kell készítenie a tanulókat arra, hogy el tudjanak igazodni a körülöttük lévő világban, képesek legyenek megszerezni naprakész információkat, tudjanak válogatni az információáradatban. Az internet, a média ontja a híreket, a tudományos és kevésbé tudományos, sőt áltudományos tanokat (részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*), amelyek között válogatni kell tudni. A megszerzett információkat adott szempontok alapján értékelni, rendszerezni is kell, illetve szükség esetén be kell építeni az adott témáról már meglévő tudásunkba (részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái*). Fontos tisztában lenni azzal, hogy mi az, amit értelmezni is tudunk, mert megvannak hozzá az ismereteink, és mi az, amit csak elhiszünk (vagy ha mi magunk nem ismerjük az aktuális tudományos magyarázatot, akkor elhiszük a tudósoknak, szakértőknek, mert megbízunk a tudásukban és hitelesnek tartjuk őket). Minél jobban érti valaki a környező világ működését, minél több hasznos információhoz képes hozzájutni, annál eredményesebben képes működni ebben a világban, annál nagyobb eséllyel tud megfelelni a munkaerőpiacon, annál jobban tud boldogulni a mindennapi életben.

⁹⁵ A játék a standardpotenciál táblázat adatai alapján játszható.

⁹⁶ Balázs K. (2005): Önálló tanulást segítő módszerek a kémia tanításában; A kémia tanítása, XIII. évf. 5. sz.

A Nemzeti alaptanterv⁹⁷ is azt az elvet fogalmazza meg, hogy az iskolának az egyik fontos feladata az egész életen át való tanulásra való felkészítés (részletesebben lásd *I. A tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése*). Ebben a természettudományos tantárgyaknak, ezen belül a kémiának is részt kell vállalnia. Ennek a feladatnak csak akkor lehet eleget tenni, ha a tanulóknak nem okoz gondot a szövegértés. Egy diáknak a saját korosztályához szóló szöveget, például egy társasjáték szabályainak leírását, vagy egy DVD-lejátszó használati utasítását meg kell értenie (az persze más kérdés, hogy úgy vannak-e ezek a szövegek minden esetben megfogalmazva, hogy az ténylegesen az adott korosztálynak szóljon).

Kémiaórán úgy tudja a tanár a tanulók szövegértését gyakoroltatni, fejleszteni, hogy az adott óra tananyagához szorosan kapcsolódó, de nem a tankönyvben megszokott, jól érthető, hanem ettől egy kicsit eltérő stílusban íródott szövegeket olvastat, majd a szöveggel kapcsolatos kérdéseket tesz fel. A szöveg lehet ismeretterjesztő irodalomból való, vagy olyan szépirodalmi szövegrészlet, amelynek szakmai tartalma van. Lehet lexikoncikkely, kémiatörténeti érdekesség stb. A szakmai szöveg tartalmazza azokat a szakkifejezéseket, amelyeket a tanulók az órán elsajátítottak, és így megbizonyosodhatnak arról, hogy valóban jól értik-e a tanult fogalmakat. A szövegre vonatkozóan kérdéseket állítunk össze, amelyekre a választ a szöveg alapján várjuk, majd a válaszokat értékeljük.

3.2. A tanulói kiselőadás

Ha a megfelelő szintű szakmai szöveget értik a tanulók, akkor érdemes gyakorolni az önállóan tartott előadást, ezzel egyúttal fejlesztve a tanulók retorikai készségeit is. Eleinte a felkészüléshez meg kell adni a forrást. Ennek felhasználásával készülhetnek a tanulók egy olyan kiselőadásra, amelyhez csak vázlatot írnak maguknak, és saját szavaikkal mondják el röviden a lényegét. Közben a hallgatóság számára mindenképpen adjunk feladatot, tegyünk föl előre kérdéseket, hogy nagyobb érdeklődéssel és célirányos figyelemmel kísérjék az előadást. Ha a kiselőadást digitális eszköz segítségével tartja az előadó, akkor használja ki az az által kínált lehetőségeket. Bemutathat ábrákat, képeket, animációkat, videoklipeket, hanganyagot stb.

Önálló forráskeresés

Nehezíthetjük a feladatot oly módon, hogy a tanulónak kell a megadott témához a forrásokat megkeresni. Nem csak előadás formájában, hanem írásos formában is kérhetjük az összeállított szakanyagot. Lehet posztert készíteni, vagy újságot szerkeszteni. Ez utóbbi esetekben fontos a külalak és formai megoldás (képanyag, szerkesztés, grafikonok, ábrák stb.).

Adatgyűjtés

A természettudományos tantárgyaknak meg kell tanítania a diákokat a számadatokhoz való viszonyuláshoz is. Általában számadatokat nem tanulunk meg, de érdemes bizonyos mennyiségeket nagyságrendileg ismerni, illetve képesnek lenni azok megbecslésére. Az adatgyűjtést, a mennyiségek megbecslését végezhetjük egy kicsit játékosabb formában is. Feladatként adhatjuk, hogy minél több számadatot kelljen gyűjteniük a tanulóknak egy adott témában (a megfelelő mértékegységekkel együtt). Tudniuk kell, hogy honnan származik az adat (pontos forrás megnevezése, weblap elérhetősége, szakkönyv megnevezése oldalszámmal stb.), pontosan mire vonatkozik az adat (melyik évre, melyik területre stb.), vagy lehet minél érdekesebb, meghökkentőbb az adat. A hallgatósággal meg is lehet becsültetni az adatokat, mielőtt pontosan elhangzanak.

Hibakeresés és forráskritika

Az internet és a Web2.0 korában (részletesebben lásd *VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a kémiaoktatásban*) a hamis, megbízhatatlan információk ugyanúgy fénysebességgel terjednek, mint a valóság (részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*). Ezért nagyon

⁹⁷ 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról

fontos, hogy a tanulókkal már kisgyermekkortól kezdve gyakoroltassuk az információk hitelességének ellenőrzésére alkalmas technikákat. Egészséges (és az önvédelem miatt szükséges) szkepticizmusra kell szoktatni a diákokat. Arra, hogy a látott, hallott vagy olvasott információt mindig vessék össze a természettudományos tárgyak során tanultakkal és gondolkozzanak el azon, hogy a tudomány jelenlegi állása szerint igaz lehet-e az adott állítás vagy hamis. Például egy oxigénnel dúsított víz reklámjának könnyű ellenállni akkor, ha elgondolkozunk azon, hogy milyen az oxigénmolekula polaritása és ebből kifolyólag vízoldhatósága, valamint hogy melyik szervünkkel veszi föl a szervezetünk az oxigént. Számolási feladatként össze is vethető az egy liter „oxigénnel dúsított ásványvíz” oxigéntartalma az egy lélegzetvétellel fölvevett oxigén anyagmennyiségével (részletesebben lásd IX. Áltudományok és ismeretterjesztés és VI. A kémiai számítások tanítása).

Meg kell tanítani a diákoknak a forráskritika alapvető szabályait is: csak a hozzáértő szakértők által és megbízható fórumokon publikált, ellenőrizhető (lehetőleg egymástól független forrásokban is fellelhető) információkat fogadják el nagy valószínűséggel hitelesnek.

E célok érdekében érdemes rendszeresen olyan hibakeresési feladatokat adni, amelyek során az internetről vett áltudományos szövegek elemzését kell elvégezni a tanulóknak az addig megszerzett tudásuk alapján, illetve esetleg további internetes keresés és/vagy könyvtárzás segítségével. Például a szén-monoxid-molekula polaritásának tanításakor érdemes megkérdezni a diákokat annak az állításnak az igazságtartalmáról, hogy a szén-monoxid jól oldódik vízben (amely egyébként egy vízipipázásról szóló internetes fórumon⁹⁸ olvasható).

Összefoglalás

Ebben a fejezetben a kémia tanításához használható eszköztár végtelen gazdagságából csak néhány alapvető oktatási módszert és konkrét példát volt módunk bemutatni. Ezek variálása és bővítése minden tanár saját fantáziájára és ambícióira van bízva. Az adott tanulócsoporthoz, témához, helyhez és időtartamhoz legmegfelelőbb oktatási módszer kiválasztása nagy felelősség és fontos részét képezi a tanári szabadságnak. A minél nagyobb hatékonyság érdekében azonban egyetlen jó tanács biztosan adható: mindenkor törekedjünk a lehető legváltozatosabb oktatási módszerek alkalmazására. Erre nem csak a „változatosság gyönyörködtet” elve miatt és motivációs okokból van szükség, hanem azért is, hogy a különféle téren tehetséges, változatos képességekkel rendelkező tanítványaink összessége számára teremtsünk lehetőségeket a kémia megértésére és megszerzésére (részletesebben lásd VII. Differenciált oktatás, felzárkóztatás, tehetséggondozás).

Irodalom

- Balázs K.: Életpálya-építés – Ember a természetben-kémia programcsomag, SuliNova, 7-10. évfolyam számára tantárgyi modulok, HEFOP 3.1.1-K-2004-08-0001/1.0
- Balázs K. (2008): Kompetencia alapú fejlesztés a kémiaoktatásban; A kompetencia alapú fejlesztés elmélete és gyakorlata, alkotószerkesztő: Vass V., Apáczai Kiadó, Celldömölk
- Balázs K. (2005): Önálló tanulást segítő módszerek a kémia tanításában; A Kémia Tanítása **XIII.** 5. sz.
- Balázs K. (2005): Szemléletformáló módszerek a kémia tanításában; A Kémia Tanítása **XIII.** 4. sz.
- Balázs K.: Természettudományos végzettségű tanárok továbbképzése laboratóriumi gyakorlatok levezetésére, akkreditált pedagógus-továbbképzés szakanyag, TÁMOP 3.1.3-11.

⁹⁸ http://www.gyakorikerdesek.hu/egeszseg_dohanyzas_6125-a-shisha-vizipipa-az-ugyanolyan-karos-a-szervezetre-mint-a-cigi (utolsó letöltés: 2015. 06. 05.)

- Eilks, I., Prins, G. T., Lazarowitz, R., (2013): How to organise the chemistry classroom in a student-active mode, in: Teaching Chemistry – A study book (eds.: Eilks, I., Hofstein, A.), 183-212, Sense Publishers, Rotterdam, the Netherlands
- Falus I. (szerk.) (2003): Didaktika. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Havas P.: A természettudományi kompetenciákról és a természettudományi oktatás kompetencia alapú fejlesztéséről (<http://www.ofi.hu/tudastar/hazai-fejlesztesi/havas-peter;> (utolsó letöltés: 2015. 01. 14.)
- http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nLL4n6H0IfkJ:www.chem.elte.hu/w/modszertani/index_elemei/kt_elm_I_elemei/Oktatasi_modszerekLADA.doc+&cd=1&hl=hu&ct=clnk&gl=hu, (utolsó letöltés: 2015. 03. 07.)
- M. Nádas M. (2010): A projektoktatás elmélete és gyakorlata, Génius Könyvek, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége (http://geniuszportal.hu/sites/default/files/06_kotet_net.pdf, (utolsó letöltés: 2015. 01. 14)
- Nagy Lné. (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása, Iskolakultúra Online, 1 (<http://www.iskolakultura.hu/iol/nagy.pdf>, (utolsó letöltés: 2015. 01. 14.)
- Nahalka I.: Konstruktív pedagógia - egy új paradigma a láthatáron, Iskolakultúra 97/4. (<http://epa.oszk.hu/00000/00011/00124/pdf/1997-4.pdf>, (utolsó letöltés: 2015. 01. 14.)
- Takács Gné, Takács G.: Tizenhárom éves tanulók deduktív és induktív gondolkodása, Új Pedagógiai Szemle, 2000 június (<http://epa.oszk.hu/00000/00035/00039/2000-06-mu-Tobbek-Tizenharom.html>, (utolsó letöltés: 2015. 01. 14.)

IV. KÉMIAI KÍSÉRLETEK ÉS EGYÉB SZEMLÉLTETÉSI MÓDOK

Riedel Miklós, Rózsahegyi Márta, Wajand Judit, Tóth Zoltán

Tartalom

1. Bevezetés
2. Egyszerű szemléltetés
 - 2.1. Táblák, fóliák, gyűjtemények
 - 2.2. Modellek
3. Kémiai kísérletek
 - 3.1. A kísérletezés szerepe a kémiaoktatásban
 - 3.2. A kísérlet megtervezése, előkészítése, végrehajtása
 - 3.3. A kísérletek csoportosítása
 - 3.3.1. A megismerés logikai útja szerinti csoportosítás
 - 3.3.2. A kísérletet végző személye szerinti csoportosítás
 - 3.3.3. Méret szerinti csoportosítás
 - 3.3.4. Az eszközök fajtája szerinti csoportosítás
 - 3.3.5. A bemutatás módja szerinti csoportosítás
 - 3.3.6. A didaktikai cél és az információ jellege szerinti csoportosítás
 - 3.4. Hétköznapi anyagokkal és eszközökkel elvégezhető kísérletek
 - 3.5. Hétköznapi jelenségek kémiai modellezése
 - 3.6. Otthon elvégezhető kísérletek
4. Gyorsteszték a kémiaoktatásban
 - 4.1. A gyorsteszték iskolai alkalmazása
 - 4.2. A gyorsteszték típusai, előnyök, hátrányok
 - 4.3. Iskolai vízvizsgálatok és élelmiszervizsgálatok gyorstesztékkel
5. Összegzés
- Irodalom

1. Bevezetés

A kémiaórákon alkalmazott egyik legfontosabb módszer: a szemléltetés. A szemléltetés (bemutatás, kísérlet, illusztráció stb.) olyan oktatási módszer, amelynek során a tanulmányozandó tárgyak, jelenségek, folyamatok észlelése, megfigyelése, elemzése történik.⁹⁹

A nagy pedagógiai gondolkodók közül COMENIUS, PESTALOZZI és DIESTERWEG munkáiban kapott kitüntetett szerepet a szemléltetés. A 17. századtól Comenius munkássága nyomán Európa-szerte kezdett elterjedni az empiria, a tapasztalat, a szemléltetés fontosságának hangsúlyozása mind a szakirodalomban, mind az iskolai gyakorlatban. COMENIUS ma is érvényes, ún. szenzualista pedagógiájának az a központi gondolata, hogy a gyermekre érzékszervein keresztül közvetlenül hasson a külvilág. A pedagógus dolga, hogy minél gazdagabban, minél teljesebben, pedagógiailag feldolgozott módon mutassa be ezt a világot.¹⁰⁰ A következő „forradalmi” változás a 19. és 20. század fordulóján következett be, a cselekvés pedagógiájának kialakulásával. Ennek pszichológiai hátterét JEAN PIAGET dolgozta ki, a gyakorlati megvalósítók közül JOHN DEWEY a legismertebb név. A felfedeztetés pedagógiájának alapgondolata: a gyermek

A kísérleteket szürke kiemeléssel jelöljük.

⁹⁹ Didaktika. (szerk. Falus I.) (1998): Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

¹⁰⁰ Pais I., Biczók Fné (1967): A kémiatanítás módszertana, Tankönyvkiadó, Budapest

önállóan fedezze fel az ismereteket, önállóan kísérletezzen, mérjen, számoljon és vonjon le következtetéseket. Meg kell azonban állapítanunk, hogy a fenti pedagógiai elvek átültetése, megvalósítása a magyar közoktatásba eddig csak részlegesen sikerült. Sajnos még ma is találkozunk ún. „tábla-kréta” kémia tanítással (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*).

A szemléltetés eredményességének feltételei a következők:

- A bemutatásnak, kísérletnek minden tanuló által láthatónak, jól követhetőnek kell lennie. Ez úgy valósítható meg, ha megfelelő méretű eszközökkel és/vagy alkalmas technikával dolgozunk. Például a kémcső mérete általában nem teszi lehetővé, hogy a benne végbemenő folyamatokat – demonstrációs kísérletek során – a távolabb ülő tanulók is jól megfigyeljék. Vagy például a nátrium (kálium) vízbontási kísérletet hiába végezzük nagy üvegcsőben, még az első padban ülők sem látják a lényegét, mert a jelenség felülről nézve követhető nyomon. Írásvetítővel, ipari kamerával vagy dokumentumkamerával kivetítve viszont egy kb. 15 cm átmérőjű kristályosító tálban végzett demonstráció is élményt jelent az egész csoportnak vagy osztálynak. Apró fogásokkal is segíthetjük a láthatóságot, így például az égő hidrogén kis, halványkék lángja messziről nem észlelhető, de ha ezzel meggyújtunk egy papírcsíkot, akkor így mindenki számára bizonyítható az égés ténye.
- Fontos a lényeg kiemelése: például egy kísérlet bemutatásakor a sokféle változás közül arra irányítsuk a tanulók figyelmét, amit az adott didaktikai cél érdekében a legfontosabbnak tartunk. A fentebb említett nátrium (kálium) vízbontási kísérletben annyiféle változást kell nyomon követni rövid idő alatt, hogy amikor először mutatjuk be (valószínűleg 8. osztályban) akkor célszerű a fenoltaleinoldatot nem a kísérlet elején csöpögtetni a vízbe, hanem csak az után, hogy a tanulók már megfigyelték és elemezték a gömbbé olvadást, a pezsgést, a szaladgálást, kálium esetében a lángot.
- A szemléltetés eredményességének előfeltétele a megfelelő megfigyelési szempontok adása. Ez gyakran nem könnyű feladat, mert hiba, ha túl általánosan adjuk meg, de nem helyes a túlzottan konkrét szempontok kijelölése sem. Kezdő tanárok (vagy tanárjelöltek) viszonylag gyakori hibája, hogy a megfigyelési szempont helyett azt mondják el, hogy mit kell látnia a tanulóknak a bemutatási során. Helyes, ha a fokozatosság elve itt is érvényesül, és fiatalabb tanulók számára csak kevés és egyszerű megfigyelési szempontot adunk.
- A bemutatás után a tanulók beszámolnak a tapasztalataikról. Itt dől el az, hogy mindenki számára valóban látható volt-e az adott tárgy, jelenség, hogy jók voltak-e a megfigyelési szempontok, és hogy minden lényeges momentumot megfigyeltek-e. Ilyenkor arra kell a tanárnak figyelnie, hogy a kérdésekre adekvát válaszokat adjanak a tanulók. Például a „mit láttál?” kérdésre nem az a helyes válasz, hogy „hidrogén fejlődött”, hanem az, hogy pezsgést tapasztaltunk (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*).
- A szemléltetés ne legyen öncélú. Ritkán fordul elő, de van rá példa, hogy a tanár a pedagógiai indokltnál gyakrabban vagy többféle szemléltetést alkalmaz. Ez általában akkor szokott fellépni, ha új szemléltető eszköz (pl. modellkészlet) vagy új technikai lehetőség (pl. Iskolatelevízió az 1960-as évek elején), számítógéppel összekötött projektor stb. jelenik meg. Nem szabad megfeledkezni arról, hogy a szemléltetés nem cél, hanem eszköz. Megfelelő alkalmazása jelentősen segíti az oktató-nevelő munka hatékonyságát és eredményességét, de azt mindig alá kell rendelni az adott célnak.

A szemléltetés két fő fajtáját szokták megkülönböztetni:

- A *közvetlen megfigyelést*, amely a tárgyak, jelenségek, folyamatok közvetlen megjelenítését, a tények meghatározott csoportjának a tanár által történő prezentálását jelentik.

- *Közvetett megfigyelést*, amely az oktatási eszközök egyre bővülő választékával valósítható meg. Az utóbbi évtizedek technikai fejlődése lehetővé teszi, hogy szabad szemmel nem látható, nagyon gyors vagy igen lassú jelenségeket, erősen mérgező anyagokkal végzett kísérleteket stb. is megmutassunk felvételtől. Általánosan megfogalmazhatjuk, hogy a közvetett bemutatással csak akkor helyettesítsük a valóságos tárgyat, eseményeket, jelenségeket, ha az tényleges előnnyel jár (olcsóbb, többet mutat, kevésbé környezetterhelő stb.), de ellenkező esetben ne alkalmazzuk.

A kémia tanításában alkalmazott szemléltetéseket a következő csoportosításban mutatjuk be:

- egyszerű szemléltetések,
- kísérletek.

2. Egyszerű szemléltetés

2.1. Táblák, fóliák, gyűjtemények

Bemutatás

Az elemek és vegyületek külső – fizikai – tulajdonságainak a szemléltetése nagyon fontos, mert ezáltal a tanulók megfelelő anyagismeretre tesznek szert. Ennek során arra kell törekedni, hogy a tanulók minél több érzékszervvel és minél közelebbről érzékelhessék az anyag tulajdonságait.

A gáz-halmazállapotú anyagokat vastagabb rétegben, például gázfelfogó hengerben szemléltessük. Mérgező gázokat (pl. nitrogén-dioxid) nagyobb méretű, leforrasztott kémcsőben vagy jól szívó vegyi fülke alatt lehet bemutatni. A gázok szagát csak akkor vizsgáltsuk közelebbről, ha az nem mérgező. Tilos például a szagtalan szén-monoxidot megszagoltatni. Az ugyancsak mérgező ammónia-, kén-hidrogén- vagy klórgáz szagát – még gondos kezelés ellenére is – úgyis rövid idő alatt érezni lehet az egész teremben.

Folyadékok és szilárd anyagok különböző tulajdonságainak a szemléltetésére a következő módszerek terjedtek el:

- A tanár az előadó asztal mögött felemeli az adott anyagot tartalmazó vegyszeres üveget, és így mutatja a tanulóknak. Az eljárás előnye, hogy gyors, hátránya viszont, hogy csak a közel ülők látják jól az anyagot, továbbá még közletről sem észlelhető minden tulajdonság jól. (Például nem állapítható meg, hogy kristályos vagy por alakú a szilárd anyag, milyen keménységű a fém stb.)
- A másik, talán a legelterjedtebb módszer, hogy a tanár körbe viszi a teremben az üveget, és azt egy pillanatra minden tanuló közelebbről is megfigyelheti. Ez a terem méretétől függően 2-3 percet vesz igénybe, és az előbbinél közelebbi megfigyelést tesz lehetővé, közben megfelelő kérdésekkel irányíthatja is az észlelést.
- A harmadik lehetőség, hogy az adott anyag megfelelő edényben körbejár az osztályban, egymásnak adják a tanulók, és így közletről megfigyelhetik. Jelentős hátrány viszont, hogy az a 2-3 tanuló nem figyel az óra menetére, akiknél az anyag van. Azt is meg kell jegyezni, hogy sok vegyszer esetében ez az eljárás a baleseti veszélyessége miatt nem alkalmazható.
- A bemutatás negyedik, legcélravezetőbb módja, ha a kérdéses anyag (tárgy) minden tanuló előtt megtalálható az asztalon. Így rövid idő alatt, önálló megfigyeléssel és több érzékszervvel szerezhetnek tapasztalatokat. Ennek az eljárásnak is határt szab a balesetvédelem, és természetesen az idő-, illetve anyagigény.

Ne felejtkezzünk el a megfigyelési szempontok megadásáról, majd a tapasztalatok didaktikus feldolgozásáról sem.

Táblai rajz

A szemléltetés legolcsóbb eszköze a tábla és a kréta. A pedagógiában és az iskolai munkában is megfigyelhetünk „divatirányzatokat”. Az 1960-es években indult az a mozgalom, hogy televíziót minden iskolába, az 1970-es években pedig írásvetítőt minden osztályteremben! Ennek a jó kezdeményezésnek az lett a „vadhajtása”, hogy sok iskolában maradinak, korszerűtlennek tartották a tábla használatát. Előre elkészített, gyakran nagyon apró betűkkel teleírt fóliákat vetítettek – gyors egymásutánban – táblavázlat helyett. A távolabb ülő, esetleg gyengébb látású tanuló elolvasni sem tudta ezeket a szövegeket, lejegyezni pedig lehetetlen volt.

Még nagyobb veszélyt jelent a számítógépek (tabletek) általános hozzáférhetősége a 2010-es években. Az USA-ból indult, de már Európa egyes országaiban is megjelent az a kezdeményezés, hogy nem lesz szükségük az embereknek a jövőben kézírásra, ezért azt nem tanítják az iskolában. Ha ez a pedagógiai irány – sok pszichológus tiltakozása ellenére – győzedelmeskedik, akkor a tábla bekerül majd a pedagógiai múzeumba. Szerencsésebb esetben az újabb informatikai eszközök használatbavétele mellett megmaradnak a régi szemléltetési eszközök is, és mindegyiket arra a célra, akkor és olyan formában fogjuk használni, amire, amikor és ahogyan a leghatékonyabb lehet.

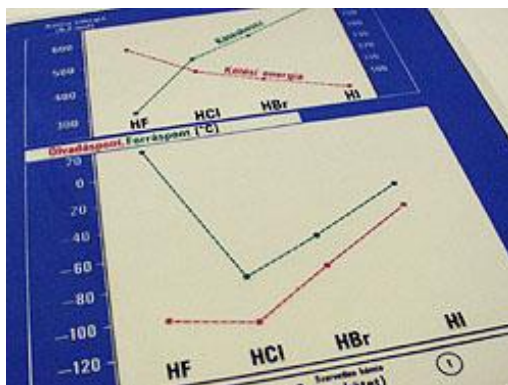
Mi az előnye a táblára írt szövegnek, ábrának? A legfontosabb, hogy a tanulók szeme előtt készül, a pedagógussal párhuzamosan ők is rögzíthetik a füzetükbe. Az egyszerű, vonalas rajz is hasznosabb lehet didaktikailag, ha az a lényegyet mutatja be, mint az előre elkészített bonyolult, a valóságot (pl. kísérleti berendezést) pontosan tükröző kép.

A táblavázlatot tervezzük meg az órára való felkészüléskor. A táblára megfelelő méretű betűkkel írunk, közben mondjuk is a felírt szöveget. Használjunk színes krétát a lényeg kiemeléséhez. Hasznos lehet néha a terem hátsó részéből megnézni, hogy a táblai munkánk látható és áttekinthető-e. Általános iskolában célszerű részletesebb vázlatot írni, minden kísérletet rögzíteni, majd a középiskola vége felé meg kell tanítani az önálló jegyzetelést is (részletesebben lásd III. Oktatási módszerek).

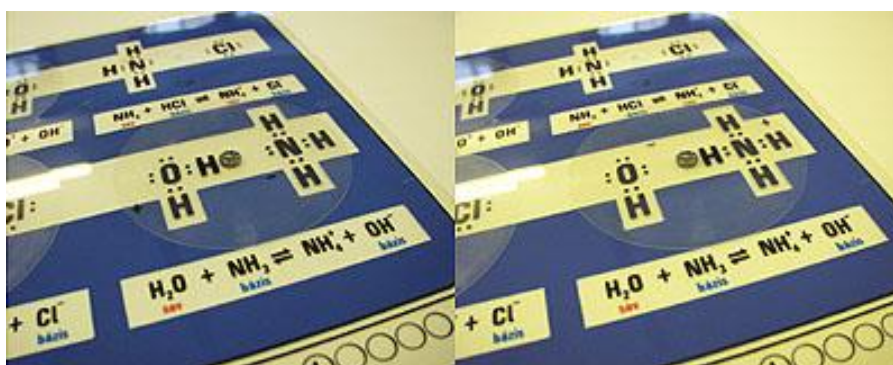
Írásvetítő fóliák

Az írásvetítő az az eszköz, amely még manapság is sok tanteremben megtalálható. Az ára elérhető, kezelése egyszerű, használata nem igényel sötétítést, többféle funkcióra alkalmazható a kémiaórán, és a fóliák elkészítése sem túl bonyolult feladat. Az eszköz elterjedésével egy időben – az azóta már megszűnt – Országos Oktatástechnikai Központban gyártottak és forgalmaztak készen kapható írásvetítő fóliákat (azaz „transzparenszeket”) a kémia tanításához is. Ezek a régebbi iskolákban még sok helyen megtalálhatóak, és bizonyos lapjai ma is alkalmazhatók. Hátrányuk azonban, hogy ezek nem mindig voltak kellő gondossággal lektorálva és javítva. Ezért a tanárnak mindig gondosan kell kiválasztani közülük a szakmailag hibátlan, jól használható példányokat.

Az egyszerű, egylapos fóliák szöveges vagy képi információkat tartalmaznak. (1. ábra). Takarással, illetve kiegészítéssel irányíthatjuk a tanulók figyelmét. Az ábrák anyagának változtatása, bővítése az a plusz lehetőség, amivel a diaképek és a faliképek nem rendelkeznek. A fólia bemutatathat olyan egyszerű, szemléletes rajzot, amellyel a nehezen elképzelhető fogalom közelebb hozható a tanulókhoz. A többlapos, kiépíthető (hajtogatható, forgatható stb.), mozgatható fóliák (2. ábra) alkalmasak egy elektronháj kiépülésének, az oldódás folyamatának, egy ipari technológiának vagy egy kémiai reakció végbemenetelének a szemléltetésére. A jól kitalált és elkészített ilyen fólia egy egyszerűbb rajzfilmnek vagy animációnak felel meg. Kis kezűességgel természetesen házilag is készíthetünk ilyen fóliákat az olyan iskolákban, ahol a számítógéppel összekötött aktív tábla nem áll minden osztályteremben rendelkezésre.



1. ábra. Egylapos, előre gyártott írásvetítő fólia



2. ábra. Többlapos, mozgatható, előre gyártott fóliák

Faliképek

A legrégebbi szemléltető eszközök közé tartoznak a falra akasztott képek, táblázatok. A technikai eszközök 20. században végbement fejlődésével valamelyest csökkent a jelentőségük, de a kémia terem még ma sem képzelhető el a falára felfüggesztett periódusos rendszer nélkül. A megfelelő méretű, több színnel készült és az atomok legfontosabb adatait tartalmazó periódusos rendszer hasznos segédeszköz, különösen az általános és a szerves kémia tanításakor. Az interaktív periódusos rendszerek legrégebbi változata egy falra szerelhető, elektromos hálózatról működtethető szerkezet volt. A hozzá tartozó pálcával megérintve egy adott elem vegyjelét, megjelent a kijelzőn az elem elektronkonfigurációja. Ma már számos interaktív periódusos rendszer érhető el szabadon az interneten.¹⁰¹ Ezek nem csak az egyes elemek elektronszerkezetét, hanem a különféle adataikat, tulajdonságaikat is mutatják, sőt több esetben az adott elemmel kapcsolatos videó is elindul az elem vegyjelére való kattintáskor.

Jól használható még általános iskolában a fémek aktivitási sora, középiskolában pedig a standardpotenciálokat feltüntető falitábla. Az írásvetítő fóliákhoz hasonlóan azonban ezek sem estek át mindig kellő gondosságu lektoráláson. Ezért ezek esetében is ügyelni kell arra, hogy csak a szakmailag hibátlan, jó minőségű termékeket használjuk. A periódusos rendszer tekintetében a Nemzetközi Kémiai Unió (IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry)¹⁰², az elemek hivatalos magyar neve tekintetében a szerves kémiai nevezéktan¹⁰³ az irányadó.

A terem dekorációjának részeként, illetve az általánosabb nevelési szempontok alapján is javasoljuk híres magyar vagy külföldi kémikusok fényképét – rövid és informatív szöveggel

¹⁰¹ Példák interaktív periódusos rendszerekre: <http://www.ptable.com/>; <http://www.periodicvideos.com/>; <http://table.minutephysics.com/#mag>; <http://www.rsc.org/periodic-table>; <http://www.webelements.com/> (utolsó letöltés: 2015. 09. 14.)

¹⁰² http://www.iupac.org/fileadmin/user_upload/news/IUPAC_Periodic_Table-1May13.pdf (utolsó letöltés: 2015. 09. 14.)

¹⁰³ Fodorné Csányi P., Horányi Gy., Kiss T., Simándi L. (2008): Szerves kémiai nevezéktan, Akadémiai Kiadó, Budapest

kiegészítve – elhelyezni a falon. Készülhet térkép az ásványlelőhelyekről vagy a hazai vegyipari üzemek elhelyezkedéséről, megrajzolhatók a fontosabb technológiai folyamatok ábrái stb. A tanulók projektmunkájának a végeredménye is lehet egy dekoratív és informatív falikép, poszter. Azt javasoljuk, hogy a felsorolt képek csak időszakosan jelenjenek meg a falon, mert ha állandóan ott függenek, akkor a megszokás érdektelenséget eredményezhet.

Ásványgyűjtemény

Az ásványgyűjtemény az utóbbi évtizedekben lényegesen kisebb szerepet játszik, mint régebben. A 19. században az ásványtan önálló tantárgy volt, és azon belül közvetítettek kevés kémiai ismeretet¹⁰⁴. Ennek ellenére jól kiegészíti a kémiaoktatást, és ma is hasznos és tanulságos hobbi az ásványgyűjtés, valamint érdekes rendezvény az ásványbörze. Ha a régebbi iskolákban megtalálhatók az ásványgyűjtemény maradványai, akkor javasoljuk, hogy a kémia teremhez vezető folyosón, zárható, üvegajtós szekrényben helyezzük azt el. Így a tanulók számára állandó megfigyelési lehetőséget biztosítunk. A gyűjtemény csak akkor hasznos, ha gondoskodunk a jól olvasható, szakszerű feliratokról.

Címkék, használati utasítások

Annak érdekében, hogy megmutassuk, bizonyítsuk a kémia tanulás hasznosságát, gyűjtessünk a tanulókkal érdekes, meghökkentő, esetleg hibás címkéket, feliratokat, használati utasításokat. Az élelmiszerek címkéjén például az utóbbi időben elég sok mindent fel kell tüntetnie a gyártónak, amelyek nagy részét csak adott kémiai ismeretek birtokában tudja értelmezni a vásárló. Ilyenek az E-számok, a transzzsírok aránya, az emulgeálószer stb. (részletesebben lásd¹⁰⁵). Az a tapasztalatunk, hogy nem minden esetben kémiából is képzett szakember készíti vagy fordítja ezeket a szövegeket, mert láttunk már ásványvízes palack címkéjén Li^{2+} -ionokat, vagy a fogyasztószerként árult fehér por összetételeként a szacharóz, esetleg a glükóz képletét adták meg. Középfokú kémiai műveltségű vásárló, ha elolvassa vagy meghallgatja a sok ezer forintért árult méregtelenítő lábfürdő működéséről szóló tájékoztatót, akkor biztos nem veszi azt meg. (részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái*, és *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*).

2.2. Modellek

A valóság egyszerűsített mását modellnek nevezzük. A természettudományos kutatásban kiterjedten alkalmaznak modelleket. Magát az embert a 18. században óraműnek, a 19. században hőerőgépnak, a 20. században pedig számítógépnak látják bizonyos kutatók.¹⁰⁶ A modell a láthatatlant, a nehezen elképzelhetőket segít elképzelni, ezért nagy szerepe van az oktatásban. Elég realiztikusnak kell lennie ahhoz, hogy tükrözze a valóságot bizonyos aspektusból, ugyanakkor elég egyszerűnek kell lennie, hogy megértsük, átlássuk. A sikeres modellt könnyű összetéveszteni a valósággal. Például 7-8. osztályban egy idő után, ha többször használjuk az atommodell-készletet, akkor a gyerekek gyakran piros oxigénatomról beszélnek, mert minden készletben piros idomok szimbolizálják az oxigénatomot. A kémia tanításban nagyon gyakran használunk atom- és molekulamodelleket (részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái*).

Készen kapható atom- és molekulamodellek

A szemléltető eszközként készen kapható modellek két csoportba sorolhatók: az Eugon- vagy kalottmodell csonkolt gömbökből áll, jól szemlélteti a molekula térkitöltését (3. ábra). A pálcikamodell vagy vázmodell elemei kis gömbök vagy hengerek, amelyeken egy vagy több csap

¹⁰⁴ A természettudomány tanítása. (Szerk.: Radnóti K.) (2014), Mozaik Kiadó, Szeged

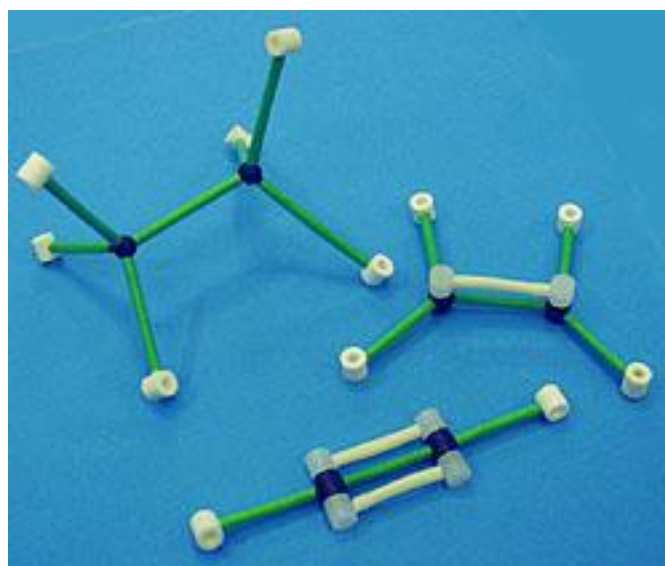
¹⁰⁵ Balázs K.: „Keverem, kavaram, rázom az elegyem” c. óraterv. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezet tanításához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

¹⁰⁶ Mojzes J., Cs. Nagy G. (1978): Kémiai tantárgypedagógia, Tankönyvkiadó, Budapest

található. Ez utóbbiak a vegyértékhéjnak tekinthetők. A csapok száma és az egymással bezárt szög a kötésorientációt jelzi (4. ábra).



3. ábra. Eugon- vagy kalottmodellek



4. ábra. Pálcikamodellek

Az idomok színezése mindkét készletben a nemzetközi szabvány szerint történt: fehér a hidrogénatom, piros az oxigénatom, fekete a szénatom, zöld a klóratom, kék a nitrogénatom, sárga a kénatom modellje. A pálcikamodell-készletben zöld, piros és fehér műanyag csövek találhatók a kötések kialakítására. Célszerű következetesen a zöld csöveket a σ -, a fehéreket a π -, a pirosakat a hidrogénkötések jelzésére használni. Egy kis számolással és az összekötő műanyagcsövek megfelelő méretre való vágásával még a kötéstávolságokat is valósághűen szemléltethetjük. Például a két atomi centrumot összekapcsoló kötőelem hossza a következő összefüggés alapján számítható ki:

$$x_{A-B} = 30(r_A + r_B - 1),$$

ahol x_{A-B} a kötőelem hossza cm-ben, r_A az egyik elem kovalens sugara nm-ben, r_B a másik elem kovalens sugara nm-ben. Így például a C-H-kötésre 2,3 cm-t, a C-C- kötésre 3,6 cm-t, a C=C-kötésre 3,0 cm-t, a C $\equiv$ C- kötésre 2,7 cm-t kapunk. Megfelelő számú idomból elkészíthetjük akár a grafit-, a gyémántrács, vagy akár a fullerén modelljét is.



5. ábra. Szerves molekulák modelljei

Azokat a molekula- vagy rácsmodelleket, amelyeket csak egy-két példányban tudunk elkészíteni vagy megvásárolni demonstrációs céllal használjuk fel. Egy összetett molekulában – gondolunk itt első sorban a szerves kémiára – a modellen sokkal több minden látható és láttatható, mint a kétdimenziós képen, így a tanulók térbeli látása jól fejleszthető (5. ábra).

Mit tudunk szemléltetni a molekulamodellekkel?

- A vegyület térszerkezetét: a molekulát alkotó atomok méretarányát, azok egymáshoz viszonyított helyzetét, a molekulában található jellegzetes atomcsoportokat, a molekula alakját, a rácsszerkezetet.
- A kötések fajtái leolvashatók a molekulamodellekről, ha az előbbi javaslatunk szerint következetesen használjuk a különböző színű kötőelemeket. A nemkötő elektronpárok száma is megállapítható.
- A szerves kémiában az izoméria fogalmának kialakítása szinte elképzelhetetlen a modellek használata nélkül.
- Egyszerűbb kémiai reakciók is követhetők a modellekkel, például a sav-bázis vagy a szubsztitúciós reakciók.

A modellek egyszerű bemutatásával általában nem lehet elég hatékony a megfigyelés, az észlelés. Itt is szükség van a tanulók aktív tevékenységére, a tanulókísérletekhez hasonlóan a modellekkel is foglalkoztathatjuk a tanulókat.

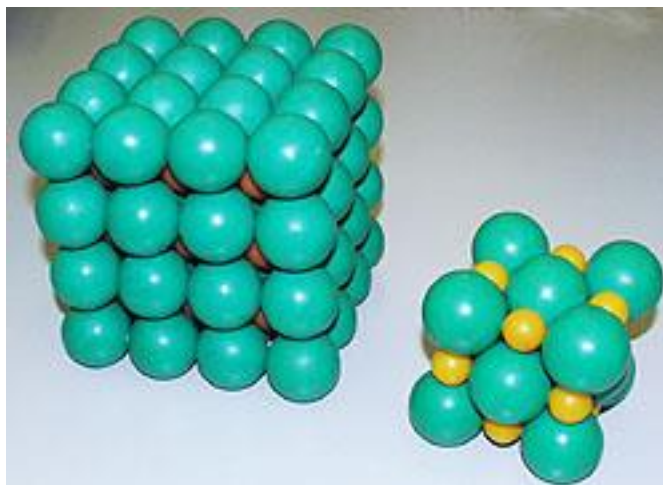
Milyen feladatokat fogalmazhatunk meg a tanulók számára?

- Építsék fel, állítsák össze valamely molekula modelljét a szükséges elemek, illetve adatok birtokában.
- A modell alapján rajzolják le valamely molekula szerkezeti képletét. Állapítsák meg a molekulában lévő kötő- és nemkötő elektronpárok számát.
- A kiadott modellt építsék tovább, alakítsák át más molekula, ion, halmaz stb. modelljévé.
- Állapítsák meg a modell alapján a molekulára jellemző adatokat, információkat.
- Hasonlítsák össze két vagy több molekula modelljét és állapítsák meg az azonosságokat és a különbségeket.
- Kövessék a kémiai reakciót az adott modellek segítségével. Írják le a folyamat reakcióegyenletét.
- Válogassák ki és nevezzék meg – a modellek csoportjából – azokat, amelyek adott szempontnak megfelelnek (pl. tetraédres felépítésűek, egy nemkötő elektronpárral rendelkeznek stb.).

A tanulók dolgozhatnak egyénileg vagy 2-4 fős csoportokban. Tevékenységüket a tanár irányíthatja előszóval vagy feladatlapokkal.

Készen kapható kristályszerkezeti modellek

Valamennyi, középiskolában tárgyalt kristályrács típus modellje megtalálható a legtöbb iskolában. Ezeket tanári demonstrációra használhatjuk (6. ábra). Fontos, hogy minden irányból – esetleg rétegenként – mutassuk meg ezeket a modelleket.



6. ábra. A nátrium-klorid kristályrácsának modellje

Házilag készíthető modellek

Szappanbuborék-modell

Készítsünk szappanoldatot 50 g folyékony mosogatószer, 50 g glicerín és 1 dm³ víz felhasználásával. Az oldatot legalább 3 nappal a felhasználás előtt készítsük el. A továbbiakban bármikor felhasználható.

Vegyünk egy megfelelő méretű üveglapot vagy írásvetítő-fóliát. Kenjük meg az üveget (fóliát) a szappanoldattal, majd műanyag szívószállal fújunk megfelelő (azonos vagy különböző) méretű félgömböket a lapra, egy-egy atomot így szemléltetve. Ez a megoldás főként tanulói munkáltatásra alkalmas, de írásvetítővel kivetítve az egész osztálynak is bemutatathatók ezek a modellek. Kiválóan szemléltethető a buborékokkal az is, hogy ha két hidrogénatomnak megfelelő – egymástól néhány cm távolságban lévő – buborék közül az egyiket a szívószállal óvatosan mozgatva közelítjük a másik buborékhoz, akkor a megfelelő közelségben a két „atom” modellje „hidrogénmolekula” modelljévé „olvad” össze (7. ábra). A szappanbuborék félgömböket egymás felé terelgetve modellezhető a többatomos molekulák kialakulása is.



7. ábra. A hidrogénmolekula szemléltetése szappanbuborékokkal

Léggömbmodell

A különböző méretű gömbökké fújott léggömbökkel szemléltethetjük az 1s, 2s, 3s stb. pályákat. Ha a felfújott léggömböket közepén óvatosan megcsavarjuk és elszorítjuk, akkor a p-pálya modelljét kapjuk, ebből hármat összefogja kialakíthatjuk a p-alhéjat. Három léggömb

összekötésével a síkháromszög alakú molekulákat modellezhetjük. Négy léggömb pedig összekötve (a szoros illeszkedés elve alapján) pont a tetraéderes kötésszögbe áll be (8. ábra). A léggömbök azonos vagy különböző színe jelölhet azonos vagy különböző ligandumokkal kialakított kötéseket. A nemkötő elektronpár(ok) nagyobb térigényét a többinél nagyobbra fújta léggömbbel (vagy léggömbökkel) szemléltethetjük.



8. ábra. Atompályák, illetve molekulapályák szemléltetése léggömbökkel

Palackmodell

A molekulák térbeli szerkezetének a tanításához olcsón és egyszerűen készíthetünk palackmodellt (9. ábra). Nem kell mást tenni, mint összegyűjteni néhány 1,5 és 2 literes műanyagpalackot a csavaros kupakjaikkal együtt. A palackok megfelelő irányú összecsavarozásához központi elemeket kell készítenünk. Ha csak két palackot akarunk összekapcsolni, akkor a két kupakot egy felizzított vastag tűvel kilyukasztjuk, majd összedrótozzuk. Három kupakot a tetejének a szélén négy-négy ekvivalens helyen kifúrjuk, és dróttal összeerősítjük. Négy kupakot úgyis össze lehet erősíteni, ha egy szabályos háromszögalapú fahasáb minden lapjára felcsavarozunk egy-egy kupakot. Azonban ha a felforrósított tűvel átszúrt 4 kupakot összedrótozzuk, akkor (a szoros illeszkedés elve alapján) pont tetraéderes irányba állnak be (10. ábra). Keskenyebb és szélesebb palackok felhasználásával azt is szemléltethetjük, hogy a nemkötő elektronpároknak nagyobb a térigénye.



9. ábra. Az ammóniamolekula modellje



10. ábra. A palackmodellek központi elemei

Poliuretánhabból faragott modell

Kis ügyességgel faraghatunk modelleket a különböző törékeny berendezések csomagolásakor rögzítésre használt könnyű, habosított anyagokból is (11. ábra).



11. ábra. Atompályák szemléltetése poliuretánhabból faragott modellekkel

A felsorolást folytathatnánk, mert lehet modellt készíteni gyurmából, sókerámiából és fogvájókból, vagy ping-pong labdából, különféle gyümölcsökből, termésekből stb. A diákok kreativitása fejleszthető azzal, ha modellkészítési feladatot adunk otthonra vagy szakköri foglalkozásra.

Az informatikai eszközökkel történő szemléltetési módok leírása a VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a kémiaoktatásban című fejezetben található.

3. Kémiai kísérletek

A kémiatanítás „sava-borsa” a kísérletezés. A múlt és a jelen tapasztalatai alapján is elmondhatjuk, hogy tábla-kréta kémiával biztosan nem valósíthatóak meg a kerettanterveknek és a helyi tanterveknek megfelelő célkitűzések (részletesebben lásd I. A tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése). A kémiaórákon bemutatott kísérletek csekély száma objektív (anyag-, eszköz-, idő- és laboránshiány stb.), valamint szubjektív (a tanár kísérletező kedve, információhiány stb.) körülményekre vezethető vissza (részletesebben lásd Bevezetés). A kísérlet nélküli kémiatanítás azonban unalmas, hatástalan, elszomorító és a diákok számára nehezen befogadható. A kerettantervek nagy súlyt helyeznek a tanári és a tanulói kísérletezésre. A kísérletezésben is jelentős fejlődés tapasztalható, mind a végrehajtás technikájában, mind a kísérletek tartalmában. Új eszköz a tanárok kezében a számítógép és a világháló.

3.1. A kísérletezés szerepe a kémiaoktatásban

A mai ember számára a kísérletezés, így a kémiai kísérletezés is teljesen természetes dolog. Kísérletezik a kutatóvegyész, a kémiatanár és nem utolsósorban a tanuló is. Nem volt ez mindig így. ROGER BACON (1214-1294) ferences rendi szerzetes, az európai alkímia kiemelkedő alakja volt az első, aki a megismerés addig elfogadott két ismeretszerzési forrása, a tekintély és az ész mellé harmadikként a tapasztalást is hozzátette¹⁰⁷:

„...a természet a legjobb tanítómester, a tapasztalás az egyetlen forrása és döntő próbája minden tudásnak a bennünket körülvevő világról” írta. Ő hirdette meg a kísérletező tudományt:

„A természet hatalmas és csodálatos, de a természet erejénél is hatalmasabb a tudás, ha eszközül használja a természetet.”

A tudományos megismerés és az iskolai-tanulói ismeretszerzés között alapvető különbségek vannak. Az iskolai tanítás során nem a kémia tudományának jelenlegi teljes és hatalmas ismeretanyagát tárjuk fel a tanulók előtt, hanem ebből kell kiválasztani azt, a társadalmilag szükséges és pedagógiai-pszichológiai szempontból megfelelő részt, amelynek didaktikai feldolgozása lehetséges. Így alakul ki a kémia tantárgy tananyaga, amelynek alapkövetelménye, hogy hozzájáruljon a tanulók természettudományos műveltségének megalapozásához, és

¹⁰⁷ Dr. Balázs L. (1996): A kémia története, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

tudományosan helyes, az életkori sajátosságoknak megfelelően korszerű és továbbfejleszthető, bővíthető ismereteket nyújtson. A kémia tantárgy napjainkban érzékelhető népszerűtlensége a közoktatásban valószínűleg a mennyiségében és minőségében túlméretezett tananyagnak és a részben ennek következtében is elterjedt tábla-kréta kémiának köszönhető (részletesebben lásd és III. Oktatási módszerek). Vigyázni kell azonban arra, hogy a tankönyvek oldalszámának és ismeretanyagának csökkentése nem minden esetben könnyíti meg a tanulást és szereteti meg a kémiát. Az érdekességek pusztá felsorolása a rendező elv és a szakmai alapok ismerete nélkül lehetetlenné teszi a megértést, a magyarázatot, így az csupán bemagolandó ismeretanyaggá válik. Azt pedig nem lehet szeretni. Több felmérésből¹⁰⁸ kiderült, hogy a tanulók nagy része – az általános és a középiskolában egyaránt – az elsajátított elméleti ismereteik alapján az esetek túlnyomó többségében képtelen a környezetében tapasztalt jelenségek magyarázatára, sőt az ott előforduló legközönségesebb elemek és vegyületek felismerése is nehézséget okoz nekik. Sajnos a kísérletezésre és a kísérleteztetésre jelenleg is nagyon kevés idő jut a tanórákon, és ez legfeljebb az emelt óraszámú képzésekben, illetve „fakultációs” órákon és kémia szakkörökön pótolható. Az Öveges Program¹⁰⁹ ezen szeretne változtatni, de ez a pályázati kiírásban megszabott feltételek miatt sajnos csak korlátozott hatású lehet (és egyébként is csak az ország közoktatási intézményeinek egy kisebb hányadára terjed ki).

A kémiaoktatás célja, hogy a kémia tanulása, az ismeretek elsajátítása ne csak kellemetlen kötelességet, hanem tartós élményt is jelentsen a tanulóknak. Mint a Bevezetés-ben is utaltunk rá, napjainkban a kémiatanítás egyik legnagyobb gondját az időhiány jelenti, mert az elsajátítandó ismeretek mennyisége és a fejlesztendő képességekre vonatkozó követelmények időről időre növekszenek, miközben a kémiaórák száma két évtized alatt átlagosan 30%-kal csökkent. A gondokat fokozza, hogy az iskolák nagy többsége jól felszerelt és elegendő szaktanteremmel és szertárral sem rendelkezik. Pedig a társadalmi elvárások és a Nemzeti alaptanterv¹¹⁰ valamint a kerettantervek¹¹¹ célkitűzései (a gyakorlati élettel, a környezettel való szorosabb kapcsolat) csak abban az esetben valósíthatók meg, ha a kémiaórákon jut idő a jól kiválasztott, megfelelően bemutatott vagy elvégzett és elemzett kémiai kísérletekre. (részletesebben lásd I. A tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése).

Az „élő” kísérlet¹¹² élményét semmi sem pótolja. Bár még a legegyszerűbb kísérlet elvégzése is eszközt, anyagot, előkészítő munkát és időt igényel, mégsem mondhatunk le róla. Hiszen sok más mellett ez teremti meg a technikai eszközök segítségével (adathordozóról vagy közvetlenül az internetről lejátszva) videofilmen bemutatott kísérletek hitelét is (részletesebben lásd VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a kémiaoktatásban).

3.2. A kísérlet megtervezése, előkészítése, végrehajtása

Miért kísérletezünk? A kémiai kísérletezés nem játék vagy bűvészkedés, hanem komoly megismerő tevékenység, de az iskolai kísérletezés azért természetesen nem azonos a kémiai kutatással. A kísérletező kutató célja: saját tapasztalatai alapján megismerni a természetet. A kísérletező, vagy kísérleteztető tanár célja: a tanulók saját maguk győződjenek meg a már felfedezett természeti törvények igazságáról. A tanár által végzett vagy végeztetett, illetve a tanuló által megtervezett és elvégzett kísérletek során a kémiai folyamatok tervszerűen irányítottak.

¹⁰⁸ Lásd a PISA felmérések eredményeinek összefoglaló jelentéseit angolul, ill. magyarul, pl.:

http://www.oktatas.hu/koznevelas/meresek/pisa/pisa_2006_meres (utolsó letöltés: 2015. 04. 15.)

¹⁰⁹ <http://palyazat.gov.hu/doc/3368> (utolsó letöltés: 2015. 04. 15.)

¹¹⁰ A Kormány 110/2012 (VI.4.) rendelete a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Magyar Közlöny, 2012. évi 66. szám

¹¹¹ 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 3. melléklete, letölthető: http://kerettanterv.ofi.hu/03_melleklet_9-12/index_4_gimn.html (utolsó letöltés: 2014. 08. 16.)

¹¹² Hobinka I., Riedel M., Vámos I. (1987): Élő kémiai kísérletek iskolaszámítógéppel, a kémiai kísérletek és a számítógép. in "Játékos atomok", szerk. Tóth E. és Sükösd Cs. OOK, Veszprém, 115-122.

(részletesebben lásd V. A gondolkodási képességek fejlesztése). A kísérletezés a természettudományok legjellemzőbb megismerő módszere.

Minden kísérlet, kérdés a természethez. Például egy kísérlet bemutatása vagy megtervezése előtt föltehető a következő kérdés: Mi a magyarázata a savas eső mészkőszobrokat és mészkőépületeket károsító hatásának? Illusztrációként bemutatható vagy kivethető ehhez egy színes fénykép is (12. ábra). Csak értelmes kérdésre remélhetünk értelmes választ. Ilyen értelmes kérdés a jól megtervezett kísérlet is.



12. ábra. A savas eső hatása a reims-i székesegyház bejáratánál lévő szobrokon

- A kémiai kísérlet mesterséges körülmények között végzett, előidézett megfigyelés, amelynél
- az eredményt meghatározó paraméterek ismertek és egyenként, egymástól függetlenül változtathatók;
 - azonos feltételek mellett, azonos eredménnyel tetszés szerint bármennyiszer megismételhetők.

Mi a különbség a természetben spontán végbemenő kémiai folyamatok és a kémiai kísérletek között? A természetben spontán végbemenő folyamatok komplex, összetett jelenségek, amelyeknek az egyes paraméterei nem változtathatók, sőt sokszor nem is figyelhetők meg, így nem tudhatjuk, hogy az eredmény megváltozása melyik paraméter megváltozásával függ össze. A kémiai kísérlet nem spontán, hanem előidézett és mesterséges körülmények között megy végbe. Előidézett, mert nem várjuk meg, amíg a jelenség magától bekövetkezik. Ez részben időmegtakarítást, részben tetszés szerinti számú ismétlést jelent. A mesterséges körülmények biztosítása lehetővé teszi a paraméterek egyenkénti változtathatóságát. A kémiai kísérletek tervezésénél kizáró, kirekesztő gondolkozásmódnak kell érvényesülnie. Olyan körülményeket kell teremteni, amelyek között a jelenséget, folyamatot befolyásoló tényezők közül csak egynek van jelentősége, (illetve csak egy paramétert változtatunk, ezt latinul a „*ceteris paribus*” elvének nevezik), és a többi a vizsgálat szempontjából ideiglenesen figyelmen kívül hagyható (illetve nem változik). Ha ez nem így van, akkor a kísérlet nem alkalmas az adott törvényszerűség bizonyítására. Például az atomos és molekuláris hidrogén redukáló tulajdonsága közötti különbség bemutatására nem alkalmas az a kísérlet, amikor savas kálium-permanganát-oldat egyik részletébe granulált cinkdarabkát dobunk, míg a másik részletébe gázfejlesztőből molekuláris hidrogéngázt vezetünk. A kísérletből hibásan levont következtetés: az első esetben az oldat színe a fejlődő atomos hidrogén hatására liláról színtelenné változik, míg a második esetben az oldatba vezetett hidrogéngáz nem okoz színváltozást. Az első esetben a hidrogén a keletkezés pillanatában valóban atomos, de nem vettük figyelembe, hogy ezen kívül a cink is képes közvetlenül redukálni a lila színű hidratált permanganátionokat szintelen mangán(II)-ionokká, így a kísérlet nem

bizonyítja egyértelműen az atomos és a molekuláris hidrogén redukáló hatása közötti különbséget. A jó kísérlet: a savas kálium-permanganát-oldatba hidrogénnel telített grafitrudat mártunk, ami felületén atomosan köti meg a hidrogént. Ebben az esetben a lila kálium-permanganát-oldat elszíntelenedése valóban kizárólag az atomos hidrogén redukáló hatásának tulajdonítható, így bizonyítja az atomos és molekuláris hidrogén redukáló képessége közötti különbséget.

A kísérletek kiválasztásánál, előkészítésénél, végrehajtásánál figyelembe kell venni a tananyagot (vagyis a tanítandó tartalmat), a didaktikai célt, a technikai megoldásokat és a balesetvédelmi követelményeket. A kísérlet tárgyának kiválasztásánál a tananyag jellegzetes és fontos elemei döntenek.

A didaktikai cél megvalósításához a következő feltételeknek kell teljesülniük:

- a kísérleti megoldást kívánó probléma világos felvetése (cél és alapgondolat);
- a megfigyelési szempontok megadása, figyelemirányítás;
- a kísérleti berendezés és az egymásra ható anyagok előzetes ismertetése;
- a kísérlet bemutatása „helyszíni közvetítéssel” vagy végrehajtása a tanulók által;
- magyarázat, a figyelem összpontosítása a fontos részletekre;
- a kísérleti tapasztalatok tisztázása, elemzése, a kísérleti eredmények kiértékelése és a szükséges következtetések levonása (tanári irányítással vagy egy végső, frontális összegzéssel befejezve).

A technikai megoldásra vonatkozó követelmények közül a legfontosabbak:

- A kísérletnek feltétlenül sikerülnie kell! Ezért még a legegyszerűbbnek látszó kísérletet is bemutatás előtt ugyanazokkal az anyagokkal és eszközökkel ki kell próbálni. Ha a gondosan előkészített kísérlet nem sikerül, akkor elemezni kell a sikertelenség lehetséges okait, majd az okok elhárítása után a kísérletet a lehető legrövidebb időn belül meg kell ismételni.
- A kísérlet minden részletének jól láthatónak kell lennie. Ezért:
 - o - megfelelő méretben végezzük, vagy vetítsük ki írásvetítővel, vagy kamerával;
 - o a nem kivetített kísérleteknél a bemutatott anyagokat és eszközöket emeljük kellő magasságra;
 - o az észleléshez biztosítsunk kontrasztos háttérrel, jó megvilágítást, és a kísérletet nem zavaró műveletekkel segítjük a megfigyelést (például a folyadékok megfestése, vagy gázok égésének kimutatása papír meggyújtásával, lásd fentebb).
- A kísérlet sikere és az esztétikai nevelés érdekében tiszta edényekkel és egyszerű, áttekinthető, szabályosan és esztétikusan összeszerelt készülékekkel dolgozzunk.
- Be kell tartani és a tanulókkal is be kell tartatni a balesetvédelmi szabályokat, valamint a környezetvédelmi előírásokat.

3.3. A kísérletek csoportosítása

Az iskolai kémiai kísérletek több csoportját különböztetjük meg. A csoportosítás szempontjai lehetnek a következők:

1. a megismerés logikai útja
2. a kísérletet végző személye
3. a kísérlet megvalósításának mérete
4. a kísérlet megvalósításának eszközei
5. a kísérlet megvalósításának módja
6. a didaktikai cél
7. a kísérlet által biztosított információ jellege

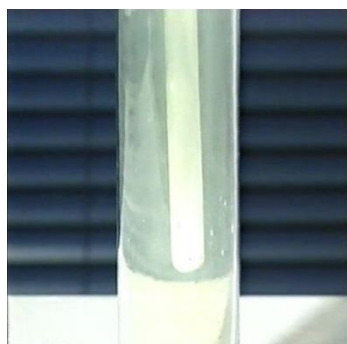
3.3.1. A megismerés logikai útja szerinti csoportosítás

Megkülönböztetünk problémafelvető és problémamegoldó kísérleteket. A problémafelvető vizsgálat ideje általában az óra eleje, a problémamegoldó pedig általában az óra vége. Az előbbi induktív, az utóbbi deduktív gondolkozásmódot igényel (részletesebben lásd V. A gondolkodási képességek fejlesztése). Létezik még kontrollvizsgálat és ismétlő vizsgálat, de ezeknek az iskolai tanórán jóval kisebb a jelentőségük. A kontrollvizsgálatot az iskolában időhiány miatt legfeljebb

csak gondolatban végezzük el, bár pl. az olyan, színváltozással járó reakciók során, mint a telítetlenség kimutatása brómos vízzel, célszerű a színes kiindulási anyagot, ill. oldatot kontrollként a termék mellé tenni. Az ismétlő vizsgálatot pedig – ha van rá mód – megerősítés vagy reprodukálás céljából végezzük. Ugyanazt a kísérletet elvégezhetjük problémafelvető, vagy problémamegoldó kísérletként is.

Lássuk, mi a különbség a kettő között egy konkrét példán, a nátrium és a klórgáz reakcióján bemutatva! (13. ábra)

A problémafelvető vizsgálat esetében minden különösebb előzetes magyarázat nélkül végezzük el a kísérletet. Például alul perforált – több kis lyukkal ellátott – kémcsőbe megtisztított nátriumdarabkát teszünk. Addig melegítjük a kémcsövet, amíg a nátrium megolvad, majd lassan a klórgázzal teli hengerbe mártjuk (13/a. ábra). Megfigyelhetjük, hogy a két anyag igen hevesen, fénytűnemény közben reagál egymással (13/b. ábra). A képződő fehér, kristályos nátrium-klorid lerakódik a kémcső aljára és oldalára (13/c. ábra).



a.



b.



c.

13. ábra. Nátrium és klórgáz reakciója

a. A Nátrium és klórgáz reakciója, b. A nátrium és klór reakciója során megfigyelhető fénytűnemény, c. A nátrium és klór reakciója során megfigyelhető szilárd, fehér anyag keletkezése

A kísérletet utasítások, kérdések és feleletek követik:

- Milyen halmazállapotú anyag keletkezett a reakció során? (Szilárd)
- Mi lehet ez az anyag? (Nátrium-klorid)
- Írjuk fel az anyag összetételét kifejező tapasztalati képletet! (NaCl)
- A keletkezett anyag milyen rács típusban kristályosodik? (Ionrács)
- Milyen részecskék helyezkednek el a rácspontokban? (Nátriumionok és kloridionok)
- Miből és hogyan keletkezett a nátriumion?
(Nátriumatomból, elektronleadással: $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$)
- Miből és hogyan keletkezett a kloridion?
(Klóratomból, elektronfelvétellel: $\text{Cl} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-$)
- Hogy nevezzük az elektronleadással, illetve elektronfelvétellel járó reakciókat?
(Elektronleadás = oxidáció, elektronfelvétel = redukció)

A problémafelvető kísérlet esetében tehát a konkrét kísérletből kiindulva, a tapasztalatok, megfigyelések alapján következtetünk a szerkezetre, tulajdonságokra, azután általánosítunk. A kísérlet a megismerés alapja és forrása (ún. induktív kísérlet).

Ugyanezt a kísérletet bemutathatjuk problémamegoldó jelleggel is. Ebben az esetben a kísérlet elvégzése előtt, elméleti ismereteink alapján jósoljuk meg a kísérlet várható eredményét. Kérdéseket teszünk fel, amelyekre a zárójelben lévő válaszokat várjuk:

- Milyen a nátriumatom és a klóratom elektronszerkezete?
(Egy, illetve hét vegyértékelektronnal rendelkeznek.)

- Hogyan stabilizálódhat a nátriumatom? (Elektronleadással, ionképződéssel)
- Hogyan stabilizálódhat a klóratom? (Elektronfelvétellel, negatív ion képződésével.)
- Mi történik, ha a két elem atomjai megfelelő körülmények között ütköznek?
(Reakcióba lépnek egymással, stabilizálódnak.)
- Hogy nevezzük az elektronleadással járó reakciókat? (Oxidációnak)
- Hogy nevezzük az elektronfelvétellel járó reakciókat? (Redukciónak)
- Az előző kérdésekre adott válaszok alapján döntsük el, hogy redukálni tudja-e az elemi nátrium a klórt?

(Igen, mert leadott elektronját a klóratom felveszi, így redukálódik, negatív ionná kloridionná alakul.)

A nátrium tehát jó redukálószer, így várhatóan a klórt is redukálni tudja, reakcióba lép vele. A kísérlet elvégzésekor látható, hogy a megolvadt, elemi nátrium és a klórgáz hevesen, fénytűnemény közben reagál egymással, és fehér (színtelen), kristályos nátrium-klorid, köznapin néven konyhasó rakódik le a kémcső aljára és oldalára (13. ábra). A nátrium tehát megfelelő körülmények és megfelelő partner esetén, valóban jó redukálószer. (A klór pedig természetesen jó oxidálószer.) A problémamegoldó kísérlet esetében tehát elméleti, általános ismereteinkből indulunk ki, egy vagy több tanult törvényt, illetve szabályt alkalmazva logikai úton állapítjuk meg, hogy minek kell történnie, majd a kísérletet igazolásként végezzük el (ún. deduktív kísérlet). Az általános és a középiskolában az induktív ismeretszerzés a gyakoribb és fontosabb.

3.3.2. A kísérletet végző személye szerinti csoportosítás

A kísérletet végző személye szerint megkülönböztetünk tanári bemutató (demonstrációs) és tanuló kísérletet.

A tanári bemutató kísérlet (a tanári demonstráció) az egyik legjobb módja a kémiai problémák megvilágításának és megértetésének, mert:

- biztosítja a vizsgálandó anyagok és jelenségek jó és pontos megfigyelését, tehát láttat;
- tanári irányítással alapot nyújt az elméleti következtetések levonására;
- serkenti a tanulók logikus gondolkodásának és gyakorlati készségének kialakulását;
- megmutatja a tudomány, az élet és a mindennapi gyakorlat kapcsolatát;
- alkalmat ad gyakorlásra, alkalmazásra;
- szolgálja az esztétikai nevelést és a biztonsági rendszabályok betartását.

Ezeket a feladatokat tanári kísérletezéssel rövidebb idő alatt, technikai, módszertani szempontból pedig helyesebben oldhatjuk meg, mint tanuló kísérlettel. Természetesen a tanári demonstrációs kísérleteknek tárgyi feltételei is vannak (megfelelő helyiség, eszközök, vegyszerek, a balesetvédelmi előírások betartására alkalmas felszerelések).

A kémiai ismeretszerzés első fázisába, a kísérletezésbe, indokolt a tanulók mind teljesebb bevonása. Ezt a célt valósítják meg a tanuló kísérletek. A tanulók önálló, gyakorlati tevékenysége igen jó hatással van a tanulói személyiség fejlődésének egészére. A tanulói kísérletek eredményeként a tanulók érdeklődése fokozódik a tárgy iránt, gondolkodásuk, értelmi képességük, kezűgyességük, esztétikai érzékük, fegyelmeztségük nagymértékben fejlődik. Az észlelés tudatos megfigyeléssé változik, a mechanikus emlékezést felváltja a produktív képzelet. A tudatos ismeretszerzés mélyebb ismereteket eredményez. Kezdetben a tanuló kísérleteket az ismeretek rögzítésére használták. Mára ezt felváltották az új fogalmak és ismeretek elsajátítását szolgáló tanulói kísérletek, sőt a tanulók által tervezett és elvégzett kísérletek, amelyek a tanult ismeretek alkalmazását is szolgálják és a természettudományos gondolkodást is fejlesztik (részletesebben lásd *V. A gondolkodási képességek fejlesztése*). Ennek során a tanulók előzőleg nem látott és önállóan megtervezett kísérleteket végeznek el, így érdeklődésük nő, és a jelenségek megfigyelése alapján egyre inkább képesek a kísérletek önálló elemzésére, az ok-okozati

összefüggések felismerésére, a következtetések levonására, illetve kísérletek, vizsgálatok megtervezésére is.

A tanulókísérletezésnek is tárgyi és személyi feltételei vannak. A tárgyi feltételekhez megfelelő terem, munkaasztal, vegyszer-, eszközkészlet tartozik. A személyi feltételek közül alapvető a tanár személye és az osztálylétszám. A tanulókísérleti óra vezetése a tanártól fokozott figyelmet, szervezőkészséget igényel. Az osztálylétszám nem lehet túl nagy, mert ebben az esetben a veszély nő, az eredményesség csökken, mivel a tanár képtelen az egész osztályt áttekinteni, az összes diák munkáját figyelemmel kísérni. A tanulókkal meg kell értetni, hogy a tanulókísérletek nem anyagokkal és eszközökkel való játszadozást, hanem egy kitűzött cél érdekében végzett munkát jelentenek.

Fontos szempont, hogy amennyire lehet, a kísérletek veszélytelenek legyenek. A veszély úgy kerülhető el, ha betartjuk és betartatjuk a balesetvédelmi szabályokat, és kerüljük az iskolai oktatásban használható vegyszerek közül a tanulók számára fokozottan veszélyes anyagokkal, például a tömény savakkal való tanulói munkát. A jelenleg érvényes jogszabályok (a kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény és a végrehajtására kiadott rendeletek, részletesebben lásd a *Bevezetés*) alapján a megfelelő védőfelszerelés (azaz a védőszemüveg, a gumikesztyű és a hosszú ujjú pamut köpeny) használata a kísérletezés során kötelező. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy rendkívül ésszerűtlen és káros az a jogászok által végletekig leegyszerűsített szemléletmód, amely szerint minden kémiai kísérlet eleve veszélyes, még akkor is, ha nagy körülményekkel és kellő óvatossággal, esetleg otthon vagy a mindennapi életben gyakran használt, kimondottan veszélytelen eszközökkel és anyagokkal valósítjuk meg. Ez a szemléletmód ugyanis tovább rontja a kémia társadalmi megítélését és elzárja az utat az élményszerű tanulás előtt az olyan iskolákban, ahol nincs meg az anyagi keret az előírt tanulói védőfelszerelések beszerzésére.

A tanulókísérletek legyenek egyszerűek, rövidek, kis anyagigényűek. Az anyagtakarékosság félmikro vagy más laboratóriumi eszközök használatával biztosítható. A tanulói kísérletek több fajtáját különböztetjük meg (*1. táblázat*).

1. táblázat. Tanulói kísérletek

Tanórán belüli kísérletek		Tanórán kívüli kísérletek	
Egyéni	Csoportos	Szakköri	Otthon végzett

3.3.3. Méret szerinti csoportosítás

A méret szerint a kísérleteket demonstrációs, kémcsőméretű, illetve félmikro méretű eszközökkel végzett kísérletekre oszthatjuk. A demonstrációs méretűek a nagyobb eszközökben, pl. főzőpoharakban, lombikokban kivitelezett kísérletek, de injekciós fecskendő felhasználásával bemutatott kísérletek is lehetnek. Olyan méretű eszközökben és olyan mennyiségű vegyszerrel végezzük a bemutatást, hogy a leghátsó padból is látható, megfigyelhető legyen a jelenség. A kémcsőméretű kísérletek csoportmunka esetén jók, de demonstrációs célokra – ha teljes osztálylétszámmal dolgozunk – általában nem megfelelők. (Kivételt képezhetnek azok az esetek, amikor valamely messziről, kicsi mennyiségű anyag esetében is jól látható színváltozás történik.) Félmikro méretű eszközök az egyéni és páros tanulókísérleteknél, illetve a kivetített kísérleteknél alkalmazhatók eredményesen. Alkalmazásuk biztonságos, gyors, kevés anyagot igényelnek.

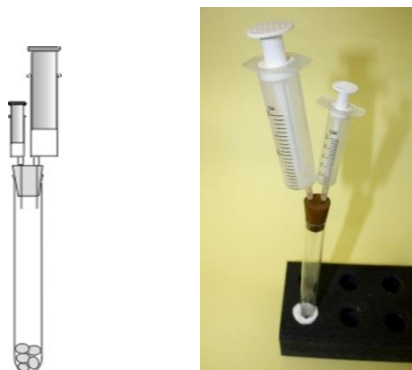
3.3.4. Az eszközök fajtája szerinti csoportosítás

Az eszközök fajtája szerint ismerünk klasszikus laboratóriumi eszközökkel, valamint egyéb módokon – például injekciós fecskendővel, csempén, gyógyszeres vagy rágógumi fóliában, esetleg festőpalettában, illetve körömlakkteszterben – elvégezhető kísérleteket. Külön csoportot képeznek a gyorsteszttekkel végzett kísérletek.

A klasszikus laboratóriumi eszközökkel bemutatható kísérletekre rengeteg példa található a kísérletgyűjteményekben^{113,114}, ezért ezekkel itt nem foglalkozunk, de kicsit bővebben tárgyaljuk az egyéb módokon elvégezhető kísérleteket.

Orvosi fecskendővel bemutatható kísérletek

Ez a módszer főként akkor használható igen eredményesen, ha gázfejlesztéssel és azok tulajdonságaival kapcsolatos demonstrációs vagy tanulókísérleteket szeretnénk kis méretben, csökkentett anyagigénnyel, veszélytelenül, ámde jól megfigyelhetően bemutatni. A VIKTOR OBENDRAUF^{115,116} által kidolgozott technikát egyre többen használják gázok (hidrogén, oxigén, klór, acetilén, nitrogén-oxidok, ammónia, szén-dioxid, szén-monoxid, hidrogén-klorid stb.) előállítására. Az Obendrauf-féle gázfejlesztő-készülék (14. ábra) felépítését az alábbiakban ismertetjük.



14. ábra. Az Obendrauf-féle gázfejlesztő-készülék felépítése

A készülék egy normál kémcsőből, egy gumidugóból, az azon átszúrt két injekciós tűből, valamint az azokhoz csatlakoztatott, kisméretű (2-5 cm³-es) és nagyméretű (20-50 cm³-es) műanyagfecskendőből áll. Ebben a készülékben a gázokat két anyag – az egyik mindenképpen folyékony – reakciójával állíthatjuk elő. A szilárd (esetleg folyékony) reagens a kémcsőbe kerül, a másik – folyékony – reagenst pedig a kisméretű fecskendőből adagoljuk lassan, szinte cseppenként. A fejlődő gázt a nagyméretű fecskendőben gyűjtjük össze. A fecskendőkhöz tartozó tűk (1,2 · 140 mm) az agresszív savakkal szemben is ellenállók. A tűk végét szélvágóval ferdére vágjuk (kanül) úgy, hogy a szélüket ne ronszoljuk. A tűket használat után mossuk és szárítsuk levegő beszívásával és kifúásával, így hónapokig használhatóak maradnak. A gumidugónak, amelybe a reagenst tartalmazó fecskendő tűjét, illetve a gáz felfogására és tárolására szolgáló fecskendő tűjét szúrjuk, puhának kell lennie. Az előállított gáz könnyen mozgó (a dugattyút szükség esetén csapzsírozni vagy szilikonolajjal kenni kell!) gumitömítéses 20 cm³-es fecskendőben fogható fel, és ebben tárolható is. Az így összeállított gázfejlesztőt a továbbiakban „fecskendő-s gázfejlesztő”-nek nevezzük.

Mivel kiinduláskor a kémcsőben levegő van, ezért az első adag (kb. 20 cm³-nyi) gázt vagy a levegőbe, vagy – mérgező, irritáló gáz esetén – megfelelő aktív szén töltetbe engedjük. Csak a második adag fejlesztett gáz tekinthető olyan tisztaságúnak, hogy biztonsággal kísérletezhessünk vele (pl. a hidrogéngázt meggyújthassuk). Mérgező, irritáló gázok esetén a készüléket ún. aktív szén töltettel kell lezárni, illetve a nem tiszta, vagy felesleges gázt aktív szén töltetbe kell vezetni. (Ez egy 10 cm³-es fecskendőből alakítható ki úgy, hogy eltávolítjuk a dugattyút, a hengert megtöltjük kb. 2,5 mm szemcsenagyságú aktív szénrel – pl. szétaprított orvosi széntablettával –, és a fecskendő nagyobb átmérőjű végét egy 1,2 × 40 mm méretű injekciós tűvel átszúrt puha gumidugóval zárjuk le.)

¹¹³ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged

¹¹⁴ Rózsahegyi M., Wajand J. (1998): 575 kísérlet a kémia tanításához, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

¹¹⁵ <http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/0801xObendrauf.pdf> (utolsó látogatás: 2015. 04. 16.)

¹¹⁶ Obendrauf, V. (1999): Kémia kísérletek a kémia oktatásban, tanfolyami kiadvány, Kőszeg

A hagyományos demonstrációs gázelőállítással szemben a módszer előnyei a következők:

- A gázfejlesztő készülék és a reakciótér kicsi, ezáltal csökken a vegyszerigény, a hulladék mennyisége, az előkezelési és utókezelési idő és a reakcióidő.
- Üveg és gumieszközök helyett más, könnyen beszerezhető eszközöket használunk.
- A mérgező gázok kijutása szempontjából zártnak tekinthető a rendszer, így a kísérleteket elszívófülke helyett a tanuló közelében lehet elvégezni. Így – bár a készülék kicsi – mégis minden jól megfigyelhető.

A nagyon kis mennyiségben felhasznált vegyszerek minimálisra csökkentik a veszélyforrást. Mégis a következő (eszközspecifikus) biztonsági előírásokat be kell tartani.

- Kerüljünk minden olyan túlnyomást a fecskendő gázfejlesztőben, amely a dugattyú kilövését eredményezheti.
- A tű átjárhatóságát és a dugattyú könnyű mozgását folyamatosan ellenőrizzük.
- A fecskendő gumitömítését és hengerét szilikonolajjal kenjük be.
- A gumidugókat tisztán és szárazon kell tartani.
- A reagenseket a 2 cm³-es fecskendőből cseppenként kell adagolni.
- A vegyszerekkel való feltöltés után a fecskendő külsején megtapadó vegyszert (pl. savat) folyóvíz alatt öblítsük le.
- A gázfejlesztőben a tűk a lehető legtávolabb helyezkedjenek el.
- Mérgező gázok előállításakor a gázfejlesztőnél megtöltött 20 cm³-es fecskendőt azonnal cseréljük ki aktív szén hengerrel.
- Mérgező gázokat tartalmazó gázfejlesztőt elszívófülkében, vagy nyitott ablaknál szedhetünk szét.

A fecskendő, miniatűr gázfejlesztők alkalmazásával tehát mindenekelőtt az előkészületi idő, a költség és a hulladékproblémák csökkennek le. Így a kísérletek néhány perc alatt elvégezhetők, és az eredmény közvetlen közelről figyelhető meg. A műanyagfecskendő technika elsősorban tanári demonstrációs kísérleteknél nyújt nagy segítséget. Kellő elővigyázatossággal, kis létszám esetén azonban tanulókísérletként is használható. A leggyakrabban használt gázok előállítását a 2. táblázat foglalja össze.

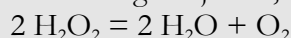
2. táblázat. A fecskendő gázfejlesztőben előállítható gázok és az előállításukhoz szükséges reagens

Előállítandó gáz	Reagens a kémcsőben	Reagens a fecskendőben
Hidrogén	Cink	Sósav
Oxigén	Mangán-dioxid (pasztilla)	Hidrogén-peroxid-oldat
Szén-dioxid	Mészke	Sósav
Szén-monoxid	Tömény kénsav	Hangyasav
Kén-dioxid	Nátrium-szulfid	Kénsav
Klór	Kálium-permanganát	Sósav
Nitrozusgáz	Rézforrágás	Tömény salétromsav
Hidrogén-klorid	Konyhasó	Tömény kénsav
Kén-hidrogén	Vas-szulfid	Sósav
Ammónia	Nátrium-hidroxid (szilárd)	Ammóniaoldat (tömény)
Acetilén	Kalcium-karbid	Víz
Propén	Difoszfor-pentaoxid	Propán-2-ol

1. kísérlet. Oxigéngáz előállítása, és kísérletek oxigénnel

Oxigéngáz előállítása. Tegyük a kémcsőbe 2-3 MnO₂-pasztillát! (Készítése: barnakőport és cementet keverjünk össze, nedvesítsük meg, majd a péppel töltsünk meg egy kiürült „leveles” tablettatartót, és szárítsuk ki!) Ellenőrizzük a tű átjárhatóságát (egy fecskendő segítségével levegőt fújunk, illetve szívunk át rajta), majd a tűket is tartalmazó gumidugóval zárjuk le a kémcsövet! A kis fecskendőbe óvatosan szívunk fel tömény H₂O₂-oldatot! Vízzel öblítsük le a

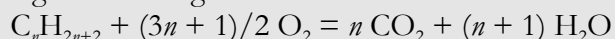
fecskendő külsejét és papírtörölővel töröljük szárazra! Csatlakoztassuk a kis fecskendőt a dugón átszúrt hosszabb tűhöz! A dugón átszúrt másik tűhöz csatlakoztassuk a nagyobb (legalább 20 cm³-es térfogatú) műanyagfecskendőt! A készüléket úgy tartsuk, hogy néhány ujjunkkal a gumidugót enyhén szorítsuk a kémcsőhöz! Lassan – cseppenként! – kezdjük el a H₂O₂ adagolását! Megindul az oxigénfejlődés, mivel a MnO₂ katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását:



Minden egyes csepp beadása után enyhén húzzuk meg a gázfelfogó fecskendő dugattyúját! Folytassuk a gázfejlesztést, míg a gázfelfogó fecskendő meg nem telik! Az első adag gázt engedjük a levegőbe! A második adag már kellően tiszta ahhoz, hogy biztonsággal kísérletezzünk vele.

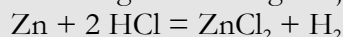
Oxigéngáz hatása parázsló gyújtópálcára. Húzzunk az oxigénnel telt fecskendőre egy injekciós tűt, majd készítsünk parázsló gyújtópalcát! Kis adagokban nyomjunk oxigéngázt a parázsló gyújtópálcára! A parázsló gyújtópálca oxigéngáz hatására felizzik, illetve lángra lobban.

Paraffingőz robbanása oxigéngázban. Kis kémcsőben olvassunk meg negyed kémcsőnyi paraffint! Amint az olvadék forni kezd, az injekciós tűvel felszerelt oxigéngázt tartalmazó fecskendőből löketszerűen adjunk a kémcső gőzterébe oxigént! Hangos robbanás és fényjelenség kíséri a paraffingőz és az oxigén közötti reakciót:



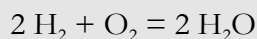
2. kísérlet. Hidrogéngáz előállítása, és kísérletek hidrogéngázzal

Hidrogéngáz előállítása. Töltsük meg a kémcsövet harmadáig-feléig cinkdarabokkal! (Amennyiben még nem használt cinkkel dolgozunk, azt célszerű a kísérlet előtt aktiválni. Ez úgy történik, hogy a kémcsőben lévő cinkdarabokra néhány csepp réz(II)-oldatot cseppentünk. A cink további felhasználása során már nem szükséges újra aktiválni.) Ellenőrizzük a tűk átjárhatóságát (egy fecskendő segítségével levegőt fűjünk, illetve szívjunk át rajta), majd a tűket is tartalmazó gumidugóval zárjuk le a kémcsövet! A kis fecskendőbe óvatosan szívjunk fel tömény sósavat! Vízzel öblítsük le a fecskendő külsejét és papírtörölővel töröljük szárazra! Csatlakoztassuk a kis fecskendőt a dugón átszúrt hosszabb tűhöz! A dugón átszúrt másik tűhöz csatlakoztassuk a nagyobb (legalább 20 cm³-es térfogatú) műanyagfecskendőt! A készüléket úgy tartsuk, hogy néhány ujjunkkal a gumidugót enyhén szorítsuk a kémcsőhöz! Lassan kezdjük el a sósav adagolását! Megindul hidrogénfejlődés:



Minden egyes adag beadása után enyhén húzzuk meg a gázfelfogó fecskendő dugattyúját! Folytassuk a gázfejlesztést, míg a gázfelfogó fecskendő meg nem telik! Az első adag gázt engedjük a levegőbe! A második adag már kellően tiszta ahhoz, hogy biztonsággal kísérletezzünk vele.

Hidrogéngáz égése. Húzzunk injekciós tűt a hidrogéntartalmú fecskendő végére, majd a tűt lángba tartva lassan, egyenletesen nyomjuk ki a hidrogéngázt! Amint meggyulladt, vegyük ki a tű végét a lángból, közben továbbra is nyomjuk ki lassan a hidrogént! A hidrogén kékes lánggal ég a tű végén:



Ha a láng messziről nem látható, akkor homoktól fölött gyújtsunk meg vele egy kis darab papírt (lásd fentebb). Előfordulhat, hogy a nagy hőtorlódás miatt a tű vége összeolvad. Ezért ennek a tűnek az átjárhatóságát mindig ellenőrizni kell, mielőtt újra használnánk!

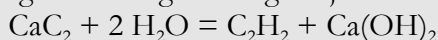
Durranógáz előállítása és robbanása szappanbuborékban. Állítsunk elő durranógázt – azaz hidrogéngáz és oxigéngáz 2 : 1 térfogatarányú elegyét! Ehhez először a kisebb sűrűségű gázt (a hidrogéngázt) fejlesszük a fecskendőbe, mégpedig annyit, hogy a fecskendő kétharmadáig legyen hidrogéngázzal! Ezután tegyük át ezt a hidrogéngázt tartalmazó fecskendőt az oxigénfejlesztőre, fejlesszünk bele egyharmadnyi oxigéngázt! A durranógázt tartalmazó fecskendő végére húzzunk

tűt, a fecskendőt néhányszor forgassuk meg, hogy a gáz jól elkeveredjen benne, majd műanyagpohárba töltött mosószeroldat felszínére képezzünk a gázból sok apró buborékot! Vegyük el a fecskendőt, majd gyufával gyújtjuk meg a habot! A durranógáz nevéhez méltóan viselkedik:



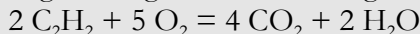
3. kísérlet. Acetilén előállítása, és kísérletek acetilénnel

Acetilén előállítása. Tegyük a kémcsőbe 2-3 darab kalcium-karbidot! Ellenőrizzük a tűk átjárhatóságát (egy fecskendő segítségével levegőt fújunk, illetve szívunk át rajta), majd a tűket is tartalmazó gumidugóval zárjuk le a kémcsövet! A kis fecskendőbe szívunk fel vizet! Csatlakoztassuk a kis fecskendőt a dugón átszúrt hosszabb tűhöz! A dugón átszúrt másik tűhöz csatlakoztassuk a nagyobb (legalább 20 cm³-es térfogatú) műanyagfecskendőt! A készüléket úgy tartsuk, hogy néhány ujjunkkal a gumidugót enyhén szorítsuk a kémcsőhöz! Készítsünk elő 2 darab, aktív szénrel töltött fecskendőt! Ellenőrizzük azok átjárhatóságát is! Lassan kezdjük el a víz adagolását! Megindul a gázfejlődés:

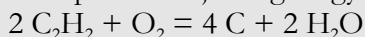


Minden egyes adag beadása után enyhén húzzuk meg a gázfelfogó fecskendő dugattyúját! Folytassuk a gázfejlesztést, míg a gázfelfogó fecskendő meg nem telik! A gázfelfogó fecskendőt vegyük le, és egy gyors mozdulattal tegyük helyére az egyik aktívszenes töltetet! Az első adag gázt engedjük a másik aktívszenes töltetbe! A második adag acetilén már kellően tiszta ahhoz, hogy biztonsággal kísérletezzünk vele.

Acetiléngáz égése. Húzzunk injekciós tűt az acetiléntartalmú fecskendő végére, majd a tűt lángba tartva lassan, egyenletesen nyomjuk ki a gázt! Amint meggyulladt, vegyük ki a tű végét a lángból, közben továbbra is nyomjuk ki lassan az acetilént! Az acetilén sárga, kissé kormozó, világító lánggal ég a tű végén. A tökéletes égés kémiai egyenlete:

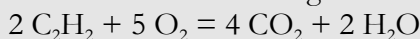


A koromképződéssel járó égés egyenlete:

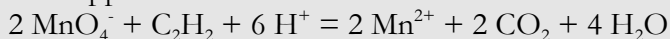


Előfordulhat, hogy a nagy hőtorlódás miatt a tű vége összeolvad. Ezért ennek a tűnek az átjárhatóságát mindig ellenőrizni kell, mielőtt újra használnánk!

Acetilén-durranógáz előállítása és robbanása szappanbuborékban. Állítsunk elő acetilén-durranógázt – azaz acetiléngáz és oxigéngáz 2 : 5 térfogatarányú elegyet! Ehhez először a kisebb sűrűségű gázt (az acetiléngázt) fejlesszük a fecskendőbe, mégpedig annyit, hogy a fecskendő kb. egyharmadáig legyen acetiléngázzal! Ezután tegyük át ezt az acetiléngázt tartalmazó fecskendőt az oxigénfejlesztőre, fejlesszünk bele kétharmadnyi oxigéngázt! Az acetilén-durranógázt tartalmazó fecskendő végére húzzunk tűt, a fecskendőt néhányszor forgassuk meg, hogy a gáz jól elkeveredjen benne, majd műanyagpohárba töltött mosószeroldat felszínére képezzünk a gázból sok apró buborékot! Vegyük el a fecskendőt, majd gyufával gyújtjuk meg a habot! Az acetilén hatalmas robbanás közben reagál az oxigénnel:



Acetilén oxidálhatóságának bemutatása. Egy kis kémcsőbe töltünk kénsavas kálium-permanganát-oldatot! Tűn keresztül lassan buborékoltassunk az oldaton át acetiléngázt! Az oldat elszíntelenedik. Feltételezve, hogy teljes mértékű az oxidáció, a reakcióegyenlet a következőképpen írható fel:



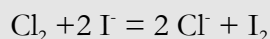
4. kísérlet: Klórgáz előállítása, és kísérletek klórgázzal

Klórgáz előállítása. Tegyük a kémcsőbe kétujjnyi kálium-permanganátot! Ellenőrizzük a tűk átjárhatóságát (egy fecskendő segítségével levegőt fújunk, illetve szívjunk át rajta), majd a tűket is tartalmazó gumidugóval zárjuk le a kémcsövet! A kis fecskendőbe szívjunk fel tömény sósavat! Mossuk és töröljük le a kis fecskendő falát! Csatlakoztassuk a kis fecskendőt a dugón átszúrt hosszabb tűhöz! A dugón átszúrt másik tűhöz csatlakoztassuk a nagyobb (legalább 20 cm³-es térfogatú) műanyagfecskendőt! A készüléket úgy tartsuk, hogy néhány ujjunkkal a gumidugót enyhén szorítsuk a kémcsőhöz! Készítsünk elő 2 darab, aktív szénrel töltött fecskendőt (nem lehet olyan, amit korábban más gázhoz – pl. acetilénhez – használtunk)! Ellenőrizzük azok átjárhatóságát is! Lassan kezdjük el a sósav adagolását! Megindul gázfejlődés:

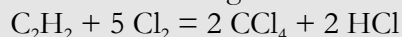


Minden egyes adag beadása után enyhén húzzuk meg a gázfelfogó fecskendő dugattyúját! Folytassuk a gázfejlesztést, míg a gázfelfogó fecskendő meg nem telik! A gázfelfogó fecskendőt vegyük le, és egy gyors mozdulattal tegyük helyére az egyik aktívszenes töltetet! Az első adag gázt engedjük a másik aktívszenes töltetbe! A második adag klórgáz már kellően tiszta ahhoz, hogy biztonságosan kísérletezzünk vele. (Az aktív szén tömegének 30%-áig képes a káros anyagokat adszorbeálni. A felesleges klórt nátrium-hidroxid-oldatba is kinyomhatjuk.)

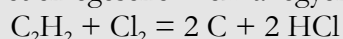
A klór oxidáló hatásának bemutatása. Kálium-jodid vizes oldatába vagy KI-oldattal átitatott szűrőpapírcsikra tűn keresztül nyomjunk nagyon kevés klórgázt. Barna szín megjelenése jelzi a klór oxidáló hatását:



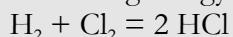
Acetiléngáz égése klórgázban víz alatt. Egy kéterű rézkábel kb. 10 cm-es darabjából húzzuk ki a rézvezetékét! Az így kapott „duplacső” egyik végéhez csatlakoztassuk az acetilént tartalmazó fecskendőt, másik végéhez a klórgázt tartalmazó fecskendőt! A duplacső másik végét nyomjuk víz alá! Nyomjuk mindkét gázt nagyjából azonos sebességgel a műanyagcsövön keresztül a víz alá! A két gáz találkozásakor fényjelenséget és koromképződést tapasztalunk. Az acetilén ég a klórgázban. Tökéletes égésének reakcióegyenlete:



Tökéletlen égésének kémiai egyenlete:



Klórdurranógáz fotokémiai robbantása. Állítsunk elő klórdurranógázt! Töltsünk meg egy műanyagfecskendőt félig hidrogéngázzal, majd helyezzük át a klórgázfejlesztőre, és fejlesszünk bele félfecskendőnyi klórgázt! Zárjuk le a fecskendő végét, majd forgassuk meg néhányszor, hogy a két gáz elkeveredjen! Egy rossz tű segítségével rögzítsük a fecskendőt habszivacsban (pl. hungarocellben), majd egy fényképezőgép vakuját egészen a fecskendő falához érintve, villantsunk rá. A gázelegy felrobban, a fecskendő dugattyúja felrepül a levegőbe:



(Védőszemüveg használata kötelező!)

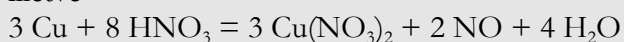
5. kísérlet. Nitrózusgázok előállítása, kísérletek nitrogén-monoxiddal és nitrogén-dioxiddal

Nitrózusgázok előállítása. Tegyük a kémcsőbe két-háromujjnyi (vörös)rézforgácsot! Ellenőrizzük a tűk átjárhatóságát (egy fecskendő segítségével levegőt fújunk, illetve szívjunk át rajta), majd a tűket is tartalmazó gumidugóval zárjuk le a kémcsövet! A kis fecskendőbe szívjunk fel tömény salétomsavat! Mossuk és töröljük le a kis fecskendő falát! Csatlakoztassuk a kis fecskendőt a dugón átszúrt hosszabb tűhöz! A dugón átszúrt másik tűhöz csatlakoztassuk a nagyobb (legalább 20 cm³-es térfogatú) műanyagfecskendőt! A készüléket úgy tartsuk, hogy néhány ujjunkkal a gumidugót enyhén szorítsuk a kémcsőhöz! Készítsünk elő 2 darab, aktív szénrel töltött

fecskendőt (nem lehet olyan, amit korábban más gázhoz használtunk)! Ellenőrizzük azok átjárhatóságát is! Lassan kezdjük el a salétromsav adagolását! Megindul gázfejlődés:

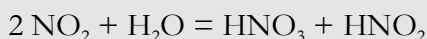


illetve



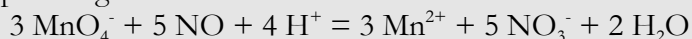
Minden egyes adag beadása után enyhén húzzuk meg a gázfelfogó fecskendő dugattyúját! Folytassuk a gázfejlesztést, míg a gázfelfogó fecskendő meg nem telik! A gázfelfogó fecskendőt vegyük le, és egy gyors mozdulattal tegyük helyére az egyik aktívszenes töltetbe! Az első adag gázt engedjük a másik aktívszenes töltetbe! A második adag nitrózusgáz már kellően tiszta ahhoz, hogy biztonsággal kísérletezzünk vele.

Tiszta nitrogén-monoxid előállítása. A keletkezett nitrózusgázból a nitrogén-dioxidot vízzel oldhatjuk ki. Szívjunk fel pár csepp vizet a nitrózusgázt tartalmazó fecskendőbe! Légmentesen zárjuk le a fecskendő végét! (Erre a célra kiválóan alkalmas a már nem használható tűk végén található műanyag csatlakozó – persze előzetesen a tű helyén maradt lyukat – megolvasztással – le kell zárni.) Rázzuk össze a fecskendő tartalmát! Óvatosan – hogy levegő ne kerülhessen a fecskendőbe, nyomjuk ki a vizet belőle! Vizsgáljuk meg a kinyomott víz kémhatását! Savas lesz a következő reakció miatt:

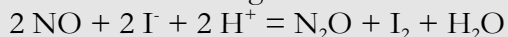


A fecskendőben visszamaradt szintelen gáz a tiszta nitrogén-monoxid.

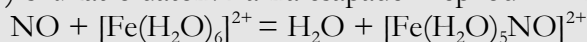
A nitrogén-monoxid mint redukálószer. Kevés nitrogén-monoxidot buborékoltassunk át kénsavas kálm-permanganát-oldaton! Az oldat elszíntelenedik. A NO redukálja a permanganátionokat:



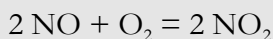
A nitrogén-monoxid mint oxidálószer. Kevés nitrogén-monoxidot buborékoltassunk át savas kálium-jodid-oldaton! Az oldat megbarnul. A NO oxidálja a jodidionokat:



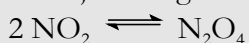
A nitrogén-monoxid mint komplexképző. Kevés nitrogén-monoxidot buborékoltassunk át kénsavas vas(II)-szulfát-oldaton! Barna csapadék képződik. A NO komplexet képez a vas(II)-ionokkal:



Tiszta nitrogén-dioxid előállítása. A nitrózusgáz vizes mosása után kapott tiszta NO-ot – egy rövid szilikoncső segítségével – nyomjuk át egy száraz fecskendőbe! Olvassuk le a NO térfogatát! Egy másik fecskendőben fogjunk fel fele annyi térfogatú tiszta oxigéngázt! A kis szilikoncsővel kössük össze a NO-os és az oxigénes fecskendőket! Az oxigént nyomjuk át a NO-os fecskendőbe! Ha jól dolgoztunk, a NO-os fecskendőben a dugattyú helyzete változatlan marad, a szintelen gáz viszont barna színűre változik:



A nitrogén-dioxid – dinitrogén-tetroxid egyensúly hőmérsékletfüggésének szemléltetése. Zárjuk le a védőkupakkal a nitrogén-dioxidos fecskendőt! Helyezzük a fecskendőt jeges vízbe: a gáz elszíntelenedik. Helyezzük a fecskendőt forró vízbe: a gáz megbarnul. A nitrogén-dioxid dimerizációját – amely exoterm folyamat – hűtéssel, a keletkezett dinitrogén-tetraoxid disszociációját melegítéssel segíthetjük elő:



5. kísérlet. Szén-monoxid előállítása

A nagyon mérgező szén-monoxid kis mennyiségben veszély nélkül előállítható, és további kísérletekhez összegyűjthető, ha óvatosan kb. 1-2 cm magasan koncentrált kénsavat és ugyanilyen

mennyiségű koncentrált hangyasavat kémcsőben összekeverünk. A kémcsőre ráhelyezzük a gumidugót, amiben a tű van. Erre a tűre helyezzük a 20 cm³-es fecskendő megzsírozott gumitömítéssel. Ezután a kémcsövet enyhén melegítjük. Azonnal bekövetkezik a gázfejlődés, ami hideg folyóvízes hűtéssel jól szabályozható. A képződött szén-monoxid a 20 cm³-es fecskendőben összegyűjthető. (Az első, levegőt tartalmazó részt vegyifülke alatt vagy nyitott ablakon kiengedjük). A gáz a fecskendőben problémamentesen tárolható.

Kémiai kísérletek buborékban

Látványos és érdekes a szappanbuborékokkal való kísérletezés. (Természetesen szappan helyett használhatunk mosó- vagy mosogatószeret is.) A buborékokat injekciós tű segítségével különböző gázokkal tölthetjük meg. Ezáltal szemléltethetjük a gázok levegőhöz viszonyított sűrűségét, valamint néhány reakcióját is.

A buborék mint reakcióközeg

Töltsük műanyagpohárba a szappanoldatot. Tű és műanyagfecskendő segítségével fújjunk buborékot az egyik gázból! Ezután egy másik tű és fecskendő segítségével injektáljunk ebbe a buborékba egy másik gázt! A lehetséges reakciókat a 3. táblázat foglalja össze:

3. táblázat. Szappanbuborékban végrehajtható kísérletek

Első gáz	Második gáz	Tapasztalat	Magyarázat
HCl	NH ₃	fehér füst képződik a buborékban	$\text{HCl} + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{Cl}$
C ₂ H ₂	Cl ₂	fénytűnemény, koromképződés	$\text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{Cl}_2 = 2 \text{CCl}_4 + 2 \text{HCl}$ $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2 \text{C} + 2 \text{HCl}$
NO ₂	-	a gáz elszíntelenedik	$2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$
H ₂ S	SO ₂	sárga anyag képződik	$2 \text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$
H ₂	O ₂	gyújtás hatására robbanás	$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$
C ₂ H ₂	O ₂	gyújtás hatására robbanás	$2 \text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Különböző sűrűségű gázok buborékban

A megfelelő gázzal (pl. hidrogéngázzal, oxigéngázzal, acetiléngázzal, szén-dioxid-gázzal, nitrogén-monoxid-gázzal) töltött fecskendő végére tűt húzunk, a tű végét belemártjuk a mosószeroldatba, majd onnan kivéve a gáz kinyomásával buborékot képezünk a tű végén. A buborék a benne lévő gáz sűrűségétől függően lefelé vagy felfelé száll a levegőben. A kísérlet nem végezhető el olyan gázokkal, amelyek nagymértékben és gyorsan oldódnak vízben (pl. hidrogén-kloriddal, ammóniával, nitrogén-dioxiddal, kén-dioxiddal).

Csempés kísérleti technika¹¹⁷

A csempés technika lényege, hogy a szokásos kémcsövek, főzőpoharak és lombikok helyett egy sík felületet (fehér vagy színes csempét, fehér vagy színes papírra fektetett üveglapot vagy papírra nyomtatott, majd laminálógéppel laminált, előre elkészített, lemosható és újra fölhasználható feladatlapot) használunk reakcióternek. A csempét kezdetben az analitikai kémiai kísérletek elvégzésére használták. Csapadékképződési és oldódási reakciók elvégzésére kitűnőnek bizonyult, percek alatt tucatjával előállíthatók és színük szerint megkülönböztethetők a színes

¹¹⁷ Bárány Zs. B. (2009): Csempe- és félmikro-kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, I. rész, A Kémia Tanítása, XVII. 2. sz., 23-26.

Bárány Zs. B. (2009): Csempe- és félmikro-kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, II. rész, A kémia tanítása, XVII. 3. sz., 17-20.

Bárány Zs. B. (2009): Csempe- és félmikro-kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, III. rész, A kémia tanítása, XVII. 4. sz., 7-9.

H. Fodor E. (2002): Receptfüzet a „Legyél Te is Felfedező” kémiai tanulókísérleti dobozhoz

Szabó L. (2000): Cseppreakciók a kémiaórán, szakdolgozat, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Részleg

Tóth Z., Bodnár M. (2003): Kísérletek a kémia tankönyvekben, Iskolakultúra, 12. sz., 106-112.

csapadékok. A mosogatás is jóval gyorsabb és egyszerűbb, mint kémcsőreakciók esetén. A későbbiekben kiderült, hogy a kémia különböző területeiről vett kísérleteket lehet pillanatok alatt elvégezni a csempe és néhány háztartásból átemelt eszköz segítségével. Ilyenek például a kimosott és megfelelő módon felcímkézett gyógyszeres cseppentős üvegek, a fém hajcsipesz, vagy a műanyag kávékeverő, esetleg éles késsel vagy ollóval ferdén elmetezett szívószál, ami vegyszereskanál helyett használható. Néhány cseppnyi folyadék műanyag Pasteur-pipettába felszíva vagy üdítőüvegek színes kupakjaiban is előkészíthető. Ezen kívül olyan kísérleteket is elvégezhetnek ezzel a módszerrel a tanulók, amelyeket veszélyességük miatt korábban soha nem végezthetünk el tanuló-kísérletként.

Gyakran a csempén jobban megfigyelhető, látható egy jelenség, mint kémcsőben, vagy akár makroméreteken, demonstrációs kísérletként. Például, ha a fehér csempék kis hányadát egyszerű, boltban kapható fekete kályhafestékekkel befűjük (vagy eleve sötét színű csempéket használunk), akkor ezen a felületen a fehér, törtfehér, sárgás csapadékok közötti színelkülönbségek is mindenki számára könnyen megfigyelhetővé válnak. A fehér alapon a Fehling-reakciónál a színváltozások időbeli sorrendje is jobban megfigyelhető, mint kémcsőben. Anyag-, és eszközigénye minimális, a mosogatás gyors, egyszerű, az eszközök tárolása kis helyet igényel. A csekély anyagmennyiségek miatt a módszer környezetkímélő, a melegítéshez minimális energia kell (ugyanis borszeszgőzővel a csempe az adott ponton alulról melegíthető), a mosogatáshoz kevés vizet és mosogatószert használunk. A környezetet szennyező káros gázok, gőzök mennyisége is igen csekély. Minden csoport csak annyi anyagot kap, amennyit fel is tud használni, így minimális mennyiségű veszélyes hulladék marad. Egy kis fantáziával a kísérletek százai végezhetőek el ezzel a módszerrel a kémia minden területéről: csapadékképződéses reakciók, komplex képződéses reakciók, hidrolizáló sók kémhatásának vizsgálata, átoldás, kioldás (pl. a jód átoldódik a benzines fázisba), gázképződéses reakciók, elektrolízises reakciók, fémek és fémionok között lejátszódó reakciók stb. A csempés kísérletek egy része fizika, biológia, természetismeret órákon is használható.

A kísérletek elvégzéséhez – teljes osztály kb. harminc tanuló esetén – hármas csoportokba célszerű osztani a tanulókat. Az eszközöket, anyagokat A/4-es nagyságú tálcára, illetve annál kisebb műanyag kosárkába tegyük. A tálcára tiszta fehér lapot tegyünk és tiszta kis pamutkendőt vagy papírtörölköző darabot az esetleg kiömlő folyadék feltörlesztésére. Így a tanulók mindig tiszta, rendezett körülmények között dolgoznak.

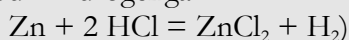
Csempén bemutatható kísérletek

A klórgáz oxidáló, színtelenítő hatása. A csempe közepére kálium-klorát darabkát helyezünk (amelyet akár a néhány gyufafejről lekapart szilárd anyag is helyettesíthet). Ennek az egyik oldalára – kb. egyenlő távolságban – kálium-bromid, a másik oldalára ugyanúgy kálium-jodid szemcséket, vagy a kálium-kloráttól fokozatosan távolodva, két-három kis csomóban kálium-jodidot. Az osztályban körbejáró tanár 1-2 csepp tömény sósavat cseppent a kálium-klorátra, majd a tanulók megfigyelik a színváltozásokat (15. ábra). Megnedvesített színes papírdarabot vagy megnedvesített és kézzel elmorzsolts virágszirmot is tarthatnak közvetlenül a kálium-klorát, illetve gyufafej kaparék fölé és akkor megfigyelhetik azok elszíntelenítését. Egészségvédelmi okokból és a kísérletek lejátszódásának elősegítése érdekében érdemes a csempét egy nagyobb óraüveggel (illetve ennek hiányában valamely más, megfelelő átmérőjű üvegedénnyel) letakarni.



15. ábra. A klór reakciója kálium-jodiddal csempén

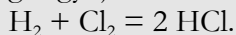
Klorgáz reakciója hidrogéngázzal. Helyezzünk egy öblös cinkdarabkát fehér csempére vagy óraüvegre! Tegyük a közepébe 2-3 kálium-klorát-kristályt! (Hiányában gyufafej kaparék vagy kevés kálium-permanganát is megteszi.) Cseppentsünk a cinkre sósavat és tartsunk égő gyufát a fejlődő gázokhoz! Éles csattanás jelzi a két gáz közötti reakciót. A folyamat során párhuzamosan képződik hidrogéngáz:



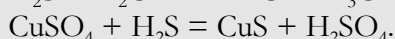
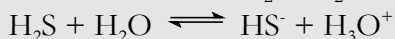
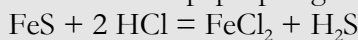
és klorgáz:



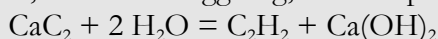
A két gáz gyújtás hatására robbanásszerűen reagál egymással:



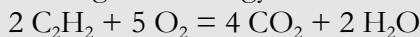
Kén-hidrogén előállítása és néhány reakciója. Fehér csempére tegyük egy darab vas(II)-szulfidot! Tőle kb. 2 cm-re megnedvesített indikátorpapírt, a másik oldalról pedig előzetesen réz(II)-szulfát-oldatba merített szűrőpapírcsíkot! Az egészet úgy rendezzük el, hogy le tudjuk fedni egy nagyobb petricsészével! Cseppentsünk a vas(II)-szulfidra sósavat, majd fedjük le az egészet a petricsészével! Gázfejlődést látunk, enyhén érezzük a kén-hidrogén kellemetlen szagát (vigyázzunk, mert a kén-hidrogén nagyon mérgező gáz!), az indikátorpapír savas kémhatást jelez, a réz-szulfátos szűrőpapír pedig megbarnul:



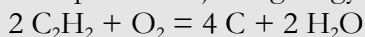
Acetilén előállítása és oxidálhatósága. Fehér csempe két különböző pontjára helyezzünk 1-1 kalcium-karbid darabkát! Az elsőre cseppentsünk fenoltaleines vizet, és a fejlődő gázt gyűjtsuk meg! Világító, kormozó lánggal ég, az oldat pedig lila színűre változik:



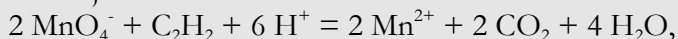
A tökéletes égés kémiai egyenlete:



A koromképződéssel járó égés egyenlete:

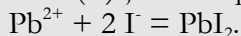


A másik karbid darabkára cseppentsünk kénsavas kálium-permanganát-oldatot és/vagy 1-2 csepp jódos vizet. Gázfejlődést tapasztalunk, és az eredetileg színes oldatok elszíntelenednek a fejlődő acetilénnel lejátszódó redoxireakció



illetve addíciós reakció miatt.

Ionok diffúziója vizes oldatban. Fehér csempére készítsünk vízből egy ellipszisalakú pacát! Az ellipszis egyik végébe helyezzünk egy-két ólom(II)-nitrát-kristályt, a másik végébe egy-két kálium-jodid-kristályt! Egy-két perc múlva a vízben – az ólom(II)-nitráthoz közelebb – sárga színű sáv jelenik meg: ólom(II)-jodid csapadék képződik:



A sárga sáv helyzete jelzi, hogy a hidratált ólom(II)-ionok diffúziója vízben lassabb, mint a hidratált jodidionoké.

Vizes oldatok kémhatása. Fehér csempére képezzünk egy-egy ötforintos nagyságú pacát a következő anyagok vizes oldatából: sósav, nátrium-hidroxid, ammónium-klorid, nátrium-karbonát, nátrium-klorid, alumínium-szulfát! Cseppentsünk mindegyikhez univerzálindikátort! (Univerzálindikátor hiányában vöröskáposztalevet is használhatunk.) A tapasztalt kémhatást, valamint annak Arrhenius-, illetve Brønsted-elmélet szerinti magyarázatát a 4. táblázat tartalmazza.

Fémek reakciója vízzel, savakkal és lúggal. Egy fehér csempére helyezünk kis darabkákat a következő fémekből: magnézium (négyyszer), kalcium, cink, réz (négyyszer), alumínium (háromszor), ólom (kétszer), vas. Cseppentsünk a fémekre fenolftaleines vizet, híg és tömény sósavat, híg és tömény salétomsavat, híg kénsavat, illetve nátrium-hidroxid-oldatot az 5. táblázatban foglaltaknak megfelelően! Ahol gázfejlődés van, közelítsünk égő gyufaszállal!

4. táblázat. Vizes oldatok kémhatásának vizsgálata csempés technikával

Oldott anyag	Kémhatás	Értelmezés az Arrhenius elmélet szerint	Értelmezés a Brønsted elmélet szerint
HCl	savas	$\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
NaOH	lúgos	$\text{NaOH} = \text{Na}^+ + \text{OH}^-$	$\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^-$
NH_4Cl	savas	Erős savból és gyenge bázisból képződött só.	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$
Na_2CO_3	lúgos	Erős bázisból és gyenge savból képződött só.	$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
NaCl	semleges	Erős savból és erős bázisból képződött só.	Nincs protolízis.
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	savas	Erős savból és gyenge bázisból képződött só.	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$

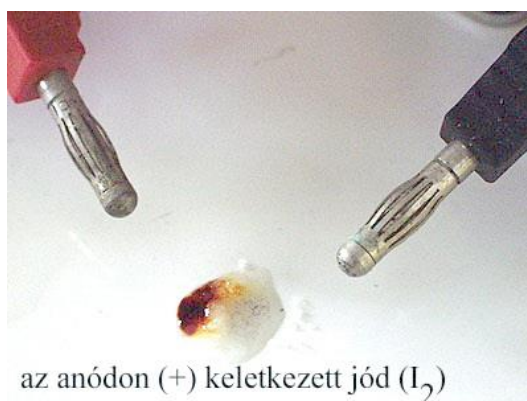
5. táblázat. Fémek reakciója vízzel, savakkal és lúggal csempén

Fém	Reagens	Tapasztalat	Magyarázat
Magnézium	Fenolftaleines víz	Kis (lila) elszíneződés a magnézium felszínén.	$\text{Mg} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
Kalcium	Fenolftaleines víz	Buborékképződés, az oldat meglilul, égő gyufa hatására pukkanó-sercegő hang hallatszik.	$\text{Ca} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
Cink	Fenolftaleines víz	Nem történik semmi.	-
Réz	Fenolftaleines víz	Nem történik semmi.	-
Magnézium	Híg sósav	Buborékképződés, égő gyufa hatására pukkanó-sercegő hang hallatszik.	$\text{Mg} + 2 \text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
Magnézium	Híg kénsav	Buborékképződés, égő gyufa hatására pukkanó-sercegő hang hallatszik.	$\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2$
Magnézium	Híg salétomsav	Buborékképződés, égő gyufa hatására pukkanó-sercegő hang nem hallatszik.	$4 \text{Mg} + 9 \text{HNO}_3 = 4 \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
Alumínium	Tömény sósav	Buborékképződés, égő gyufa hatására pukkanó-sercegő hang hallatszik.	$2 \text{Al} + 6 \text{HCl} = 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$
Alumínium	Tömény salétomsav	Nem történik semmi.	Passzíválódik.

Ólom	Híg sósav	Nem történik semmi.	A felületi ólom(II)-klorid-csapadék megakadályozza a további reakciót.
Ólom	Tömény sósav	Lassú buborékképződés.	A felületi ólom(II)-klorid komplexképződés közben oldódik: $\text{Pb} + 2 \text{HCl} = \text{PbCl}_2 + \text{H}_2$ $\text{PbCl}_2 + 2 \text{Cl}^- = \text{PbCl}_4^{2-}$
Réz	Tömény sósav	Nem történik semmi, legfeljebb órák múlva kicsit zöldül az oldat.	Pozitív standardpotenciálú fém; oxigén jelenlétében lassú oldódás: $\text{Cu} + 0,5 \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
Réz	NaOH-oldat	Nem történik semmi.	-
Vas	NaOH-oldat	Nem történik semmi.	-
Alumínium	NaOH-oldat	Buborékképződés, égő gyufa hatására pukkanó-sercegő hang hallatszik.	$2 \text{Al} + 2 \text{NaOH} + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3 \text{H}_2$

Vizes oldatok elektrolízise.

Fehér csempére képezzünk húszforintos nagyságú pacákat a következő vizes oldatokból: kálium-jodid, cink(II)-jodid, réz(II)-szulfát, nátrium-klorid, kálium-nitrát, híg sósav, híg kénsav, híg nátrium-hidroxid-oldat! A pacákba „szúrjunk” bele két grafitrudat (vagy egyszerűen két, banándugóban végződő elektromos huzalt, egymástól kb. 1 cm-re! A grafitrudakat vagy az elektromos huzalokat kapcsoljuk 4,5-9 V-os egyenáramú áramforráshoz (galvánelemhez)! Néhány másodpercen belül láthatók és szagolhatók a változások. Például a kálium-jodid-oldat elektrolízisekor (16. ábra) az egyik diák tegye az elektromos huzal egyik végét a folyadékfolt egyik, míg a másik huzalt a másik végére. A másik tanuló eközben az elem két sarkához szorítja a huzalok átellenes végeit. Elektromos áram hatására az egyik huzalvég érintkezési pontján (anód, pozitív pólus) az oldat a kiváló jódtól megbarnul.



az anódon (+) keletkezett jód (I_2)

16. ábra. Kálium-jodid elektrolízise csempén

A csempén történő elektrolízises kísérletek során megfigyelhető változásokat és a magyarázatokat az 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat Vizes oldatok elektrolízise csempés technikával

Oldott anyag	Tapasztalat	Katódfolyamat	Anódfolyamat
ZnI_2	Az egyik grafitrudon szürke kiválás, a másik környezetében barna elszíneződés.	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- = 2 \text{Zn}$	$2 \text{I}^- = \text{I}_2 + 2 \text{e}^-$
CuSO_4	Az egyik grafitrudon vörös kiválás, a másikon buborékképződés.	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- = 2 \text{Cu}$	$\text{H}_2\text{O} = 0,5 \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
NaCl	Mindkét elektródon buborékképződés, szúrós szag, az univerzálindikátor az egyik elektród környezetében lúgos, a másik	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	$2 \text{Cl}^- = \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$ $(\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HOCl})$

	környezetében savas kémhatást jelez.		
KNO ₃	Mindkét elektródon buborékképződés, az egyik környezetében az univerzálindikátor savas, a másik környezetében lúgos kémhatást jelez.	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	$\text{H}_2\text{O} = 0,5 \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
HCl	Mindkét elektródon buborékképződés, szúrós szag.	$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{H}_2$	$2 \text{Cl}^- = \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
H ₂ SO ₄	Mindkét elektródon buborékképződés.	$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{H}_2$	$\text{H}_2\text{O} = 0,5 \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
NaOH	Mindkét elektródon buborékképződés.	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	$2 \text{OH}^- = 0,5 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$

Egyéb cseppkísérletek¹¹⁸

Sok előnyük van a gyógyszeres vagy rágógumis fóliában¹¹⁹, esetleg festőpalettában vagy körömlakkteszterben elvégzett cseppkísérleteknek is. A csempén vagy más vízszintes felületen végrehajtott kísérletekhez képest nagy előnyük, hogy csökken annak veszélye, hogy a cseppek összekeverednek vagy a diákok ruhájára folynak. Ezeknek is kevés az anyag- és eszközigényük, továbbá a háztartásban is megtalálható egyszerű anyagokkal is végrehajthatók. Ezek olcsók, többször használhatók és kis helyen lehet őket tárolni. Kevesebb idő és pénz szükséges tehát a végrehajtáshoz, mint a kémcsőkísérletek esetében és a hulladék mennyisége is csökken. Ez a tény a tanulók környezettudatos magatartását is erősíti. Természetesen a biztonsági előírásokat ezeknél a kísérleteknél is be kell tartani. Ezekben a gyógyszeres vagy rágógumis fóliákban vizsgálhatjuk például háztartási anyagok (háztartási sósav, citromlé, mosószerek) savasságát vagy lúgosságát sav-bázis indikátorokkal (pl. lilakáposzta-indikátor¹²⁰, pH-papír), oly módon, hogy a vizsgálandó oldatot vagy szilárd anyagot a mélyedésekbe tesszük és rácseppentjük az indikátoroldatot vagy a savat, illetve az oldatba mártjuk a pH-papír darabot (részletesebben lásd¹²¹). Használhatjuk azonban más kísérletek elvégzésére is, például vizsgálhatják így a diákok a fémek savakkal való reakcióját.

3.3.5. A bemutatás módja szerinti csoportosítás

A hagyományos demonstrációs és tanulókísérletek mellett más kísérletezési formák is teret nyernek az iskolai gyakorlatban. Az audiovizuális eszközök segítségével bemutatott kísérletek kétféle fajtáját ismerjük. Az egyik a tanórán bemutatott kísérletek kivetítését jelenti a régebben használt diavetítő, illetve írásvetítő vagy újabban az ipari-, illetve webkamera, esetleg legújabbán dokumentumkamera segítségével, a másik valamely adathordozóra (régebben videokazettára vagy CD-ROM-ra, újabban DVD-re vagy bármely egyéb adathordozóra) felvett kísérletek tanórán történő lejátszását (régebben videómagnó, újabban inkább projektorral összekötött számítógép segítségével).

Kísérletek kivetítése diavetítővel

A kivetített kísérletek közül a korábban elterjedten használt mikroküvettás kísérleteknél a berendezés mérete és anyagigénye a félmikro kísérletekéhez hasonló volt. Már ennek a technikának is megvolt az az előnye, hogy a nagyon kevés anyaggal végzett kísérleteket az osztály egésze jól láthatta. A kivetítés alkalmasan átalakított diavetítővel történt. A berendezés részei: diavetítő (amelynek a képkapuja, illetve képadagoló szerkezete nem zárt térben van), állványra

¹¹⁸ <http://www.scienceinschool.org/hu/2010/issue16/microscale> (utolsó letöltés: 2015. 04. 16.)

¹¹⁹ <http://www.scienceinschool.org/hu/2010/issue16/microscale#chewing> (utolsó letöltés: 2015. 07. 16.)

¹²⁰ Lorenc, A. (2008): Investigating the action of urease, *Science in School* **9**, 39-44
<http://www.scienceinschool.org/2008/issue9/urease> (utolsó letöltés: 2015. 04. 16.)

¹²¹ Szakács E.: „pH-skála készítése és háztartási anyagok pH-jának meghatározása” c. óraterv. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezettan oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

szerelt kettős tükör, kétféle küvettatartó, különböző küvetták. A módszer előnye volt, hogy a berendezésben lejátszódó folyamatról 15–20-szoros nagyítású, egyenes állású, valódi képet adott a vetítő, amely a terem bármely pontjáról jól látható. Ma már nemigen használják, nem is kapható, alkalmazása körülményes.

Írásvetítővel kivetíthető kísérletek

Sok iskolában még ma is elterjedten és gyakran használt vizuális eszköz az átvilágító írásvetítő. A nappali megvilágításban használható írásvetítő minden átalakítás és kiegészítő felszerelés nélkül alkalmas kémiai kísérletek kivetítésére. Az írásvetítő munkaasztalára helyezett kristályosító csészében a 0,5–2 cm rétegvastagságú oldatok jól átvilágíthatóak, így a bennük végbemenő színváltozás, gázfejlődés, csapadékképződés távolabbról is jól megfigyelhető. A csapadékok színét természetesen nem látjuk, képződésükre a kép elsötétedéséből következtethetünk. Annak érdekében, hogy a vetítőt megvédjük a véletlenül lecsepegett vegyszerektől, tegyünk az írásvetítő munkaasztalára nagyobb méretű üveglapot vagy vastagabb átlátszó fóliát, majd erre helyezzük az eszközöket. Az írásvetítő felhasználásának előnyei és hátrányai is vannak. Előnye, hogy a pontos információ mellett, szinte minden esetben esztétikai élményt is nyújt a kísérlet, a szép színváltozások és a közvetlenül megfigyelhető mozgások miatt (pl. az indikátorok színváltozása, a gázfejlődéssel járó reakciónál a kis labdaszerű buborékok gyors mozgása, az elektrolíziskor az elektródok „szakállasodása” a kivált anyagtól, esetleg a fraktálképződés stb.). A kísérletek minden esetben rendkívül kis mennyiségű anyaggal végezhetők, ezért alkalmazásuk nagymértékű anyagtakarékosságot jelent. A kis anyagmennyiség miatt csökken a balesetveszély. A módszer számos előnye mellett hátrány, hogy csak átlátszó, valódi oldatok közötti változást szemléltethetünk ily módon, mivel pl. a csapadék nem engedi át a fényt, így a keletkező színes csapadék is feketének látszik. Másrészt a háromdimenziós valóságról a kivetítés kétdimenziós képet ad, ezért kizárólagos alkalmazása nem kedvez a helyes valóságkép kialakításának. Hozzátehetjük még azt is, hogy bár a kísérletek elvégzése a vetítés időpontjában történik, a megfigyelés közvetett (kivetített kép, nem a valóság). Az írásvetítőn kivetíthető kísérletek anyagigénye a kémcsőkísérletekéhez hasonló. Hatása azonban annál jelentősen nagyobb, hiszen vetítéssel kinagyítjuk a képet. Legtöbbször kristályosító csészében végezzük a kísérletet az írásvetítő munkaasztalán.

Kísérletek kivetítése kamera és projektor (vagy TV) segítségével

Kémiaórákon kitűnően használható egy flexibilis szárú CCD-kamera (ipari kamera, videokamera) a kisebb méretű kísérletek jól láthatóvá tételéhez. Ez a kamera csatlakoztatható televíziókészülékekhez is. (Ennek akkor van jelentősége, ha a projektor beszerzése gondot okoz, viszont kamerával már rendelkezünk.) A kamerát az előadóasztalon elhelyezve a távolság beállításával, illetve zoomolással képesek vagyunk tetszőleges irányból a vászonra vetíteni az egyébként nem túl jól látható, vagy akár egyáltalán nem szemlélhető jelenségeket, kísérleteket. Megfelelő adapterrel csatlakoztatható az oktatásban használt mikroszkópok többségéhez, és ezzel rendkívül látványosan jeleníti meg a vetítővászonon a mikrovilág jelenségeit is. Olcsó webkamerákkal ugyan gyengébb minőségű kép érhető el, viszont megfelelő szoftver¹²² alkalmazásával időben elhúzó jelenségekről is készíthetők felvételek. Már évek óta kaphatók, de még mindig elég drágák a számítógéphez és projektorhoz csatlakoztatható dokumentumkamerák. Ennek nagyító funkciója is van és a számítógép filmfelvétel formájában azonnal rögzítheti is a kamera alatt folyó eseményeket. Ez utóbbi eszköz nem csak kísérletek kivetítésére alkalmas, hanem szkennelés helyett is jó. Könnyen és egyszerűen lehet például bemutatni vele egy tanári kézikönyvben lévő ábrát vagy valamely újságban, folyóiratban található képet, szöveget.

Adathordozókra rögzített kísérletek

¹²² <http://www.webcamlaboratory.com/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 02.)

A régebben VHS videokazettára¹²³, CD-ROM-ra rögzített, újabban DVD-re vagy más elektronikus adathordozóra felvett, illetve egyenesen az internetről (videomegosztók segítségével, pl. YouTube¹²⁴) lejátszott, kísérletek olyan esetben használhatók, ha semmiképpen nincs lehetőség az „élő” kísérletezésre, illetve ha a levetítésük felidézésre, rögzítésre szolgál. Hátrányuk, hogy a kísérlet időben eltolva, nem a megfigyeléskor megy végbe. Továbbá nem érezhető például a kiindulási anyagok, illetve a termékek szaga sem. A változásokra csupán a kivetített kép alapján következtethetünk.

3.3.6. A didaktikai cél és az információ jellege szerinti csoportosítás

A *didaktikai cél* szerinti csoportosítás tekintetében új ismereteket hordozó, az ismeretek rögzítésére, illetve ellenőrzésre és számonkérésre szolgáló kísérletekről beszélünk. Az *új ismeret hordozó kísérletek* az anyagok sajátágaival, reakcióival és a fogalmakkal való találkozásokkor kiindulási alapul szolgálnak. Az *ismeretek rögzítésére szolgáló kísérletek*re az jellemző, hogy a tanulók hasonló jelenséggel már találkoztak az új ismeretek megszerzésekor. Ezért általában tanulókísérletet végeznek és előző élményeik alapján, adott szempontok szerint megadják a magyarázatot. Az *ellenőrzésre, számonkérésre szolgáló kísérletek* olyan egyszerű, gyorsan kivitelezhető kísérletek, amelyeket a számonkérés során elvégeztetünk a felelővel, vagy tanári demonstrációs kísérletként bemutatva azt a felelőnek kell „riporterként” közvetítenie és megmagyaráznia, illetve írásbeli számonkérés alkalmával a dolgozatban részletesen elemeznie.

Az *információ jellege* szerint a kísérletek lehetnek kvalitatív (minőségi) vagy kvantitatív (mennyiségi) jellegűek. *Minőségi vagy kvalitatív kísérlet* a demonstrációs és tanulói kísérletek nagy része. Ezek során olyan jelenséget mutatunk be, amelyek lényege vizuálisan megfigyelhető. A *mennyiségi vagy kvantitatív kísérletek* segítségével egy adott változás mennyiségi viszonyairól kapunk információt. Ezek általában mérések. A mérőkísérletek nagy többsége időigényes, ezért alkalmazásukra inkább csak emelt szintű, illetve fakultatív oktatás keretében, esetleg szakkörön vagy az otthoni vizsgálódások során kerülhet sor. Sok esetben megoldást jelenthetnek a gyors tesztekkel végzett mérések, amelyek alkalmazásáról e fejezet 4. pontjában írunk részletesen.

3.4. Hétköznapi anyagokkal és eszközökkel elvégezhető kísérletek¹²⁵

A hétköznapi – háztartásban, illetve közvetlen környezetünkben található – anyagokkal elvégezhető kísérletek a mai vegyszer- és eszközszegény időkben (amikor a szertár fenntartást még különböző, nem teljesen átgondolt jogszabályok is nehezítik, *lásd fentebb*) nemcsak otthoni, hanem iskolai demonstrációs célokra is kiválóak. Ezen kívül alkalmazásukkal még a kémia és a hétköznapi élet kapcsolatát is szemléltethetjük. A következőkben néhány olyan, hétköznapi anyagokkal elvégezhető kísérletet említünk meg, amelyek kémiai (és egyes fizikai) fogalmak, törvények demonstrálására szolgálnak és nagy részük otthon is elvégezhető. Reméljük, hogy a példa ragadós és ezek alapján új, még jobb kísérletek születnek. Az sem árt, ha a kísérletek nemcsak hasznosak, hanem érdekesek és látványosak is (nem beszélve a veszélytelenségük fontosságáról!). Lássunk néhány példát ezekre a kísérletekre, amelyekhez hasonlókat mindenki szabadon megtervezhet. A széles körben használt praktikumokban¹²⁶ is megtalálható számos ilyen kísérlet.

Pénzdarab kivétele víz alól (17. ábra)¹²⁷

¹²³ Érdemes megoldani a régebben nagyon elterjedten használt, és egyes iskolákban még most is fellelhető olyan VHS videokazetták digitalizálását, amelyek sok kísérlet felvételét és magyarázatát tartalmazzák, pl.:

Látványos kémiai kísérletek I. II. III., ELTE Videostúdió, 1992

Színes kémia alapfokon I. II., ELTE Videostúdió, Magyar Macmillan Könyvkiadó

¹²⁴ <https://www.youtube.com/> (utolsó letöltés: 2015. 09. 15.)

¹²⁵ Otthoni kísérletezéshez forrásként használható weboldalak linkjei: <https://kiserletezzunkotthon.wordpress.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 16.)

¹²⁶ Pl.: Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged

¹²⁷ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 30.

A kristályosító csészébe elhelyezünk egy pénzermét és ráöntünk annyi vizet, hogy éppen ellepje. Rendelkezésünkre áll egy nagyobb Erlenmeyer-lombik és gázlángot is használhatunk. Hogyan vehető ki a pénz a víz alól száraz kézzel, ha a vizet kiönteni, vagy elforralni nem szabad? Melegítsük óvatosan, állandó forgatás közben a lombik alját (miközben a szájánál fogva tartjuk), majd borítsuk szájával lefelé a pénzérme mellé. Figyeljük meg, hogy a víz lassan emelkedni kezd a lombikban. Ha jeges zacskót teszünk a lombik fenekére, gyorsabb a folyamat. A vizet megfesthetjük, így jobban látszik az emelkedés. (Megjegyzés: a felforrósított üveg balesetveszélyes, ezért ezt a kísérletet csak tanári demonstrációs kísérletként szabad végezni!)



17. ábra. Pénzdarab kivétele a víz alól

Hogy megy be a tojás a lombikba? (18. ábra)¹²⁸

A következő találós kérdés: egy darab papír és gyufa segítségével hogyan lehet a megtisztított kemény tojást bejuttatni a lombik belsejébe? A papírt meggyújtjuk, majd bedobjuk a lombikba. A héjától megtisztított és vízzel lemosott tojást a hegyesebb végével befelé rátesszük a lombik nyílására. A tojás megnyúlik, és igen gyorsan beszívódik, majd beleesik a lombikba.



18. ábra. Hogy megy be a tojás a lombikba?

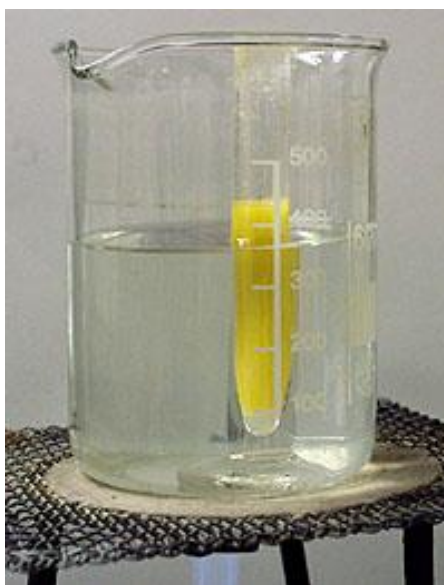
¹²⁸ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 32.

A csörgő palack¹²⁹

1 dm³-es üres üveget (pl. borosüveg) tegyünk a mélyhűtőbe kb. 1 órára. Kivétel után tegyünk az üveg szájára egy megnedvesített könnyű pénzérmét, amelynek mérete az üveg nyílásával megegyezik. Rövid idő múlva az érme ütemesen felemelkedik és csörögve visszahull. Ha megfogjuk az üveg oldalát, élénkebbé válik az emelkedés. Ezzel és a 19. ábrán látható kísérlettel azt szemléltetjük játékos formában, hogy melegítés hatására a gázok térfogata nő, hűtéskor csökken (amennyiben a nyomás állandó). Ha a térfogat nem változhat, akkor a gáz nyomása nő meg melegítéskor, illetve csökken hűtéskor.

Margarinok zsírtartalmának vizsgálata (19. ábra)¹³⁰

Három különböző típusú margarinból 10-10 g-ot mérünk le táramérlegen. A lemért mintákat egy-egy 100 cm³-es mérőhengerbe tesszük és néhány percre 70-80 °C-os vízfürdőbe helyezzük. Megolvadva a különböző margarinok két vagy három fázisra válnak szét. Alul van a vizes fázis, középen az olaj-víz emulzió, fölül az olaj. Olvadás után hasonlítsuk össze a kapott két, vagy három fázis térfogatát!



19. ábra. Margarin zsírtartalmának vizsgálata

CD használata a tanórai kísérletezésben

A gyárilag készült CD általában négy rétegből áll. Az alapja polikarbonát, ezen van egy vékony alumíniumréteg, az alumíniumrétegen egy lakkréteg, és azon a címke.

a) *A CD mint optikai rács.* A CD-t fényes oldalával a fényforrás felé fordítva a ráeső fényt hullámhossz szerinti alkotóira bontja. Fehér fény estén szivárványt látunk. Érdekes megvizsgálni a lángfestés során kibocsátott fényt ezzel a módszerrel. Házi spektroszkóp is egyszerűen készíthető hulladékokból, amelyhez többféle leírás is található az interneten¹³¹. A saját készítésű spektroszkóppal nagyon jól összehasonlíthatók a különféle fényforrások spektrumai, valamint a számítógép képernyőjének a spektruma is.

¹²⁹ Rózsahegy M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 31.

¹³⁰ Rózsahegy M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 239.

¹³¹ Például: <http://www.scienceinschool.org/2007/issue4/spectrometer> (utolsó letöltés: 2015. 06. 02.). Ennek az angol szövegnek a fordítása a Magyar Kémikusok Egyesülete Kémiatanári Szakosztálya honlapjának regisztrált tagok számára fenntartott részén olvasható: <http://www.kemtan.mke.org.hu/oktatasi-segedanyag-i/kemiai-kiserletek.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 02.).

b) *Felületaktív anyagok vizsgálata.* Már nem használatos CD-re vagy DVD-re cseppentsünk vizet! A vízcsepp a felületi feszültség hatására félgömb alakot vesz fel. Értünk a vízcsepphez mosogatószerbe mártott fogpiszkálóval! A csepp szétterül a lemez felületén.

c) *A CD alumíniumrétegének szabaddá tétele.* Egy kristályosító tálba töltünk tömény salétromsavoldatot! Tegyük bele a CD-t, színes címkéjével lefelé fordítva! A címke és a lakkréteg leoldódik. A kísérlet egyben azt is szemlélteti, hogy az alumínium tömény salétromsavban nem oldódik.

d) *Az alumíniumréteg néhány reakciójának vizsgálata.* Cseppentsünk az előző kísérletben nyert CD alumíniumrétegére sósavat, nátrium-hidroxidot és réz(II)-szulfát-oldatot! A sósav és a nátrium-hidroxid oldja az alumíniumot, réz(II)-szulfát-oldatból pedig réz válik ki az alumínium oldódásával párhuzamosan.

Érintőképernyős okostelefonok, táblagépek a tanórai kísérletezésben

Az egyik típusú (ún. kapacitív) érintőképernyő esetében egy kemény üveg- vagy műanyag lap alatt egy rácsos szerkezetű vezető réteget helyeznek el, aminek segítségével a kijelző „felett” egy elektromos mezőt alakítanak ki. Amikor ujjunkat közelítjük a panelhez, zavart okozunk ebben az elektromos mezőben (töltést vezetünk el a kezünkkel), amelyet a vezérlőchip érzékel, és ez alapján határozza meg a pozíciót. Az elektromos töltést érzékelő réteg általában indium-trioxid és ón-dioxid elegye. Innen a rövidítése: ITO (Indium Tin Oxide).

Különböző anyagok elektromos vezetésének vizsgálata. Tegyük védőfóliát – átlátszó műanyag háztartási csomagolófólia, ún. folpack is megteszi – érintőképernyős mobiltelefonra vagy táblagépre! Érintsünk a védőfóliához különböző szilárd anyagokat (fémadarabot, műanyagot, papírt, fapálcikát, üveget, grafitrudat, kockacukrot, sókristályt), és vizsgáljuk meg, hogy az érintőképernyő reagál-e az érintésre! Ha igen, akkor az anyag jól vezeti az elektromos áramot, ha nem, akkor rosszul vezeti. Ismételjük meg a kísérletet néhány folyadékkal (csapvízzel, sós vízzel, cukros vízzel) is! Ehhez szívjuk fel a folyadékot egy műanyag szívószálba, majd fogjuk be ujjunkkal a szívószál egyik végét, hogy a folyadék a szívószálban maradjon! A szívószál másik végét érintsük az érintőképernyőhöz, és mozgassuk rajta! Sós víz esetén így is tudjuk használni az érintőképernyőt, csapvíz és cukoroldat esetében nem.

3.5. Hétköznapi jelenségek kémiai modellezése

Az iskolai munka során igen lényeges, hogy a tanulókat motiváljuk, tanulási kedvüket folyamatosan ébren tartsuk. Motiváló hatást a tanórán leggyakrabban úgy tudunk elérni, ha a tanulókat valamilyen érdekes feladattal, tevékenységgel bízunk meg (pl. tanulókísérletek). A tanulók érdeklődését úgy is felkelthetjük (és ezzel érdekeltté tehetjük őket a tanulásban), hogy megmutatjuk nekik a kémia szerepét a mindennapi életben. Nagyobb kedvvel tanul a diák, ha elsajátított ismereteit a közvetlen és távolabbi környezetében tapasztaltak magyarázatára, esetleg pozitív változtatásokra tudja felhasználni. Ennek érdekében gyűjtsünk, tervezzünk és mutassunk be olyan kémiai kísérleteket, amelyek ilyen köznapi jelenségeket modelleznek!

A „*Miért gyógyít a mézes tea?*” c. kísérlet (20. ábra) a méz glükóztartalmának a glükózidáz enzim hatására történő átalakulásakor keletkező hidrogén-peroxidot mutatja ki. Ez magyarázza a langyos mézes tea fertőtlenítő hatását, ezért enyhíti az a torokfájást. A glükóz átalakulásához az optimális hőmérséklet 37 °C. Közismert, hogy túl magas hőmérsékleten az enzimek tönkremennek, ezért nem forró teába kell keverni a mézet, hanem előbb hagyni kell azt egy kicsit hűlni.



20. ábra. Mézes tea hidrogén-peroxid tartalmának kimutatása

a) kísérleti eszközök és anyagok

b) tapasztalat

A „*Hogyan működik a papírpelenka?*”¹³² című kísérletben az eldobható bébipelenkák nedvszívó hatását vizsgáljuk. A pelenka belsejében levő nedvszívó réteg egy polimer, a nátrium-poliakrilát. Ez a polimer láncában megköti a vízmolekulákat és gél alakul ki.

A *tűzérbogár védekezését* modellező kísérletben a hidrokinon és hidrogén-peroxid katalizátor jelenlétében végbemenő reakcióját mutatjuk be. A tűzérbogár (pöfögő futrinka) potrohán a belső kamrában hidrogén-peroxid, hidrokinon és metil-hidrokinon vizes oldata van. A külső kamrában kataláz és peroxidáz enzimek keveréke található. Veszély esetén a belső kamrából folyadék préselődik a külsőbe, ahol az enzimek segítségével egy erősen exoterm reakció játszódik le. A folyamat bruttó szöegyenlete:



A nagy reakcióhő miatt a keletkezett maró folyadék (kinon) a forráspont hőmérsékletére melegszik fel, így a bogár igen eredményesen tud ennek kilövésével védekezni. (21. és 22. ábra)



21. ábra. A tűzérbogár védekezését mutató felvételek



22. ábra. A tűzérbogár védekezését modellező kísérlet képei

¹³² Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 251.

Ebből a néhány példából is látható, hogy az ilyen típusú kísérletekkel sokkal vonzóbbá lehet tenni a kémiatanulást a diákok számára.

3.6. Otthon elvégezhető kísérletek

A kémia életszerűségét növelhetjük azzal is, ha a kémiai kísérletek sem egy zárt, laboratóriumi világot jelenítenek meg, hanem a mindennapi életet, a tanulókat körülvevő valóságot. Ennek egyik kézenfekvő eszköze lehet az otthon elvégezhető tanulókísérlet. Vigyázzunk azonban, mert ezek tanulói fogadtatása nem egyértelműen pozitív!¹³³ A kötelezően előírt otthoni kísérlet többnyire nem több mint egy házi feladat. Döntő fontosságú – itt is – a tanulók motiválása! Kizárólag a szülők engedélyével (és életkortól függően esetleg csak azok jelenlétében), megfelelő körülmények biztosításával, a balesetvédelmi rendszabályok betartásával végeztethetők otthon kísérletek. Az alábbiakban néhány ötletet és példát mutatunk be a tanulók által – akár otthon is – elvégezhető egyszerű kémiai kísérletekre.

*Mennyi egy vízcsepp térfogata és tömege?*¹³⁴ Tervezz otthon elvégezhető kísérletet annak meghatározására, hogy mekkora lehet egy vízcsepp térfogata! Hogyan kell kiegészíteni a kísérletet, hogy egy vízcsepp tömegét is meghatározhassd? Végezd el mindkét kísérletet! Határozd meg egy vízcsepp térfogatát és tömegét! A kapott adatok alapján számold ki a vízcsepp sűrűségét, és hasonlítsd össze a várható 1 g/cm³ értékkel!

*A vízmolekulák polaritása.*¹³⁵ Közelíts vízcsapból vékony sugárban folyó vízszugárhoz megdörzsölt műanyagvonalzót, ebonitrudat vagy felfűjt és előzetesen megdörzsölt lufit! Vajon a vízmolekulák melyik felükkel fordulnak a műanyagvonalzó felé, ha tudjuk, hogy dörzsölés hatására a vonalzó felülete negatív töltésűvé válik?

*A felületi feszültség vizsgálata 1.*¹³⁶ A borotvapenge acélból van, mégis úszik a víz felszínén. Óvatosan helyezz egy acél borotvapengét lapjával a víz felszínére! Miért nem süllyedt el a borotvapenge? Óvatosan cseppents a vízbe mosószert vagy mosogatószert! Ettől vajon miért süllyedt el a borotvapenge? Ismételd meg az első kísérletet különböző folyadékokkal: benzinnel, alkohollal, étolajjal! Mit tapasztaltál? Milyen következtetést tudsz levonni ebből a kísérletből az egyes folyadékok molekulái közötti kötés erősségére?

*A felületi feszültség vizsgálata 2.*¹³⁷ Tölts egy tányérba vizet! Óvatosan szórj a víz felszínére őrölt borsot vagy lisztet! Mosogatószerbe mártott fogvájóval vagy gyufaszállal érintsd meg a porréteget tartalmazó vízfelszín középpontját! Tapasztalataid alapján próbáld megjósolni a következő kísérletek eredményét! Mi történne, ha nem a vízfelszín középpontját, hanem a tányérral érintkező szélét érintetted volna meg a mosogatószeres fogvájóval? A mosogatószeres érintést követően pár nagyobb szemcse azonnal elmerült. Vajon miért? Ha megpróbálnád a szemcséket a vízzel összekeverni, akkor erre mikor lenne nagyobb esélyed: ha tiszta vízben keverned, vagy mosogatószeres vízben? Ha a fenti kísérletet étolajjal végeznéd el, mi lenne az eredmény?

Hűtés párologtatással. Egy máztalan virágcserep alját dugd be egy dugóval! Helyezd a hűteni kívánt vízzel teli palackot egy műanyag tálka közepére és borítsd rá a cserepet! Töltsd fel a műanyag tálkát vízzel! Helyezd a hűtőberendezést napsütötte helyre, egy másik palackot pedig árnyékba! Két-három óra múlva hasonlítsd össze a két palack hőmérsékletét! Mi az eltérés magyarázata?

¹³³ Németh V., Ordasi A. (2007): Otthoni kísérletek általános iskolásoknak. A Kémia Tanítása, **15** (2), 14-23.

¹³⁴ Ld. bővebben: Nagy M.: Csepp a tengerben?: <http://www.chem.elte.hu/w/modszertani/fellap2.html> (utolsó letöltés: 2015. 07. 16.)

¹³⁵ Rózsahegy M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 38.

¹³⁶ Rózsahegy M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 33.

¹³⁷ Rózsahegy M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 34.

Sósvízből édesvíz. Készíts sós vizet, ami kísérletünkben a tengervizet helyettesíti: fél literes PET-palackba szórj egy kanál sót, és töltsd fel vízzel, majd rázd össze! Kóstold meg, hogy tényleg ihatatlan-e! Helyezd el a palackot a fagyasztószekrénybe! Ne várd meg míg teljesen megfagy, akkor vedd ki, mikor már harmada-negyede jéggé fagyott! Ezt a jeges folyadékot szűrd át egy kávé filteren egy pohárba! A szűrőn maradt jégkristályokat vidd csap alá, és egy kicsit öblítsd le a felületüket! Ezt a jeget szórd bele egy másik pohárba, és várd meg, míg elolvad! Ezt követően ízleld meg a két pohár tartalmát! Mi lehet a két íz magyarázata? Mi történne, ha üdítőitallal végeznéd el ezt a kísérletet?

Kísérletek pezsgőtablettával. Dobj egy pezsgőtablettát egy pohár vízbe! Figyeld meg a pezsgőtabletta helyzetét! Miért változik meg a pezsgőtabletta helyzete, amikor már nagy része feloldódott? Egy másik pezsgőtablettát hagyj néhány napig levegőn állni! Naponta figyeld meg a tablettán észlelhető esetleges változásokat! Vajon mi lehet a változás oka? Mi lehet a szerepe a pezsgőtablettás doboz kupakjában zörgő apró szemcsés szilárd anyagnak?

Pezsgőtabletta kémiai oldódása. A pezsgőtabletta oldódása vízben nem csak fizikai oldódás, hanem kémiai reakció is. Ilyenkor a pezsgőtablettában lévő egyik szilárd anyag (citromsav vagy borkősav) reakcióba lép a tablettá másik anyagával (kalcium-karbonáttal vagy nátrium-hidrogén-karbonáttal). A reakció során szén-dioxid képződik. Vizsgáld meg, hogyan befolyásolja a pezsgőtabletta kémiai oldódásának sebességét a) a hőmérséklet változása; b) a szilárd anyag és a víz érintkezési felületének növelése, és c) a keverés! Tervezd meg a kísérletet, hajtsd végre, tapasztalataidat jegyezd fel és értelmezd a tanultak alapján! Írd fel a kémiai oldódás lényegét leíró ionegyenletet is!

*Vasszőgből rézszőg?*¹³⁸ Átlátszó edénybe helyezz egy vasdarabkát (esetleg kisméretű vasszőget) és tölts rá annyi réz(II)-szulfát-oldatot, hogy teljesen ellepje a vasdarabot! Ismételd meg a kísérletet rézdarabkával és vas(II)-szulfát-oldattal! Milyen különbségeket tapasztaltál? Mi lehet a végbemenő redoxireakció kémiai egyenlete, ha tudjuk, hogy a Cu^{2+} -ionok vizes oldata kék színű, a Cu pedig vörös színű? Mi oxidálódott és mi redukálódott a folyamat során?

Mennyire „szennyezett” vizet iszunk? Napjaink egyik nagy szélhámossága az, amit egyes víztisztítóval kereskedő ügynökök alkalmaznak. Az általunk fogyasztott vízbe (csapvízbe, ásványvízbe) áramot vezetnek és hamarosan csúnya, barna színű csapadék válik ki a vízből, „jelezve”, hogy mennyi mérgeanyagot, szennyezést tartalmaz a víz. Ez egy nagy átverés! Az áramot ugyanis vasrúd segítségével vezetik a vízbe. Ilyenkor az elektromos áram hatására kémiai reakció (elektrolízis) játszódik le. Ennek során a vasrúdról vasionok kerülnek a vízbe és a másik árambevezetés körül képződő hidroxidionokkal előbb $\text{Fe}(\text{OH})_2$, majd $\text{Fe}(\text{OH})_3$ csapadékot képeznek. A csapadék tehát nem a vízben eredetileg oldott anyagból, hanem a vasrúdból képződik elektromos áram hatására. Ez a kísérlet tehát nem bizonyítja azt, hogy az ivóvíz szennyezett lenne! (Hasonló elven működnek a „méregtelenítő” lábfürdők is, részletesebben lásd IX. Áltudományok és ismeretterjesztés). Próbáld ki te is! Csatlakoztass két vasszőget egy-egy dróttal egy 9 V-os zsebletephez! Merítsd a két vasszőget egy pohár vízbe! Néhány perc után a víz színe kezd megváltozni, előbb sárga, majd barna színű lesz, végül barna csapadék válik ki belőle.

Készíts díszes rézbevonatot vastárgyon! Tölts egy nagyobb pohárba (vagy befőttesüvegbe) réz(II)-szulfát-oldatot! Fektesd a pohár nyílására egy pálcikát! Erősíts rá két szál cérnát. Köss az egyikre egy darab rézdrótot, a másikra egy jól megtisztított, zsírtalanított vastárgyat, amihez szintén egy rézdrótot kötöttél! Kapcsold a rézdrótokat egy zseblámpaelem sarkaihoz úgy, hogy a bevonandó vastárgy legyen a negatív pólus! A vastárgyra vörös rézréteg kezd kirakódni. Ha a bevonat már elég vastag, vedd ki a tárgyat az oldatból, vízzel alaposan mosd le, szárítsd meg, és puha ronggyal

¹³⁸ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 103. és 105.

fényesítsd ki! Vörösen csillogó „réztárgyat” kapsz. Vajon milyen folyamat mehetett végbe az anódon (a rézdróton), és milyen a katódon (a vastárgyon)?

*Készíts gyümölcsök segítségével galvánelemet!*¹³⁹ Véggy egy almát (vagy krumplit, citromot vagy más lédús gyümölcsöt, illetve zöldséget), és egymástól néhány milliméterre szúrj bele egy rézlemezt (vagy ezüstgyűrűt) és egy magnéziumlemezt (vagy alumíniumlemezt)! Vezetékek segítségével kösd a rézlemezt a működtetni kívánt elektromos berendezés (bármilyen, 1,5 V-os elemmel működő berendezés) elemtartójának pozitív pólusához, a magnéziumlemezt pedig a negatív pólushoz. (Gyümölcs helyett használhatsz gyümölcslevet is.) Kereskedelmi forgalomban is kapható már ilyen elven, két citrom sorbakapcsolásával működő óra. Fontos megjegyezni, hogy a „gyümölcsselemek” működésekor a gyümölcs vagy gyümölcslé csak az elektrolit szerepét tölti be és elektromos feszültség az ebbe merülő két különböző fém miatt keletkezik.

*Otthoni kísérletek tojásfehérjével.*¹⁴⁰ Válassz el egy tojásfehérjét a sárgájától! A tojásfehérje kis részletéhez adj annyi vizet, hogy rázás hatására homogén oldat keletkezzen! Töltsd kétfelé az oldatot! Az egyik oldatot helyezd forró vízbe, a másikhoz adj kiskanálnyi sót! Figyeld meg a változásokat! Melyik esetben lehetne visszafordítani a folyamatot vízzel való hígítással? Próbáld ki! Vajon milyen hétköznapi megfigyeléseket modelleztél ezekkel a kísérletekkel?

Csiriz készítése. Papír és bőr ragasztására régen a csirizt használták a könyvkötők és a cipészek is. A csirizt keményítóből lehet készíteni. Mérj ki 3 púpozott evőkanál lisztet és keverd össze 0,5 dl hideg vízzel! Közben melegíts fel 1,5 dl vizet 60–70 °C-ra! Állandó kevergetés közben öntsd hozzá a hideg vizes lisztet! Kevergetés közben főzd az egészet addig, amíg be nem sűrűsödik! A kapott csirizt akár melegen, vagy lehűtés után is használhatod ragasztásra.

*Kísérletek szén-dioxiddal.*¹⁴¹ Nyomj egy szénsavpatront üres (!) autoszifonba! Tölts meg az autoszifonban lévő szén-dioxiddal egy 2 dl-es poharat! Egy kisebb (kb. 1 dl-es) pohár aljára tégy egy égő mécsest! Óvatosan öntsd át a szén-dioxidot a kisebb pohárba! Elemezd a kísérletet a következő kérdések alapján! Miért nem illan el a szén-dioxid a pohárba való töltéskor? Miért alszik el a gyertya? Mi ennek a kísérletnek a gyakorlati jelentősége?

Szén-dioxid kimutatása. Egy műanyag- vagy üvegcsövön keresztül fújd át a kilélegzett levegőt egy kis pohár meszes vízbe! Mit tapasztalsz pár másodperc múlva? Folytasd a levegő átfújását néhány percig. Mit tapasztalsz? Válaszolj a következő kérdésekre! Mi a meszes víz? A kilélegzett levegő melyik alkotója lépett reakcióba a meszes vízzel? Írd fel a néhány másodperces átfújás után tapasztalt változáshoz tartozó reakcióegyenletet! Írd fel a hosszas átfújás során tapasztalt változást leíró reakcióegyenletet!

*Kísérletek aktív szénnel.*¹⁴² Tegyel kiskanálnyi aktív szenet (elporított orvosi széntabletta is jó) egy pohár vízbe, amelyet előzetesen valamilyen színezékkel (pl. vöröskáposztalével) megfestettél. Keverd néhány percig az oldatot, majd hagyd leülepedni a szén szemcséket. Figyeld meg az oldat színét! Szűrőpapíron vagy teafilteren szűrd át az aktív szénnel kezelt és a kezeletlen oldatot! Hasonlítsd össze a szűrlet színét! Értelmezd a különbséget!

*Kísérletek ecettel.*¹⁴³ Szórj egy pohárba vagy PET-palackba egy kanál szóda bikarbónát (NaHCO_3 -ot)! Önts rá óvatosan fél deciliter háztartási ecetet! Vizsgáld meg a fejlődő gázt égő gyújtópálcával! Írd

¹³⁹ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 117.

¹⁴⁰ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 255.

¹⁴¹ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 217.

¹⁴² Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 213.

¹⁴³ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 89.

fel a végbemenő reakció kémiai egyenletét! A kísérlet tapasztalati alapján dönts el, hogy melyik az erősebb sav, az ecetsav vagy a szénsav! Alufóliadarabkára tölts kevés ecetet! Figyeld meg, hogy idővel mi történik! Milyen gáz fejlődhet ebben a reakcióban? Írd fel a lejátszódó reakció kémiai egyenletét!

Virágszirmok kandírozása. Az alábbi eljárás mindenféle virágszirom és levél esetén alkalmazható. Biztonsági okokból csak olyan növények virágait vagy leveleit használjuk, amelyek valóban ehetőek és nem mérgezőek! Ilyen a rózsa, az árvácska, az ibolya, az akác, a kankalin, a mentalevél, a citromfűlevél. Lehetőleg frissen szedett virágot és levelet használjunk! Hozzávalók: virágszirom (levél), 1 tojás, ecet, porcukor, aprószövesű szita, zsírpapír, tálca. Verjünk habosra egy tojásfehérjét! A virágszirmokat (leveleket) helyezzük zsírpapírral borított tálcára, majd az ecet segítségével vékonyan kenjük be tojásfehérjével! Szitáljunk rá porcukrot! Hagyjuk egy órát száradni, majd fordítsuk meg a virágokat, leveleket! Kenjük meg a másik oldalukat is tojásfehérjével, majd szórjuk meg porcukorral! Legalább egy napig szárítsuk, többször megforgatva!

PET-palack vizsgálata. Tölts három egyforma PET-palack egyikébe 10%-os háztartási ecetet, a másikba csapvizet, a harmadikba telített szódabikarbóna-oldatot! Zárd le a palackokat és tedd hűvös, sötét helyre! Tapintással naponta vizsgáld meg a palackok szilárdságát! Mit tapasztalsz? Mi a változás magyarázata?

Kísérletek mosószerrel. Vízrel tölts félig két egyforma átlátszó poharat! Az egyikben oldj fel nagyon kevés (egy csepp) folyékony mosó- vagy mosogatószer, a másikban pedig jóval többet (kb. 20 cseppet)! Rázd össze mind a két pohár tartalmát, és figyeld meg a benne lévő folyadék felszínét, valamint átlátszóságát! Cseppents ezután mindkét pohárba 2-3 csepp étolajat! Újra rázd össze a poharak tartalmát! Mit tapasztalsz? Apoláris szennyezés (olaj) távollétében főleg hol és hogyan helyezkednek el a mosószer részecskék? Miért eredményezi ez a víz habzását? Miért lesz eltérő a két pohárban található mosószeres víz átlátszósága? Hogyan magyarázható az olajcseppek hatására bekövetkező változás?

Lebegő tojás. Tegyel egy nyers tojást tiszta, egy másikat konyhasóval telített vízbe! Azt tapasztalod, hogy a sós vízben a tojás lebeg, míg a tiszta vízben lemerül a pohár aljára, mivel a sóoldat (sós víz) sűrűsége jóval nagyobb, mint a tiszta vízé és nagyobb a tojás sűrűségénél is. A kísérlet sós tengervíz és az édesvíz közötti különbséget és ennek hatását szemlélteti.

*Képfestés vöröskáposztalével átitatott papírra.*¹⁴⁴ A vöröskáposztalé savanyú anyagok hatására vörös, lúgban zöld, illetve erősen lúgos közegben sárga lesz. Lereszelt vöröskáposztára önts annyi vizet, hogy ellepje, majd forrald kb. 15 percig. A vöröskáposzta levét lehűlés után szűrd le, majd áztass bele olyan papírt, ami jól fölissza a nedvességet, és vízbe mártva nem szakad el. Száradás után ecetrel vagy fültisztítóval tudsz erre a papírra festeni. Az ecet és a citromlé savas, de savas a vízkőoldónak használt háztartási sósav is. A szódabikarbóna-oldat, a szappanoldat és a mosogatószeres lúgosak. Ezért ezek segítségével szép virágokat, illetve egyéb ábrákat rajzolhatunk az előzetesen vöröskáposztaléba áztatott, majd megszáritott papírra. (A hipó használata ugyan nem veszélytelen, de egy picit hipóba mártott fültisztító elszínteleníti a vöröskáposzta levét, ezért a papír kifehéredik, ahol hozzáérintjük a hipós fültisztító pálcikát.) A „festéshez” használt oldatok csavaros tetejű műanyag italos palackok különböző színű kupakjaiba is tehetőek.

¹⁴⁴ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 79.

*Fekete kígyó*¹⁴⁵. Keverjünk össze nátrium-hidrogén-karbonátot (szódabikarbóna) és porcukrot. Homokot tartalmazó tál közepén egy mélyedésbe szórjuk be a porkeveréket és locsoljuk körbe alkohollal. Égő gyújtópálcával vagy gyufával gyújtuk meg az alkoholt. Rövid idő múlva a fehér porkeverékből barnásfekete „kígyó”-k kezdenek kibújni (23. ábra). Ugyanis az etil-alkohol égésekor hő szabadul fel, aminek hatására a szódabikarbóna elbomlik nátrium-karbonátra, vízre és szén-dioxidra, a cukor pedig elszenesedik. A fejlődő gáz (szén-dioxid), felpuffasztja az elszenesedő anyagot és kígyó (néha „sárkány”) formája lesz. Nagyobb méretű kígyók is előállíthatók úgy, hogy az alapanyagokat (kevés alkohollal együtt) egy csavaros tetejű műanyag italos palack levágott felső részében (azt a szájával lefelé fordítva, abban a szűk részben, amelyen kívülről a csavarmentet van) összedöngöljük, „pasztillázzuk”.

(Vigyázat! Ez a kísérlet csak felnőtt jelenlétében végezhető el!)



23. ábra. Fekete kígyó előállítása

Építs egy „valódi” működő vulkánt! Készítsél só-liszt-víz masszát. Kézzel addig gyúrd, amíg csomómentes nem lesz! A só-liszt-víz masszát rakd egy műanyag flakon köré úgy, hogy se a száját ne tömd el, se a flakonba ne kerüljön massa! Töltsd majdnem tele a flakont vörös ételfestékkel megszínezett meleg vízzel! Tegyd a vízbe néhány csepp folyékony mosogatószer! Szórj a flakonba egy evőkanál szódabikarbónát! Önts lassan ételecet a flakonba és gyorsan lépj hátra! Figyeld meg a „vulkánkitörést”! A szódabikarbóna kémiai reakcióba lép az ecettel és a reakció során szén-dioxid-gáz keletkezik (ami egyébként a valódi vulkán esetében is jelen van). A keletkező gáz nyomja ki a „lávát” a palackból.

*A papír tavirózsa kinyílik*¹⁴⁶ Készíts színes papírból egy nyolcágú csillagot és behajtott ágakkal helyezd óvatosan a mosogatóban vagy mosdóban lévő víz felszínére! Ott aztán a papír rostjaiba beszivárgó víz hatására, mint egy tavirózsa, szépen lassan kinyílnak a „szirmai”, végül teljesen szétterül.

4. Gyorsteszt a kémiaoktatásban

Mint a korábbiakban már írtuk, a kémiaoktatásban egyre nagyobb igény van a vegyszerszükséglet csökkentésére („small scale chemistry education”), a mindennapi élettel való reális kapcsolat pedig kémiai méréseket és a kvantitatív adatok értékelését is megkívánja (projekt

¹⁴⁵ Rózsahegyi M., Wajand J. (1999): Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Kiadó, Szeged, 68.

¹⁴⁶ Ld. pl.: <http://csoppkeblog.hu/2012/10/26/kinyilo-papir-virag/> (utolsó letöltés: 2015. 07. 16.)

alapú kémiaoktatás, részletesebben lásd III. Oktatási módszerek). A gyorsesztek alkalmazásával ez biztosítható. A gyorsesztek olyan készen beszerezhető vegyszer- és eszközegek, amelyek lehetővé teszik adott koncentrációtartományban, a teszt által garantált pontossággal egy mintában egy-egy vegyület, ion gyors és megbízható minőségi és mennyiségi meghatározását^{147,148,149,150}. Használatuk egyszerű, segítségükkel helyszíni vizsgálatok elvégzése is lehetséges, akár a terepen is. A mérésekhez mintaelőkészítés alig szükséges, ezért a gyorsesztek fontos alkalmazási területe a mezőgazdaság, a környezetvédelem, a mindennapi élet, sőt az iskolai laboratórium is. Többféle típusuk, van forgalomban. Ismerünk színreakcióra, titrimetriára épülő gyorseszteket, de ma már a gyorsesztek közé sorolhatók az egyre olcsóbb zsebműszerek (pH-, CO-, UV-mérő, konduktométer, fotométer stb.) is. Ezeknél az érzékelőket (szenzorokat) számítógéphez, okostelefonhoz, GPS-hez is kapcsolhatjuk, így a természetet, a környezetet járva, mérési, adataink tárolhatók, sőt a világhálóra is felkerülhetnek (részletesebben lásd VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a kémiaoktatásban)

4.1. A gyorsesztek iskolai alkalmazása

Az általános és középiskolai kémiaoktatásban a gyorsesztek sokoldalúan alkalmazhatók.^{151,152,153} Használatuk olyan egyszerű, hogy az nem jelenthet problémát a diákok számára, és nagy előnyük, hogy a vizsgálatokat az iskolában, de terepen is el lehet végezni. Nem lényegtelen az sem, hogy az áruk is elfogadható. Nagyon fontos még, hogy segítségükkel a diákok mennyiségi analízist végezhetnek, és így az innen-onnan hallott, igaz vagy téves információkat, illetve az iskolában elsajátított ismereteket (pl. a C-vitamin erős redukálószer, a spenót „tele van” nitráttal, egymásnak ellentmondó környezetvédelmi információk, áltudományos híresztelések, részletesebben lásd IX. Áltudományok és ismeretterjesztés) mérésekkel és számolásokkal igazolhatják, vagy esetleg megcáfolhatják. Ezért nem meglepő, hogy a tantervek is gyakran javasolják a gyorsesztek alkalmazását a kémiaoktatásban^{154,155,156}. A TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, „Országos Koordinációval a Pedagógusképzés Megújításáért” projekt keretében készült minta óratervek is tartalmazznak ilyen oktatási anyagot¹⁵⁷.

A gyorsesztek alkalmazásában rejlő legnagyobb lehetőség talán a környezetvédelmi oktatás, nevelés területén van. A kémiatanárok egyik fontos feladata, hogy felhívják a diákok figyelmét a környezetvédelmi problémákra (részletesebben lásd X. A környezeti nevelés és a fenntarthatóság pedagógiája). A gyorsesztekkel az általános és középiskolás tanulók kezébe könnyen kezelhető, környezetvédelmi mérésekre is alkalmas minőségi és mennyiségi analitikai módszert adunk. Segítségével mód nyílik a környezet számszerű jellemzésére, a mérésekre alapozott vélemény kialakítására. A munka során a diákok a gyakorlatban ismerik meg és alkalmazzák a

¹⁴⁷ <http://www.mn-net.com/tabid/4770/Default.aspx> (utolsó letöltés: 2015. 05. 13.)

¹⁴⁸ Macherey-Nagel Rapid Test Handbook Visocolor and Nanocolor, é.n.

<http://www.mn-net.com/tabid/4770/Default.aspx> (utolsó letöltés: 2015. 05. 13.)

¹⁴⁹ Rapid Test Handbook (1987), Merck

¹⁵⁰ [http://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-HU-Site/hu_HU/-/USD/ViewParametricSearch-SimpleOfferSearch?SearchTerm=*&SingleResultDisplay=SFProductSearch&SearchContextCategoryUUIDs=mt2b.qB.69oAAAAE_OAI3.Lxj](http://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-HU-Site/hu_HU/-/USD/ViewParametricSearch-SimpleOfferSearch?SearchTerm=*&SingleResultDisplay=SFProductSearch&SearchContextCategoryUUIDs=mt2b.qB.69oAAAAE_OAI3.Lxjhttp://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-HU-Site/hu_HU/-/USD/ViewParametricSearch-SimpleOfferSearch?SearchTerm=*&SingleResultDisplay=SFProductSearch&SearchContextCategoryUUIDs=mt2b.qB.69oAAAAE_OAI3.Lxj) (utolsó letöltés: 2015. 05. 13.)

¹⁵¹ Riedel M., Tamás K. (1998): A Kémia Tanítása **VI**, 3-4 sz. 3.

¹⁵² Tamás K., Riedel M. (2000): A Kémia Tanítása **VIII**, 3. sz., 7.

¹⁵³ Schmidkunz, H., Rentzsch, W. (2011): Chemische Freihandversuche, Aulis Vlg.

¹⁵⁴ A Kormány 110/2012 (VI.4.) rendelete a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Magyar Közlöny, 2012. évi 66. szám

¹⁵⁵ www.vorosharty-debr.extra.hu/.../29%20kemia%207-8.doc (utolsó letöltés: 2015. 05. 16.)

¹⁵⁶ <http://poli.hu/wp/wp-content/uploads/2009/11/Term%C3%A9szettudom%C3%A1ny-kerettanterv.pdf>

¹⁵⁷ Balázs K.: „Szomjas ökörnek a zavaros víz is jó?” c. óraterv. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezettan oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

természettudományos megismerés menetét. A gyorsesztek pontossága és érzékenysége (a kimutatható legkisebb koncentráció) elegendő a legtöbb, tanulók által megvalósítható környezetkémiai méréshez. Lehetőség van például a felszíni, felszín alatti és ivóvizek minősítésére, a csapadékvíz vizsgálatára, szennyvízkifolyások felderítésére stb. Gyorsesztekkel bizonyos talajvizsgálatokat is el lehet végezni (pH, nitrát-, foszfát-, káliumkoncentráció meghatározása a talajban). Iskolai és diákprojektjeink során a gyorsesztek már bebizonyították alkalmasságukat az ilyen vizsgálatokhoz (Blue Danube Project¹⁵⁸, Savas Eső Mérése Iskolai Mérőhálózattal (SEMI)^{159,160}, Air Pollution Project Europe¹⁶¹ stb.).

A kémiatanárok felhasználhatják a gyorseszteket arra is, hogy a kémiaoktatást szemléletesebbé és érdekesebbé tegyék. Egy-egy kísérlet problémafelvetés lehet, amely az órát indítja, vagy kvantitatívan bizonyíthatja az elméletben tanultakat (pl.: az oxigén oldódása vízben, a réz oldódása híg savakban oxigén jelenlétében stb.). Egy-egy ilyen mérés számos pH-, koncentráció-, egyensúlyi számolási feladat kiindulópontja is lehet (részletesebben lásd VI. A kémiai számítások tanítása). Ezek megmutatják a kémia és a köznap élet kapcsolatát, ezért erősen motiváló hatásúak. Néhány tanulónak lehet például saját, előzetes tapasztalata is azzal kapcsolatban, hogy a kerti medence vizének minőségét hogyan ellenőrzik otthon a szülei hasonló gyorsesztek segítségével.

4.2. A gyorsesztek típusai, előnyök, hátrányok

Kolorimetriás gyorsesztek

A *színreakción alapuló módszer* lényege egy szelektíven (az anyagban jelenlévő, egy adott vegyület vagy ion részvételével) végbemenő színreakció a meghatározandó, általában színtelen anyag és a hozzáadott reagens között. A reakció terméke egy viszonylag stabil színes vegyület, és a keletkezett szín intenzitása arányos a mérendő anyag koncentrációjával. Ezen az elven működik a kolorimetriás tesztek és tesztsíkok döntő többsége. A koncentráció meghatározása színskálával való összehasonlítás alapján, vizuálisan történik, de a mennyiségi meghatározás történhet pontosabban, műszeres (spektrofotometriás) kiértékeléssel is.

A kvantitatív analízis alapja a Lambert–Beer-törvény. Az ultraibolya és a látható színek tartományban elnyelő molekulák híg oldataiban az oldat koncentrációja egyenesen arányos a mintába belépő és onnan kilépő (vagy a tesztsíkoknál az arról reflektálódó) monokromatikus fény intenzitása hányadosának logaritmusával, az abszorbanciával. A Lambert–Beer-törvényből következik, hogy a színintenzitás és a koncentráció között az összefüggés logaritmikus, ezért a mérhető koncentráció tartomány kb. 2 nagyságrendet fog át, és a leolvasás lépésközei a logaritmus függvénynek felelnek meg (pl.: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100).

A kolorimetriás gyorseszteknél a színreakció oldatban megy végbe, a mérést küvetákban, kémcsövekben végezzük, és a kiértékelés vizuálisan történik. Komparátor- (összehasonlító-) küvetás gyorsesztnél két kis küvetát építettek össze. Az egyik az összehasonlító küvetta, egy átlátszó színskála, amely különböző sötétségű kis műanyag ablakokból áll. Ezek reprezentálják a mért paraméter különböző koncentrációit. A másik a reakcióedény, ebbe tesszük a vizsgálandó mintaoldatot és reagenseket. A színreakció lejátszódása után a reakcióedény színét összevetjük a színskálával. A csúszó színpalettás gyorsesztnél is két üvegsét (hengeres küvetát) használunk. Az egyik a vakpróba, ebbe csak a mintaoldatot tesszük, a reagenseket nem, a másikon zajlik le a színreakció. A teszt része a színpaletta, amelyre két sorban korongokat festettek, az egyik sor fehér, a másik adott koncentrációknak megfelelő színű. A két kis üvegsét úgy helyezzük el a színpalettán, hogy felülről, az egész oldatrétgen áttekintve, a két korongot azonos színűnek

¹⁵⁸ River Empathy, The Blue Danube Projekt (1999), Primax Ltd, Bulgaria

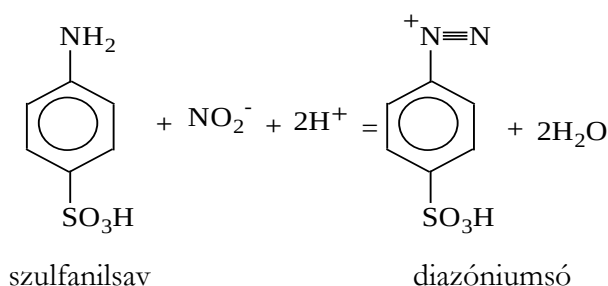
¹⁵⁹ Riedel M., Hobinka I. (1992): Iskolakultúra II, 41

¹⁶⁰ Hobinka I., Riedel M. (1993): Fizikai Szemle, LXIII, 140

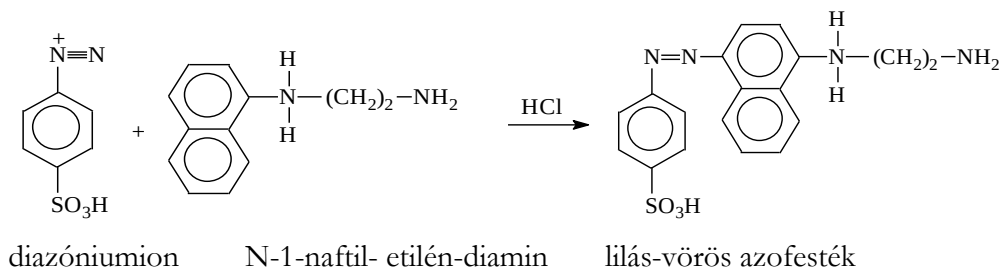
¹⁶¹ Az Európai Levegőszennyezési Projekt tapasztalatainak összefoglalása 1992 – 1998 (1998). Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest

lássuk. A gyorsesztek dobozokban kaphatók, ebben megtalálható minden szükséges anyag és eszköz, a küveták, a kémcsövek, a hígító edények, a reagensek és a kiértékelő színskála.

A *tesztcsíkokkal* való mérés alapelve megegyezik a kolorimetriás gyorsesztekével. A kvantitatív tesztcsíkok műanyag lapocskák, amelyeken egy vagy több reakciózónát alakítottak ki szűrőpapírból. A reakciózóna tartalmazza a kimutató reagenst, továbbá szükség szerint puffert, maszkírozó anyagot és más kiegészítőket. Az összes reakció a parányi 5×5 mm-es reakciózónában játszódik le szabályozottan, egymás utáni lépésekben. Méltán mondhatjuk tehát, hogy a tesztcsíkok a kémiai csúcstechnológiához tartoznak, és a „kémiai mikrocip” elnevezés sem indokolatlan. A gyorsesztek egy-egy ionra vagy vegyületre nagymértékben szelektívek. A szelektivitás azt jelenti, hogy a kérdéses színreakció kizárólag a kívánt ionnal zajlik le, és egy adott ion koncentrációját sok más ion (vegyület) jelenlétében is meghatározhatjuk. Példaként a nitrát tesztcsík színreakcióját mutatjuk be^{162,163}. A tesztcsík reakciózónája redukáló anyagot tartalmaz, amely a nitrátot nitritté redukálja. A nitrition savas közegben a szulfanilsavat redoxireakcióban diazóniumsóvá alakítja (diazotálás):



A diazóniumsók sok aromás vegyülettel élénk színű diazofesték képződése közben reagálnak, és ez a szín adja a mérési lehetőséget:



A tesztcsíkok használata végtelenül egyszerű. A reakciózónát néhány másodpercre belemerítjük az oldatba, kivesszük és a rajta maradt oldatot lerázzuk. A megfelelő reakcióidő (1 másodperc - 5 perc) leteltével kialakul az adott koncentrációnak megfelelő színerősség, ezt összehasonlítjuk a színskálával és leolvassuk az eredményt. A skála színértékeit pontosan erre a reakcióidőre állították be, ezért azt be kell tartani. A színek rendszerint nem korlátlanul stabilisak, ezért a leolvasást célszerű a reakcióidő letelte után azonnal elvégezni. Ha a kialakult szín intenzívebb, mint a színskála legutolsó színe, az oldatot a megismételt mérés előtt hígítani kell. Az egyes koncentrációknak megfelelő színek jól megkülönböztethetőek, és némi gyakorlattal a köztes értékek is megbecsülhetők. A pontosabb koncentrációmeghatározás céljából fejlesztették ki a reflexiós spektrofotométereket (reflektométer). Az erre a célra gyártott spektrofotométerek kis méretét és viszonylagos olcsóságát azzal érték el, hogy bennük a fényforrás egy vagy több fénykibocsátó dióda (LED). A tesztcsomaghoz mellékelt használati utasítás tartalmazza a mérés menetének pontos leírását, a reakcióidőt, a megkívánt pH-tartományt, a pH beállításához szükséges anyagok nevét, az interferenciát okozó tényezőket, a biztonsági előírásokat.

¹⁶² Riedel M., Hobinka I. (1992): Iskolakultúra **II**, 41

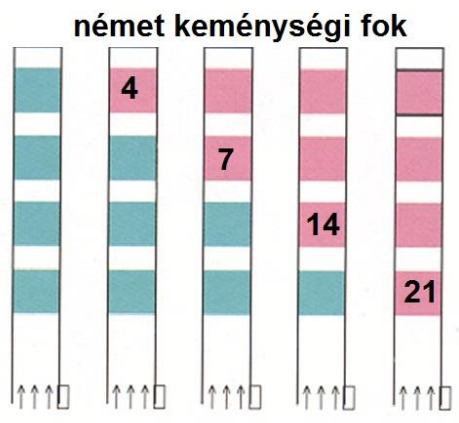
¹⁶³ Hagenstein, K. (1988): Die Nitrat Story, Merck, Jünger Vlg.

Titrimetriás gyorsteszt

Ismert, hogy a titrimetriás analízist olyan reakciókkal lehet végezni, amelyek adott reakcióegyenlet értelmében kvantitatívan és gyorsan végbemennek, végpontjuk indikátorral jelezhető. Ezért a reakcióban részt vevő egyik reagens mennyiségének ismeretében az azzal reagáló reakciópartner mennyisége sztöchiometriai számítás segítségével meghatározható. A felhasznált reagens mennyiségét a mérőoldat térfogatának mérése útján állapítjuk meg. Ezen az elven működnek a titrimetriás gyorsteszt és néhány tesztsík, például a vízkeménység meghatározására szolgáló teszt is.

A titrimetriás gyorsteszt csomag tartalmazza a reagenseket, az indikátort, a precíziós cseppentőket, titráló pipettákat (ez rendszerint egyszerű injekciós fecskendő), a hígításhoz szükséges edényeket, és a pontos tájékoztatást a mérés végrehajtásáról és a kiértékeléséről. A titrimetriás gyorsteszt tulajdonképpen a hagyományos, laboratóriumi titrálást valósítja meg, de az eszköz kivitele olyan, hogy a mérés nehéz körülmények között, terepen is elvégezhető. A titrálendő minta mennyisége, a mérőoldat koncentrációja és cseppmérete úgy van összehangolva, hogy a cseppek száma, illetve a titráló pipettáról leolvasható fogyás közvetlenül a vizsgált paraméter koncentrációját adja meg. A titrimetriás gyorsteszt lépésköze lineáris (és nem logartimikus). A titrimetriás gyorsteszt jellemző példája a vízben oldott oxigén mérésére szolgáló eszköz, amely a hagyományos Winkler-módszeren¹⁶⁴ alapszik.

Megoldották a titrálásnak egy tesztsíkon való elvégzését is. Erre példa a vízkeménység meghatározására szolgáló gyorsteszt. A meghatározás elve komplexometriás titrálás EDTE (etilén-diamin-tetraecetsav dinátrium sója) mérőoldattal, pl. eriokróm-fekete indikátorral. Az indikátor lúgos közegben a Ca^{2+} - és Mg^{2+} -ionokkal borvörös komplexet képez, az EDTE hozzáadásával ebből kékes színű kelátkomplex képződik. A tesztsíkon 4-5 reakciófelületet alakítottak ki, amelyekben az indikátor mellett különböző mennyiségű EDTE van. A tesztsík reakciózónáinak a vizsgálandó vízbe való bemártásakor tulajdonképpen egy gyors komplexometriás titrálást végzünk el. Egyes zónák az alultitrált állapotot, a többi zóna a túltitrált állapotot mutatja¹⁶⁵. A színskálával összehasonlítva a víz keménysége közvetlenül leolvasható (24. ábra).



24. ábra. Vízkeménységet mérő gyorsteszt különböző keménységű vizekben

Érzékenység, mérési pontosság, előnyök, hátrányok

A gyorsteszt egyik fontos adata a mérési tartomány. Ez rendszerint két nagyságrendet fog át, a színreakciók esetén logaritmikus léptékben. A mennyiségi adatok félkvantitatívak, de ez oktatási célra teljesen megfelelő. Fontos, hogy a tervezett kísérlethez a megfelelő mérési tartományú eszközt szerezzük be. Néhány teszt érzékenységi és pontossági adatait (a kimutatható legkisebb koncentrációt, a pontosságot és a mérési tartományt) a 7. táblázat tartalmazza. Látható,

¹⁶⁴ Burger K. (1999): Az analitikai kémia alapjai, Semmelweis Kiadó, Budapest

¹⁶⁵ Riedel M., Hobinka I. (1992): Iskolakultúra II, 41

hogy a tesztsíkok kisebb érzékenységek és pontosságúak, mint a kolorimetriás eszközök. A legkisebb koncentráció, amelyet még ki tudnak mutatni általában 5-10 mg/L¹⁶⁶ és a legnagyobb pontosság is 10 mg/L. A küvettás módszerek kb. két nagyságrenddel nagyobb az érzékenységek és pontosságúak, és a legkisebb kimutatható koncentráció általában kb. 0,1 mg/L.

7. táblázat. Néhány gyorseszteszt érzékenysége és pontossága^{167,168}

Mérendő anyag	Tesztsík (mg/L)	Títrimetriás teszt (mg/L)	Kolorimetriás teszt (mg/L)	
			Összehasonlító küvettás	Csúszó színpalettás
NH ₄ ⁺	0-10-30-60-100-200-400	-	0,2-0,5-0,8-1,3-2-3-4,5-6-8	0,2-0,4-0,6-1-2-3-5
Cu ²⁺	0-10-30-100-300	-	0,3-0,6-1-1,5-2-3-5-7	0,15-0,3-0,45-0,6-0,8-1,2-0,6
NO ₂ ⁻	0-2-5-10-20-40-80	-	0,1-0,2-0,4-0,6-1-1,8-3-6-10	0,05-0,1-0,25-0,5-1
oldott O ₂	-	0,1-10	-	1-3-5-7-9-12

Előnyök és hátrányok

A mérések egyszerűek, gyorsak, a gyakorlatlan, az analitikában járatlan emberek (tanulók) is könnyen elvégezhetik. A különböző víz- és oldatminták előkészítést általában nem igényelnek, közvetlenül elemezhetők. Ha mégis szükséges a minta előkészítése, akkor minden reagens, eszköz és a kivitelezés módjának leírása is megtalálható a tesztsomagokban. A tesztsíkokkal lehetőség van közvetlenül a minta felületén történő elemzésre is, például fémek vizsgálatánál, gyümölcsök C-vitamin-tartalmának meghatározásakor. A vizsgálatokat a helyszínen el lehet végezni, mert ehhez minden anyag és eszköz a rendelkezésre áll. Ez nagyon fontos, például a felszíni vizek oxigéntartalmának a helyszínen történő meghatározásánál, gazdaságossági szempontból egy üzemben a technológiai folyamat ellenőrzésénél stb. A tanár szempontjából pedig hasznos az, hogy egy kémiaóra vagy szakkör helyszíne akár egy folyópart, egy strand vagy a közelben levő piac is lehet. Ez ugyanis önmagában is motiváló hatású, valamint segít a kémia és a hétköznapi élet kapcsolatának tudatosításában is.

A tesztek érzékenysége és pontossága korlátozott. Így olyan antropogén szennyezőanyagokat, amelyek már igen kis koncentrációban is veszélyesek, még spektrofotometriás gyorsesztesztel sem tudunk kimutatni. Ilyenek például az ólom, a fenol, a kadmiumion, az ásványi olajok. Számos, például környezetkémiai szempontból is fontos anyagra nincs is gyorseszteszt. Többek közt hiányzik a higanyionok, a jodidionok, a peszticidek, a C-vitaminon kívül más vitaminok mérési lehetősége.

A kémiatanár szempontjából hátrány (bár más felhasználónak ez valószínűleg nem fontos), hogy a tesztleírások nem tartalmazzák a kimutatás alapjául szolgáló kémiai reakciót. Ezt oktatásban a tanárnak kell pótolni, vagy legalább utalni rá. Sajnos az érzékenység és pontosság növekedésével rohamosan nő a gyorseszteszt ára. Az általános és középiskolák számára a tesztsíkok viszonylag alacsony költségráfördítással elérhetők. A títrimetriás és a kolorimetriás gyorseszteszt az azonban drágábbak, ezért ezeket valószínűleg kevesebb intézményben tudják megvásárolni. Az elektronikus zsebműszerek ára rohamosan csökken. Egy tesztsomag általában 100 mérésre elegendő, sok esetben jó lenne, ha kisebb mennyiségeket is lehetne vásárolni.

4.3. Vízvizsgálatok és élelmiszevizsgálatok gyorseszteszttekkel

¹⁶⁶ A liter a térfogat SI-n kívüli, de korlátlanul használható mértékegysége. Jele l és az 1-gyel való összetéveszthetőség miatt L. 1 L = 1 dm³. A mindennapi életben és az analitikai kémiában gyakran használják a litert. Ebben a szövegben a L és dm³ egységeket egyaránt használjuk.

¹⁶⁷ Rapid Test Handbook (1987), Merck

¹⁶⁸ Macherey-Nagel Rapid Test Handbook Visocolor and Nanocolor, é.n

Az alábbiakban gyorsesztekkel végzett víz- és élelmiszer vizsgálatokat mutatunk be. Megmutatjuk, hogy hogyan kell értékelni a félkvantitatív, gyorsan megkapható analitikai eredményeket¹⁶⁹. A gyorsesztek használata rendkívül egyszerű, nem keletkezik veszélyes hulladék, a munka teljesen biztonságos. A mérések kivitelezése általában nem igényel tíz percnél több időt. A mintagyűjtés külön feladat, ezt még a laboratóriumi munka előtt meg kell szervezni. Minden termékhez pontos használati utasítást mellékelnek. Ennek betartása fontos. A teszteszkis mérés legtöbbször csak abban áll, hogy a teszteszkis be kell mártani a vizsgálandó oldatba, és az előírás szerinti reakcióidő után a keletkezett színt össze kell hasonlítani a készletben lévő színskálával (hasonlóan az indikátorpapírok használatához). A küvettás gyorsesztek használata elemi oldatkémiai jártasságot igényel.

1. kísérlet. Ivóvíz és kútvíz nitráttartalmának meghatározása

Eszközök és anyagok

0–500 mg/dm³ tartományú teszteszkis, pontosabb méréshez 0–50 mg/dm³-es küvettás készlet, 50 cm³-es főzőpoharak

Végrehajtás

Gyűjtsünk vízmintát ásott kutakból, vegyünk mintát csapvízből is. Töltsük a mintákat 50 cm³-es főzőpoharakba. Mártsunk mindegyik mintába egy másodpercig egy nitrátgyorseszteszt-csíkot. Egy perc után olvassuk le a dobozon lévő színskálával való összehasonlítással a vizek nitráttartalmát. Ha a teszteszkis erre lehetőséget ad, ellenőrizzük, hogy van-e a vízben nitrition.

Értékelés

Az egészségügyi határérték felnőtt számára 50 mg/dm³, csecsemőnek 10 mg/dm³ nitrát. A víznek egyáltalán nem szabad nitritiont tartalmaznia. Ennek és a mérés eredményének ismeretében állapítsuk meg, hogy melyik vizek alkalmatlanok emberi fogyasztásra. A dokumentációhoz használhatjuk az alábbi fejlécű táblázatot.

A vízminta származási helye	A mintavétel időpontja	Nitráttartalom (mg/dm ³)

2. kísérlet. Természetes vizek foszfáttartalmának meghatározása

Eszközök és anyagok

0–300 mg/dm³ tartományú küvettás gyorseszteszt, 50 cm³-es főzőpoharak

Végrehajtás

Gyűjtsünk természetes vizekből (folyó, patak, tó) vízmintát. Foszfátgyorsesztesztel mérjük meg a vízminták foszfáttartalmát. A mérés kivitelezése a gyorseszteszthez mellékelt leírásban található.

Értékelés

Magas foszfáttartalom (> 3 mg/dm³) a víz erőteljes eutrofizációjára utal. Állapítsuk meg, hogy melyik vizsgált vizek vannak ilyen állapotban. A dokumentációhoz használhatjuk az 1. kísérletnél bemutatott fejlécű táblázatot.

3. kísérlet. Csapvíz összes keménységének meghatározása

Eszközök és anyagok

0–25 nk° tartományú teszteszkis (ilyet manapság már egyes mosóporokhoz is mellékelnek), 50 cm³-es főzőpohár

Végrehajtás

Gyűjtsünk csapvízmintát. Töltsük a mintát 50 cm³-es főzőpohárba. Mártsunk a mintába egy másodpercig egy vízkeménység-gyorseszteszt csíkot. Egy perc után olvassuk le a dobozon lévő színskálával való összehasonlítással a víz összes keménységét.

Értékelés

A dokumentációhoz használhatjuk az 1. kísérletnél bemutatott fejlécű táblázatot. Számítsuk ki, hogy literenként hány mg CaO-dal egyenértékű a vizsgált víz Ca- és Mg-ion-tartalma. Számítsuk

¹⁶⁹ Tamás K., Riedel M. (2000): A Kémia Tanítása **VIII**, 3. sz., 7.

ki, hogy forralással körülbelül hány mg vízkő válik ki a vízből literenként, figyelembe véve az állandó és a változó keménység szokásos (1 : 1) arányát.

4. kísérlet. Savas eső vizsgálata

Eszközök és anyagok

A méréshez pH = 2–9 tartományú úgynevezett „non bleeding” („nem vérző”) tesztsík kell. Ezeknél az indikátorfesték kovalens kötással van a hordozóra kötve, ezért a színyanyag hosszabb áztatás során sem oldódik ki. Sőt a tesztsík újra is hasznosítható desztillált vízben való hosszabb áztatással. Ezen kívül 1 literes és 50 cm³-es főzőpoharak.

Végrehajtás

Esős időben tegyünk ki a szabadba egy gondosan elmosott és ioncserélt vízzel átöblített 1 literes főzőpoharat körülbelül 1 méter magas helyre! Ügyeljünk rá, hogy kizárólag az esővíz jusson az edénybe. Ha összegyűlt 50-100 cm³ vízminta, vigyük az edényt a laboratóriumba. Töltsünk a mintából egy 50 cm³-es főzőpohárba. Tegyük a mintába egy csík „nem vérző” univerzálindikátor-papírt! Körülbelül 20 perc után olvassuk le a színskála segítségével az esővíz pH-ját 0,5 pH-egység pontossággal. Fontos, hogy az esővíz más szennyezéstől (por, levelek, gallyak) mentes legyen^{170,171}.

Értékelés

A csapadékvíz „semlegességi pontja” (a benne oldott természetes eredetű, savas kémhatást okozó a szén-dioxid miatt) pH = 5,6. Az esővizet pH < 5,6 esetén mondjuk savasnak.

5. kísérlet Zöldségek NO₃⁻, NO₂⁻-tartalmának meghatározása

Eszközök és anyagok

NO₃⁻ és NO₂⁻ tesztsík, tölcsér, főzőpoharak, spenótlé, céklalé, burgonya, retek és más zöldségfélék leve, aktív szén, szűrőpapír, gyümölcscentrifuga

Végrehajtás

A burgonyánál és reteknel a frissen vágott felületre szorítsuk rá a tesztsíkot, és olvassuk le a nitráttartalmat. A céklát hámozzunk meg, és gyümölcscentrifugával nyomjuk ki a levét, majd adjunk hozzá kevés aktív szenet, keverjük jól össze, majd kb. 15 perc múlva szűrőpapíron keresztül szűrjük le. Az egészen halványlila szűrletet használjuk a mérésre. Spenótból zöldséglevet is készíthetünk centrifugával, és a céklaléhez hasonlóan próbáljuk meg elszínteleníteni. A spenótlé az aktív szentes kezelés után is még eléggé sötétzöld marad, de ez a nitrát és nitrit mérését nem nagyon zavarja. Próbálkozhatunk azzal is, hogy a spenótlevet felhígítjuk duplájára, vagy akár tízszeresére is.

Értékelés

Minden növényfajta viszonylag nagy mennyiségű nitrogént igényel a fejlődéséhez, amelyet a növény nitrát formájában vesz fel. A megfelelő termés hozam elérése érdekében ezért nitrogéntartalmú műtrágyákkal szükséges trágyázni. Ugyanakkor, ha ez a trágyázás túlzott, és a talaj nitráttartalma az optimálisnál nagyobb, a növényekben is megnövekedik a nitrátkoncentráció, és ez viszont már egészségügyi szempontból nem előnyös. A zöldségek nitrátkoncentrációja a fajtájukon kívül nagyon függ a termesztés körülményeitől. Mérték már spenótban 1600 mg/kg, salátában 1900 mg/kg, retekben 2800 mg/kg koncentrációt is. Az EU országokban megengedett nitrátkoncentráció növényfajtától függően 250-350 mg/kg. A burgonya túltrágyázottnak tekinthető, ha nitráttartalma meghaladja a 100 mg/kg értéket. A NO₃⁻-nak és NO₂⁻-nek káros élettani hatása is lehet. A megengedett napi NO₃⁻-mennyiség a WHO javaslata szerint 3,65 mg/testtömeg kg. Felnőtt embernél ez napi 250 mg nitrátfelvételnek felel meg, egy 6 kg-os csecsemőnél viszont csak napi 22 mg-nak. Csecsemőknél fél éves korig a nitritbevitel (étellel vagy itallal) egyáltalán nem engedhető meg. A rákkockázat miatti felső határ 2000 mg/nap¹⁷².

¹⁷⁰ Riedel M., Hobinka I. (1992): Iskolakultúra **II**, 41

¹⁷¹ Hobinka I., Riedel M. (1993): Fizikai Szemle, **LXIII**, 140

¹⁷² Hagenstein, K. (1988): Die Nitrat Story, Merck, Jünger Vlg.

A spenót, a cékla és a burgonya az első főzelékfélék, amit a csecsemőknek javasolnak. Az első kettőt nagy vas- és rosttartalma miatt, a burgonyát pedig könnyű megemésztetni. Egy 6 kg-os kisgyerek egy étkezésnél például kb. 150 g főzeléket eszik meg. Mérjük meg, hogy egyszeri étkezésnél a főzelékekkel mennyi nitrátot juttatunk a szervezetébe.

6. kísérlet. A nyál nitrittartalmának kimutatása

Eszközök és anyagok

10 cm³-es főzőpohár, szemcseppentő, NO₂⁻ tesztsík, nyál

Végrehajtás

Gyűjtsünk kevés nyálat egy-egy főzőpohárba étkezés után egy-két órával, és fogmosás után. Szemcseppentővel cseppentsünk ebből a NO₂⁻ tesztsík reakciózónájára. A fölösleget rázzuk le, és olvassuk le a kialakult szín alapján a nyál nitrittartalmát.

Értékelés

A bélcsatornában baktériumok hatására a nitrát nitritté alakul át, ez a folyamat már a szájüregben elkezdődik. A nitrátredukció koncentrációfüggő, nagyobb nitrátkoncentrációnál, több nitrit képződik. Például a koncentráció az étkezés után 5 mg/L, a fogmosás után 0 mg/L. Tehát tényleg élnek a szájüregben olyan baktériumok, amelyek a nitrátot nitritté redukálják. A szájhygiéna ezért is fontos.

7. kísérlet. A kóla és a tej foszfáttartalmának kimutatása

Eszközök és anyagok

PO₄³⁻-teszt, 100 cm³-es és 10 cm³-es mérőhenger a hígításhoz, kóla, tej, csapvíz

Végrehajtás

A kólából és tejből készítsünk 1000-szeres hígítást pl. úgy, hogy 1 cm³-ét 100 cm³-re hígítjuk, majd ennek 1 cm³-ét 10 cm³-re. Mérjük meg gyorseszttel a foszfáttartalmat.

Értékelés

A foszforvegyületek nélkülözhetetlenek az élőlények számára. Egy felnőtt ember teste 0,5-0,7 kg foszfort tartalmaz, amelynek 65%-a a csontszövetben található kalcium-foszfát formában, emellett a fogak is tartalmazzak Ca₃PO₄-ot. A H₂PO₄²⁻/HPO₄⁻ rendszer a HCO₃⁻/H₂CO₃ rendszer mellett fontos szerepet játszik a testfolyadék pufferezésében. A szervezetben az eredeti Ca²⁺/PO₄³⁻ arány kb. 1,5, és az anyagok felvétele és ürülése is ebben az arányban történik. A szükséglet naponta 1-2 g. Élelmiszereink döntő többsége több foszfort tartalmaz, mint kalciumot, ez alól kivétel a tej és a tejtermékek. Az italok egy részét, mint pl. a kólát, foszforsavval savanyítják. A különböző italok 0,3-0,7 g/L foszforsavat tartalmaznak. A főlegesen lévő foszfor kalcium-foszfát formájában távozik a szervezetből. Amennyiben nincs kalciumpótlás a kalcium a csontokból és fogakból ürül, amely csonttritkuláshoz és fogszuvasodáshoz vezethet.

8. kísérlet. Gyümölcsök, zöldségek C-vitamin tartalmának mérése

Eszközök és anyagok

kés, C-vitamin tesztsík, gyümölcsök, zöldségek (narancs, kivi, alma, fejes káposzta, savanyú káposzta stb.)

Végrehajtás

A gyümölcsöket kettévágjuk, kicsit megnyomjuk és néhány másodpercre nem túl erősen hozzászorítjuk a C-vitamin tesztsík reakciózónáját a frissen vágott felülethez. A káposztából gyümölcscentrifugával levét kell készíteni. A savanyú káposzta levét használjuk a mérésre.

Értékelés

A télen kapható gyümölcsök közül a kivinek igen nagy a C-vitamin-tartalma. Meglepő, hogy a savanyú káposztának olykor viszonylag kicsi a C-vitamin-koncentrációja. Feltételezhető, hogy ez attól is függ, hogy mikor vették ki a hordóból, és mennyi ideig tárolták levegőn a káposztát. Számítsuk ki, hány g narancsot vagy más gyümölcsöt kell elfogyasztanunk naponta kívánatos

mennyiség (200 mg) bejuttatásához. A gyümölcsök víztartalma $\cong 90\%$. Így nem tévedünk nagyot, ha a mg/L koncentrációt mg/kg koncentrációnak vesszük, és ezzel számolunk.

9. kísérlet. Hogyan változik az oldatok C-vitamin-koncentrációja levegőn és főzés során

Eszközök és anyagok

20 cm³-es mérőhenger, 4 db 100 cm³-es főzőpohár, amelyeken 20 cm³-es jelzés van, C-vitamin tesztcsík, 20 cm³ 700 mg/L aszkorbinsavoldat, 20 cm³ frissen kinyomott mandarinlé, 20 cm³ dobozos narancsital, ill. 6 db 100 cm³-es főzőpohár, 6 db óraüveg (ezek lefedésére), 50 cm³-es mérőhenger, óra, gyümölcscentrifuga, vasháromláb, kerámiabevonatos háló, Bunsen-égő (elektromos főzőlap), C-vitamin tesztcsík, 3 x 25 cm³ 700 mg/L koncentrációjú aszkorbinsavoldat, 3 x 25 cm³ kelkáposztalé vagy más frissen kinyomott zöldség-, ill. gyümölcsle

Végrehajtás

Öntsük a főzőpoharakba az oldatokat, időnként keverjük meg, rázzuk össze, majd mérjük meg a C-vitamin-koncentrációjukat 2, 4, 8, 16 és 24 óra múlva.

A szokásos konyhai körülményeket modellezve mérjük meg, hogy mennyi C-vitamin bomlik el a főzés során. Mérjük ki 3 db 100 cm³-es főzőpohárba 25-25 cm³ aszkorbinsavoldatot, és 3 másikba 25-25 cm³ kelkáposztalevet. Tegyük fel az oldatokat főni, amikor felforrtak fedjük le ezeket óraüveggel, és tartsuk egyenletes lassú forrásban. A forrástól számított 30-45-60 perc múlva vegyünk le a forralásról egy-egy aszkorbinsavoldatot, illetve kelkáposztalevet, és hűtsük le. A lehűlt oldatokat töltsük mérőhengerbe! Egészítsük ki térfogatukat 25 cm³-re, és mérjük meg C-vitamin-koncentrációjukat a gyorseszttel.

Értékelés

Az aszkorbinsav reakcióba lép az oldatban lévő oxigénnel. Ezért 24 órás levegőn való tároláskor az oldatok mindegyikében csökken az aszkorbinsav-koncentráció. Főzéskor a 100 °C-os oldatban gyakorlatilag nincsen oldott oxigén, így az aszkorbinsav nem reagál el.

További lehetőségek és példák a gyorsesztek alkalmazására

Az alábbiakban rövid áttekintést adunk a gyorsesztek néhány fontosabb alkalmazási területéből. Ez a felsorolás a kémiatanár kollégáknak is adhat ösztönző gondolatokat diákprojektek megtervezéséhez, feladatok kijelöléséhez.

Orvosi alkalmazások. A tesztcsíkok már egy-két évtizede bizonyítják jó alkalmazhatóságukat az orvosi diagnosztikában. Az egészségügyi laboratóriumokban ma már rutinszerűen alkalmazzák vizelet és vér elővizsgálatára. A vérben glükózkoncentrációt mérnek, a vizeletes tesztcsíkokkal a vizelet pH-ját, glükóz-, nitrit-, aszkorbinsav-, vér-, bilirubin-, urobilinogén- és ketonkoncentrációját határozzák meg.

Ipari alkalmazások. A fontosabb területek: galvanizálófürdők, nyomdai maratófürdők ellenőrzése. Papíripar: a felhasznált vizekben vas- és mangánkoncentrációt mérnek, mert ezek igen kis koncentrációban lehetnek csak jelen. Tejipar: hidrogén-peroxidos fertőtlenítő fürdő koncentrációjának ellenőrzése, mivel ezen a fürdőn húzzák keresztül a tartósított tejek csomagolóanyagát.

Mezőgazdasági alkalmazások. A NO₃⁻ ellenőrzése a növényekben (túltrágyázás megállapítása). Tápok, takarmányok ellenőrzése pl.: rézionokra. Talajvizsgálatok: például a pH-t mérik, a meszezés mennyiségének beállítására. NO₃⁻, NH₄⁺, K⁺, PO₄³⁻ méréseket végeznek az optimális trágyaigény kiszámításához. Haltenyésztés: halastavak NH₄⁺-koncentrációjának, lúgosságának, O₂-tartalmának, keménységének mérése. Borászat: a bor kalciumtartalma maximum 40-50 mg/L lehet. Ennél nagyobb koncentráció kalcium-tartarát csapadék kiválásához vezethet, és a bor zavarossá válik. Ezért mérik meg a még kezeletlen borban a kalciumkoncentrációt, és ennek alapján számítják, hogy mennyi vegyszert adagoljanak csökkentésére.

Háztartási alkalmazások. Akváriumvíz ellenőrzése, vízkeménység mérése pl. a mosószer-adagolás optimalizálása céljából. Az ivóvíz NO₃⁻ tartalmának ellenőrzése elsősorban a csecsemőknek adott víz esetén indokolt.

5. Összegzés

Összefoglalásképpen tehát megállapítható, hogy a tanórai és tanórán kívüli kísérletezés új irányzatait – röviden – a következők jellemzik:

1. A laboratóriumi eszközök és vegyszerek helyett egyre inkább hétköznapi eszközök és vegyszerek kerülnek előtérbe. Ezzel is hozzájárulhatunk a kémia életszerűbbé tételéhez.
2. A viszonylag nagy anyag- és költségigényű demonstrációs kísérletek helyét egyre inkább átveszik a könnyen megvalósítható, költség- és környezetkímélő – többnyire tanuló-kísérletként (is) használható – kémiai kísérletek.
3. A jelenleg még uralkodó induktív és verifikáló kísérletek mellett egyre több problémajellegű kísérlet szerepel, melyek során a tanulók már a hipotézisalkotás és a gyakorlati kivitelezés megtervezésének fázisában is aktív szerepet játszhatnak. Különösen kiemelt szerepe van ezeknek a problémafelvető kísérleteknek a kutatásalapú tanulás (inquiry based science education, IBSE) folyamatában (részletesebben lásd *V. A gondolkodási képességek fejlesztése*).

A pedagógusok nagy része – és a közvélemény is – mára már egyetért abban, hogy a kísérletek – különösen a csoportban elvégzett tanuló-kísérletek – a természettudományi, így a kémiai tanítási, tanulási folyamatok hatékonyságát jelentősen növelik. Sajnos különböző tárgyi, személyi és oktatáspolitikai okok miatt Európa legtöbb országában, – így nálunk is – van még javítanivaló ezen a téren. Statisztikai adatok bizonyítják, hogy a természettudományos órákon folytatott tevékenységek közül a kiscsoportos munkában, vagy a kísérletezésben résztvevő tanulók aránya a nemzetközi átlaghoz (36, illetve 32%) képest hazánkban igen alacsony: 10%, illetve 6%.¹⁷³ A gyermekekben rejlő ösztönös kísérletező vágy felébresztésére és ébrentartására az egyszerű, a mindennapokban is használt eszközökkel és anyagokkal elvégezhető kísérletek lehetőséget adnak. A korosztály jellemző tulajdonságai (a nyitottság, a gyermekekben eredendően meglévő természetes kíváncsiság környezetük megismerésére, a tapasztalt jelenségek magyarázatára) fogékonnyá teszi őket a természettudományos gondolkodás játékos elsajátítására. A kísérlet lehetőséget ad arra, hogy a gyermekek különböző kérdéseket tegyenek fel, illetve megvizsgálják a felállított hipotéziseik helyességét. Törekedjünk tehát arra, hogy a nehéz körülmények (kis óraszám, felszerelés-, vegyszer- és helységhiány stb.) ellenére is – amennyire lehetséges – mutassunk be az anyag megértését szolgáló tanári demonstrációs kísérleteket és (lehetőleg kooperatív csoportmunkában) kísérleteztessük diákjainkat is.

Irodalom

- A természettudomány tanítása (szerk.: Radnóti K.) (2014), Mozaik Kiadó, Szeged
- Bárány Zs., B. (2009): Csempe- és félmikro kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, I. rész. A Kémia Tanítása, **17** (2), 23-26.
- Bárány Zs., B. (2009): Csempe- és félmikro kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, II. rész. A Kémia Tanítása, **17** (3), 17-20.
- Bárány Zs., B. (2009): Csempe- és félmikro kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, III. rész. A Kémia Tanítása, **17** (4), 7-9.
- Bárány Zs., B. (2009): Csempe- és félmikro kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, IV. rész. A Kémia Tanítása, **17** (5), 13-15.
- Bárány Zs. B. (2010): Csempe- és félmikro kísérletek laboratóriumi gyakorlatokon, V. rész. A Kémia Tanítása, **18** (1), 28-31.
- Didaktika (szerk.: Falus I.) (1998), Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

¹⁷³ <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0701/pappkati0701.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 02.)

- Dr. Balázs L. (1996): A kémia története, Nemzeti Tankönyvkiadó Budapest
- Kovács M. (2002): Variációk két elemre, A Kémia Tanítása, **10** (5), 3-12.
- Mojzes J., Cs. Nagy G. (1978): Kémiai tantárgypedagógia, Tankönyvkiadó, Budapest
- Németh V., Ordasi A. (2007): Otthoni kísérletek általános iskolásoknak. A Kémia Tanítása, **15** (2), 14-23.
- Pais I., Biczók Fné. (1967): A kémiatanítás módszertana, Tankönyvkiadó, Budapest
- Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításához, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Skinner, J. (1998): *Microscale Chemistry: Experiments in Miniature*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry
- Tóth Z., Bodnár M. (2004): Kísérletek a kémia tankönyvekben. Iskolakultúra, **14** (1), 106-112.
- Új tartalomhoz új módszerek a kémiaoktatásban távoktatási tananyag kémiatanár-továbbképzéshez, Apertus projekt
- Obendrauf, V. K. (1994): Chemie in der Schule, Nr.4, 2-6
- Obendrauf, V. K. (1995): Chemie in der Schule, Nr. 3. 1-5
- Obendrauf, V. K. (1995): Chemie in der Schule, Nr. 1, 10-14
- Obendrauf, V. K. (1993): Chemie in der Schule, 40, Nr. 1, 8-12
- Obendrauf, V. (1999): Kémiai kísérletek a kémiaoktatásban, Kémiatanári továbbképzés, Kőszeg
- Viktor Obendraufs schöne Experimente. Band 1: Labor / Bildung & Unterhaltung; Band 2: Industrie / Haus & Natur. Je ca.
- Williams, K. L., Little, J. G. (1997): *Microscale Experiments for General Chemistry*. Boston, MA, USA: Houghton Mifflin
- Zubrick, J. W. (2003): *The Organic Chem Lab Survival Manual: A Student's Guide to Techniques*, 6th edition. New York, NY, USA: John Wiley & Sons

V. A GONDOLKODÁSI KÉPESSÉGEK FEJLESZTÉSE

Balázs Katalin, Szalay Luca, Tóth Zoltán

Tartalom

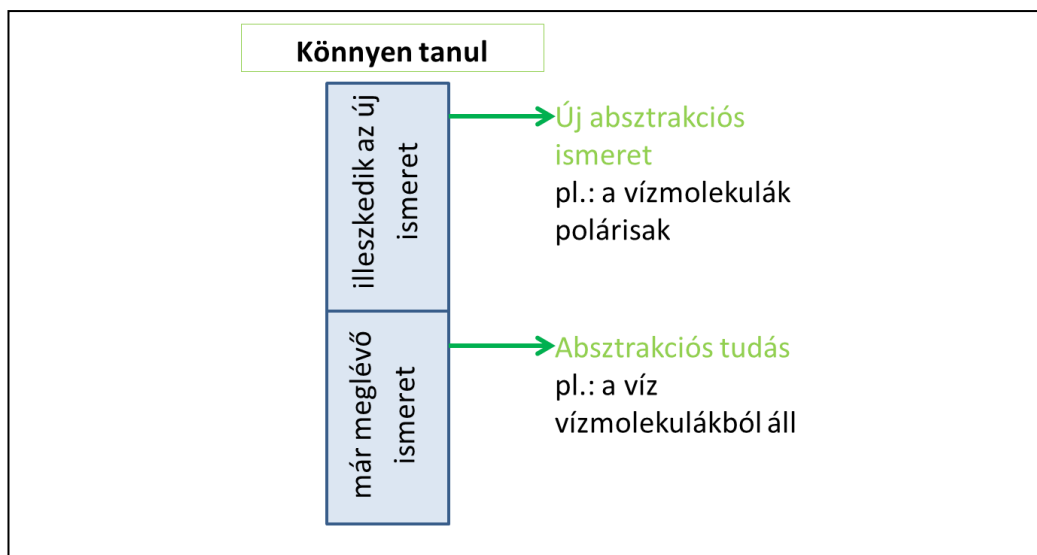
1. Az absztrakciós gondolkodás fejlesztése a kémia tantárgyon belül
 2. A természettudományos gondolkodás alapvető képességei és fejlesztési lehetőségeik
 3. A problémamegoldó gondolkodás fejlesztése a kémiaórán
 4. A természettudományos megismerés és a kutatásalapú tanulás
- Irodalom

1. Az absztrakciós gondolkodás fejlesztése a kémia tantárgyon belül

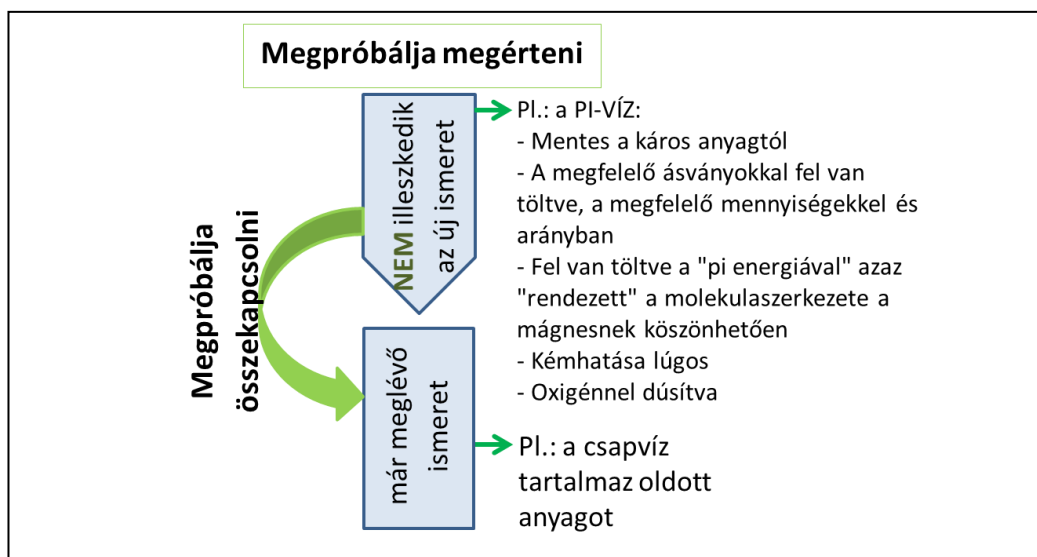
Legalább két okra vezethető vissza, hogy a kémiát nehéz tantárgynak ítélik a diákok. Az egyik ok az, hogy minden fogalmat, amelyet egyszer bevezettünk a tantárgyon belül, attól kezdve használjuk is. Nem lehet kimaradni és lemaradni, mert ha akár csak egyetlen fogalom is tisztázatlan, lehet, hogy utána egy teljesen más témakörben érthetlenné válik egy ok-okozati összefüggés. A másik ok az absztrakciós gondolkodás szükségessége. A kémia az a tantárgy, ahol nem csak a megfigyelhető, megtapasztalható jelenségekről beszélgetünk (makroszkopikus világ), hanem „bele kell látnunk” az anyag belsejébe, és számunkra soha meg nem tapasztalható szerkezetekről, részecskékről gondolkodunk (mikroszkopikus világ, nanovilág). Sőt, azt várjuk a tanulóktól, hogy a jelenségszinten megtapasztalható anyagi tulajdonságokat, változásokat, összekapcsolják a gondolatban elképzelt, sosem látott szerkezetekkel, és ezt a kettőt összefüggéseiben, ok-okozatban értelmezzék. Egy elképzelt szerkezet segítségével adnak értelmezést bizonyos tulajdonságoknak, azaz alkossanak modellt (lásd lentebb az analógiás gondolkodásról írtakat). Természetesen a kémia oktatásában mi is alkalmazunk modelleket, hogy ezt a fajta absztrakciós gondolkodást segítsük. A bemutatott modellekről azonban tudniuk kell a tanulóknak, hogy azok nem egy az egyben ábrázolják a valóságot, hanem annak csak néhány, általunk fontosnak, lényegesnek ítélt jellemzőjét mutatják meg. A modellezés tehát egy újabb absztrakciós szint, amelyet összefüggésbe kell hozni a valóságban megtapasztalható jelenségszinttel. Mindezekre még ráépül egy szimbólumrendszer: az anyagokat vegyjelekkel, képletekkel írjuk le; a változásokat, folyamatokat reakcióegyenletekkel – amelyek természetesen mennyiségi viszonyokat is jelölnek. Tehát valóban nehéz tantárgy a kémia.

A kémiai gondolkodás képes az absztrakciós gondolkodást fejleszteni, ha megfelelő módszereket alkalmazunk. Először is érdemes meghatározni a tanítandó tananyagban lévő absztrakciós szinteket: a jelenségszinttől elkülöníteni a szerkezeti szintet és a szimbólumok szintjét (részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái* és *III. Oktatási módszerek*). Jelentősen bírnak a tanuló már meglévő ismeretei is, mert ezeket kell összekapcsolnia az új ismeretekkel; éppen ezért fontos a diagnosztikus értékelés egy téma elején (részletesebben lásd *XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés*). Ha az új, elsajátítandó ismeretek jól illeszkednek a már meglévőkhöz, akkor képes a tanuló egyfajta új tudást konstruálni saját maga számára. Képes akár gondolatban egy új modellt alkotni, mely jól alkalmazva rendszerszintű tudást eredményezhet. Az ilyen diákok „könnyen tanulnak” [lásd az 1. ábra a) részét].

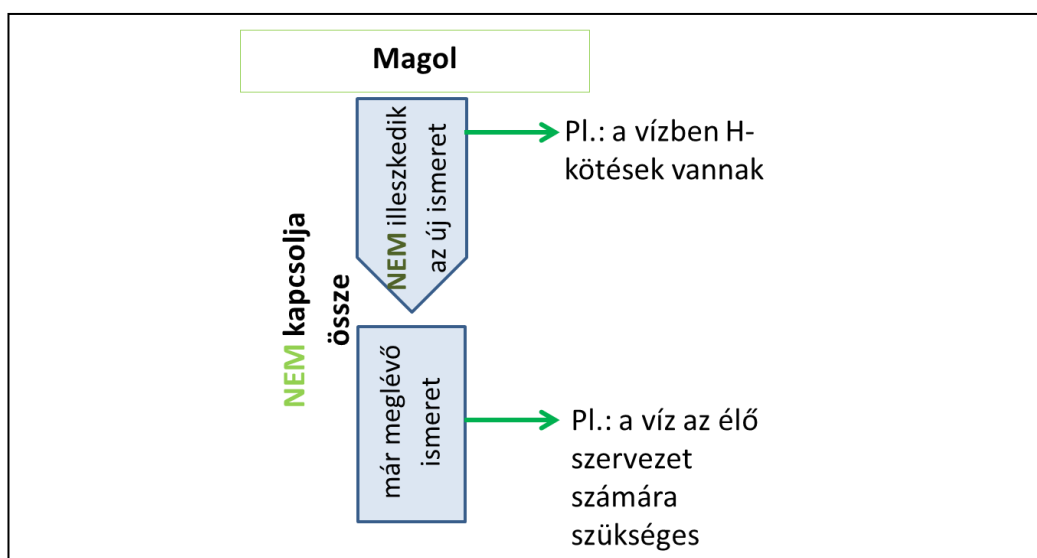
a)



b)



c)



1. ábra. Az új ismeret, az absztrakció beépülése a gondolkodásba

Ha az új ismeret nem illeszkedik a meglévőkhöz, attól a tanuló azért még megpróbálhatja összekapcsolni. Sokszor áltudományos tévtanokban való hitté módosul az újonnan konstruált tudás [lásd 1. ábra b) részét és részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*]. Tapasztalhatjuk azt is, hogy a diáknak egyáltalán nem sikerül az új ismeretet semmilyen meglévő tudásával szinkronba hozni. Valószínűleg sok logikai lépés marad ki a saját és az új ismeret összekapcsolásának menetében. Túl absztrakt, túl elvont, a saját gyakorlati tapasztalataitól túlfutva távoli az új információ. Ilyenkor legjobb esetben is csak „bemagolja” a diák az ismereteket, semmihez nem tudja hozzákapcsolni [lásd 1. ábra c) részét és részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái*].

Mindezeket figyelembe véve érdemes a tanítás folyamatára vonatkozó tanulságokat megfogalmazni az absztrakciós gondolkodás fejlesztésével kapcsolatban:

- Mindig különítsük el a jelenségszintet, a megfigyelhető „makrovilágot” az összes többi absztrakciós szinttől (pl. kísérletezés során a tapasztalat és a magyarázat egyértelmű megkülönböztetése).
- A jelenségszintet mindig kapcsoljuk össze – apró, elemi logikai lépéseken keresztül – az adott absztrakciós szinttel (pl. egy anyag tulajdonsága és szerkezete közötti kapcsolat értelmezése).
- Segítsük a tanulók önálló modellalkotását, és a modell alkalmazását, értelmezését (pl. animációs filmek vetítése, modellkészítés, szerepjáték).

A gondolkodási képességek fejlesztése tehát az iskolai oktatás egyik alapfeladata. Hagyományosan tantárgyi keretek között valósul meg. A természettudományok – és így a kémia is – különösen sok lehetőséget nyújtanak a gondolkodás fejlesztésére. A következőkben – a természettudományi gondolkodási képességek rövid áttekintése után – példákat adunk és módszereket mutatunk be a tanulók gondolkodásának kémiai tartalmakkal történő fejlesztésére. Nem részletezzük az általános gondolkodás fejlesztésének kérdéseit, hanem vizsgálatainkat a természettudományos gondolkodás alapvető mintázataira korlátozzuk.

2. A természettudományos gondolkodás alapvető képességei és fejlesztési lehetőségei

A természettudományos gondolkodáson olyan mentális folyamatok összességét értjük, amelyeket akkor használunk, amikor valamilyen természettudományos tartalomról gondolkodunk, valamilyen természettudományos tevékenységet végzünk (pl. kísérletezünk, problémát oldunk meg). A természettudományos gondolkodás alapvető képességein olyan mintázatok (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, analógias gondolkodás, arányossági gondolkodás, valószínűségi gondolkodás és korrelatív gondolkodás.

A rendszerezési képesség

A rendszerezési képesség a dolgok és jelenségek adott szempontok szerinti jellemzését és összehasonlítását jelenti. Elemei: az összehasonlítás, a besorolás, a sorképzés, általánosítás, az osztályozás és a definiálás. Példák:

- Hasonlítsd össze a hidrogén izotópatomjainak összetételét az általuk tartalmazott elemi részecskék szempontjából!
- Hasonlítsd össze a szén-dioxid és a szilícium-dioxid halmazszerkezetét!
- Milyen kémiai részecskét/részecskéket jelölnek a következő szimbólumok:
Na, CO₂, O₃, H₃O⁺, Al³⁺, Pb(NO₃)₂, He?
- Állítsd savi erősségük növekvő sorrendjébe a következő szerves vegyületeket!
fenol, pirrol, piridin, ecetsav, etanol, hangyasav, triklórecetsav

- Gyűjtsd ki a szerves kémia tankönyvekből azokat a kémiai reakciókat, amelyek során valamilyen szerves vegyület hidrogénfejlődés közben reagál nátriummal vagy káliummal! Állapítsd meg, hogy mi a közös ezekben a szerves molekulákban!
- Rendszerezd az oxigéntartalmú szerves vegyületeket a bennük lévő, oxigénhez kötődő szénatomok oxidációs száma szerint!
- A sókat összetételük alapján négy csoportba sorolhatjuk: szabályos sók (pl. Na_2CO_3), savanyú sók (pl. NaHCO_3), bázisos sók (pl. $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ és kettős sók (pl. $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$). Ezek ismeretében alkossd meg a savanyú só definícióját!

A kombinatív képesség

A kombinatív képesség a lehetőségek számbavételével hoz létre új tudást. Példák:

- A hidrogénatomnak (^1H , ^2H , ^3H) és az oxigénatomnak (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) is három izotópatomja fordul elő a természetben. Hányféle vízmolekula található egy pohár vízben?
- Rajzold fel a C_4H_8 molekulaképletű szénhidrogének lehetséges konstitúciós és konfigurációs izomereit!
- Hányféle dipeptid képződhet kétféle aminosavból?

A deduktív gondolkodás

Bár a deduktív gondolkodás alapvetően nem hoz létre új ismeretet, fontos szerepe van a szövegértésben, az érvelésben és a cáfolásban. Elemei: a kétváltozós műveletek és a következtetések. Példák:

- Fejezd be a mondatot! Ha egy kémiai reakcióban elektronátmenet (oxidációsszám-változás) történik, akkor redoxireakcióról beszélünk. Ebben a reakcióban nem történik elektronátmenet (oxidációsszám-változás), tehát ...
- Fejezd be a mondatot! Ha nátrium-karbonátot vízben oldunk, akkor az oldat lúgos kémhatású lesz. Ha egy lúgos kémhatású oldathoz fenolftalein indikátort adunk, akkor az oldat színe pirosra változik. Tehát, ha a nátrium-karbonátot fenolftaleines vízben oldjuk, akkor ...
- Minden olyan kémiai reakció, amelyben elemi állapotú anyag is szerepel, szükségképpen redoxireakció. Mire következtethetünk ebből a permanganátióknak és a hidrogén-peroxid között savas közegben végbemenő, oxigén keletkezésével járó reakcióra vonatkozóan?
- Fejezd be a mondatot! Ahhoz, hogy a nátrium-klorid vezesse az elektromos áramot vagy meg kell olvasztani, vagy vízben kell oldani. Ez a nátrium-kloridból készült folyadék vezeti az elektromos áramot, tehát ...
- A hidrogénkötés kialakulásának szerkezeti feltétele, hogy legyen a molekulában olyan hidrogénatom, amely nagy elektronegativitású atomhoz kapcsolódik és legyen a molekulában olyan nagy elektronegativitású atom, amelynek van nemkötő elektrópárja. A felsorolt vegyületek közül melyek molekulái között alakulhat ki hidrogénkötés?

kén-hidrogén, víz, piridin, pirrol, metán, imidazol

Az induktív gondolkodás

Az induktív gondolkodást szokás az új ismeret létrehozására alkalmas gondolkodási műveletnek is tekinteni. Az induktív gondolkodás a szabályfelismerésen és a szabályalkotáson alapul. Elemei: a kizárás, az átkódolás és a sorozatok képzése.

- Az következő fémek közül melyik nem oldódik sósavban hidrogénfejlődés közben?
cink, kálium, vas, ezüst, alumínium
- Melyik nem illik a sorba?
propánsav, propán-1-ol, etil-acetát, propanal, aceton, etil-metil-éter
- Mi kerül a hiányzó helyre?
mól : mol = gramm : ...
- A felismert szabály alapján folytassa a vegyületek sorát!
but-1-én – 2-klór-bután – but-2-én – 2-klór-bután – ...

Az analógias gondolkodás

Az analógias gondolkodás dolgok közötti hasonlóságok felismerésével kapcsolatos. Analógiákra épül a modellek használata is. A modell a valóság egyszerűsített mása. A modellezésnek különböző szintjei jelennek meg a kémiában. A jól ismert molekulamodelleken kívül jelentős modellek még a kémiában az eszmei modellek (pl. atommodellek, sav-bázis elméletek) és a kémia szimbólumrendszere (vegyjelek, képletek, kémiai egyenletek). A modellek használata során mindig tisztában kell lenni azzal, hogy a megértés elősegítése mellett gyakran tévképzetek kialakítását is eredményezik.

- Írd fel az ezüst-nitrát-oldat és a sósav között végbemenő reakció kémiai egyenletét ione egyenlettel!
- Rajzold le az amidcsoport szerkezeti képletét! Állapítsd meg, hogy az alapján milyen sav-bázis tulajdonságúak az amidok! Hogyan kellene ezt a képletet módosítani, hogy értelmezni tudjuk az amidok vízzel szemben mutatott semleges sav-bázis tulajdonságát?
- Miben hasonlít, és miben különbözik a zsonglőr azon mutatványa, amikor labdákat dobál föl a levegőbe és kap el úgy, hogy közben egyik se essen le a földre és a dinamikus egyensúly?

Az arányossági gondolkodás

Az arányossági gondolkodás (egyenes és fordított arányosság felismerése, arányos osztás) alapvető szerepet játszanak a természettudományokban és a mindennapi életben egyaránt (részletesebben lásd VI. A kémiai számítások tanítása). Különös figyelmet érdemel a fordított arányosság felismerése és az arányos osztás képességének fejlesztése.

- Melyiknek nagyobb a tömege? Azonos anyagmennyiségű vasatomnak vagy szénatomnak?
- Melyik tartalmaz több molekulát? Azonos tömegű szén-dioxid vagy metán?
- Melyik nagyobb térfogatú? Azonos tömegű és állapotú klórgáz vagy nitrogéngáz?
- Hogyan változik meg a tökéletes gáz térfogata, ha állandó hőmérsékleten nyomását háromszorosra növeljük?
- Egy keverékben az alkotó anyagok tömegaránya 2 : 3. Hány grammot tartalmaz az egyes alkotókból 150 g keverék?

Valószínűségi gondolkodás

Ennek – a hétköznapi életben is fontos – gondolkodásnak a fejlesztésére a kémia tananyaga – legalábbis alsó- és középfokon – nagyon kevés lehetőséget kínál.

- A szén-tetrakloridot metán klórozásával állítják elő. A folyamat kitermelése azonban nagyon rossz. Vajon mi lehet ennek az oka?
- A függvénytáblázatban számos adatot találsz arra vonatkozóan, hogy különböző anyagok vízben való oldhatósága hogyan változik a hőmérséklettel. Készíts egy 2×2 -es ún. kontingenciatáblázatot szilárd anyagok és gázok esetén vízdoldhatóságuk hőmérsékletfüggéséről (az oldhatóság nő a hőmérséklettel vagy csökken). Függ-e az anyagok oldhatóságának hőmérsékletfüggése az anyag standard halmazállapotától?

Korrelatív gondolkodás

A korrelatív gondolkodás teszi lehetővé bizonyos valószínűséggel bekövetkező események közötti összefüggés (együttjárás típusú és oksági típusú) felismerését.

- A nemesgázok forráspontja a moláris tömeggel nő. Van-e oksági kapcsolat a két változó között?
- A HCl, HBr és HI savi erőssége vízzel szemben a moláris tömeggel nő. Van-e oksági kapcsolat a két változó között?

3. A problémamegoldó gondolkodás fejlesztése a kémiaórán

A problémamegoldó gondolkodás a természettudományos gondolkodás összetett, magas szintű formája. Szükséges, de nem elégséges feltétele a természettudományos gondolkodás alapvető képességeinek megfelelő fejlettsége. Számos további feltétele közül megemlíthjük a gondolkodás rugalmasságát, a kreativitást, az egymástól látszólag távoli területek közötti tudástranszfer képességét (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái). Ne feledjük, hogy a kognitív terhelési elmélet (sémaelmélet) ajánlása szerint a problémamegoldó gondolkodás fejlesztésének egyik hatékony módszere a kidolgozott feladatok megoldásának elemzése, elemeztetése.

A problémamegoldó gondolkodásnak könyvtárnyi irodalma van, ezért az elméleti alapok tárgyalása helyett – melyek megtalálhatók a fejezet végi ajánlott szakirodalmakban – a következőkben néhány kémiai problémafeladatot mutatunk be. Az ilyen feladatokkal egyrészt tesztelhetjük a tanulók problémamegoldó gondolkodásának fejlettségét, másrészt fejleszthetjük is azt.

- Miért csattannak ki a bogyós gyümölcsök eső után? Bizonyára megfigyelted már, hogy kiadós eső után a bogyós gyümölcsök (meggy, cseresznye, szőlő, paradicsom, egres) gyakran kirepednek. Ez azért következik be, mert víz jut be a gyümölcsök belsejébe és a megnövekedett nyomás szétfeszíti a gyümölcs héját. De hogyan jut át a víz a gyümölcs héján? Hogyan lehetséges az, hogy pl. egy sóoldatban található nátriumionok és kloridionok nem férnek át a féligáteresztő hártya pórusain, pedig ezek az ionok kisebbek, mint a vízmolekulák? A nátriumion átmérője 95 pm, a kloridion átmérője: 181 pm, a vízmolekula átmérője: 280 pm.
- A borotvapenge acélból van, mégis úszik a víz felszínén! Óvatosan helyezz egy acél borotvapengét lapjával a víz felszínére! Miért nem süllyedt el a borotvapenge? Óvatosan cseppents a vízbe mosószert vagy mosogatószert! Vajon miért süllyedt el ekkor a borotvapenge? – Ismételd meg az első kísérletet különböző folyadékokkal: benzinnel, alkohollal, étolajjal! Mit tapasztalsz? Milyen következtetést tudsz levonni ebből a kísérletből az egyes folyadékok molekulái közötti kötés erősségére? (még lásd IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok)
- Ki követett el hibát? Arra a kérdésre, hogy mekkora a tömege 2,00 mol kénnek az egyik tanuló (A) azt válaszolta, hogy 64,0 g, egy másik tanuló (B) pedig azt, hogy 512 g. Hogyan kaphattak ennyire eltérő eredményt? Ki követte el a hibát: az (A) tanuló, a (B) tanuló vagy esetleg a kérdező? Válaszodat indokold meg!
- Kinek van igaza? A hidrogén-fluorid-gáz sűrűsége nagyobb, mint amit a moláris tömege alapján várnánk. Az egyik tanuló szerint ennek az az oka, hogy az erős hidrogénkötés miatt a gázban nem HF molekulák, hanem H_2F_2 , sőt H_3F_3 képletű molekulák is vannak. A gáz sűrűsége a molekulák tömegétől függ. Egy másik tanuló szerint ez az indoklás nem helyes, hiszen, ha a H_2F_2 , illetve H_3F_3 molekuláknak nem csak a tömege nagyobb, mint a HF molekuláké, hanem azzal arányos a térfogata is. Vagyis a tömeg és a térfogat hányadosa, a gáz sűrűsége nem változik. Kinek az indoklása hibás? Mi benne a hiba?
- Egy gépkocsi-tulajdonos a tél beállta előtt fagyálló hűtőfolyadékkal szeretne volna feltölteni a kocsiját. Beszerezte a hozzá való etilén-glikolt ($\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$) és desztillált vizet. A használati utasítás elolvasása után azonban úgy döntött, hogy a több az jobb, ezért a 30% etilén-glikol és 70% víz helyett, 70% etilén-glikol és 30% vizet tartalmazó hűtőfolyadékot öntött a gépkocsi hűtőjébe. Ettől kezdve – legnagyobb meglepetésére – a gépkocsi motorja állandóan túlmelegedett. Mi okozhatta a problémát?
- Miért nem szórják bele? A permetezőszerként is használt rézgálicoldatot gyakran úgy készítik, hogy egy hordó vízben feloldanak adott mennyiségű rézgálicot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$).

Ilyenkor a rézgálicot vászonzacskóba helyezve a hordó tetejéhez rögzítve lógatják a vízbe. Miért nem szórják bele a vízbe?

- Száraz és nedves levegő. A száraz és a nedves levegő között az a különbség, hogy a száraz levegő nem tartalmaz vízgőzt, míg a nedves levegőben több-kevesebb (1-3 tömeg%) vízgőz is található. Melyikben van több molekula? Azonos térfogatú, nyomású és hőmérsékletű száraz levegőben vagy nedves levegőben? Melyik a „nehezebb”, azaz a nagyobb sűrűségű? A száraz vagy a nedves levegő? (Részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái.) Vajon miért jelez a barométer esőt, ha csökken a légnyomás?
- Nitrogénnel töltött gumiabroncsok. A gépkocsik gumiabroncsait többnyire levegővel szokták tölteni. A gumikereskedők honlapjain egyre gyakrabban találkozunk a nitrogénnel töltött gumiabroncsokkal. A versenymotorok és versenyautók gumijait régóta nitrogénnel töltik. Ennek több oka van. Egyrészt, a levegőben mindig jelen lévő vízgőz korróziót okoz és a hőmérséklet változásától függően változtatja a guminyomást. Másrészt, ha az abroncs kigyullad, a kerekekben lévő nitrogén gátolja az égést, ezért használják töltőgázként a repülőgépek kerékabroncsaiban is. Harmadrészt, a levegőben lévő oxigén – különösen a gumiabroncs felmelegedésekor – reakcióba lép a gumi alkotóival és így a gumit károsítja. Ráadásul az oxigénmolekulák könnyebben, gyorsabban diffundálnak ki a kerékből a gumin keresztül, mint a nitrogénmolekulák, így a guminyomás megváltozik, lecsökken. Hogyan lehetséges ez, hiszen az oxigénmolekulák tömege nagyobb, mint a nitrogénmolekulák tömege?
- Honnan „tudja” az aktív szén, hogy mit kell megkötnie? A gázálarcokban, konyhai szagtalanítókban, víztisztítókban található aktív szén kiszűri a levegőben és a vízben található ártalmas anyagokat – olvashatjuk a reklámokban (részletesebben lásd¹⁷⁴). De honnan „tudja” az aktív szén, hogy mi az ártalmas, és mi nem? Nos, az aktív szén ilyet nem tud. Arról van szó, hogy az aktív szén felületéhez a kémiai részecskék (molekulák, ionok, atomok) különböző erősséggel kötődnek. A kis molekulatömegű, apoláris molekulák gyengébben, a nagyobb molekulatömegű, dipólus molekulák erősebben kötődnek a felülethez. Mivel a levegő fő alkotói (oxigén, nitrogén) kis molekulatömegű, apoláris molekulákból állnak, ezért azok kevésbé erősen kötődnek az aktív szénhez. A levegőbe került mérgező anyagok (kén-dioxid, ammónia, nitrózus gázok, klór) többnyire dipólusmolekulákból állnak vagy legalábbis nagy molekulatömegűek, ezért erősebben kötődnek az aktív szénhez. Vajon mi lehet az oka, hogy az egyszerű, aktív szenes töltetet tartalmazó gázálarcok nem védenek a szén-monoxid és a szén-dioxid ellen? Nézz utána, mit tartalmaznak azok a gázálarcok, amelyek szén-monoxid ellen is védenek! Hogyan mennek be a tűzoltók egy füsttel elárasztott – így szén-monoxidot és szén-dioxidot is nagy mennyiségben tartalmazó helyiségbe?
- Rejtélyes bölcsőhalál. A 19. század közepén, Új-Zélandon kiemelkedően magas volt a hirtelen bölcsőhalálban meghalt csecsemők aránya. Mivel sok ott a juh, ezért az emberek szívesen használtak báránybőrt, gyapjútakarót. A tűzrendészeti előírások miatt a birkabőrt antimon- és arzéntartalmú anyaggal kezelték. A takarók arzén- és antimontartalma először nem tűnt életveszélyesnek. Kiderült azonban, hogy a penészgombák az arzént és az antimont illékony trimetil-arzinná és trimetil-stibinné alakítják. Ezek a gázok idegmérgek, a csecsemőknél légzésleállást okoznak. Hasonló problémát észleltek világszerte PVC-ből készült matrachuzatok esetén is. Vajon jó tanács-e ilyen esetben, hogy a csecsemőket ne hason, hanem hátton fektetve altassák? Hogyan kerülhetett arzén-, illetve antimonvegyület a PVC-be? Hogyan lehet védekezni az trimetil-arzin, illetve a trimetil-stilbin okozta hirtelen bölcsőhalál ellen? Nevez meg legalább 3 védekezési módot!

¹⁷⁴174 Schróth Á.: „Az adszorpció” c. óraterv. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezetten oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

- Miért nem szegelik? A bejárat küszöbök díszítésére gyakran használnak rézlemezeket. A rézlemezeket általában ragasztással rögzítik a küszöbhez. Vajon miért nem vasszöggel vagy vascsavarral rögzítik a rézlemezt?
- Archimédész és az arany korona. Archimédész, ókori görög tudós egyszer azt a feladatot kapta, hogy állapítsa meg egy aranynak mondott koronáról, hogy az valóban tiszta arany-e, vagy egy részét ezüsttel hamisította az ékszerész. Archimédész a koronával megegyező tömegű aranyat és ezüstöt kért a vizsgálathoz. Szüksége volt még egy olyan edényre, amelybe befért a korona, egy térfogatmérő edényre és vízre. Vajon hogyan tudta megoldani a feladatot úgy, hogy a korona sértetlen maradjon? Mérései alapján Archimédész nem csak azt mutatta ki, hogy az ékszerész csalt, hanem pontosan kiszámította, hogy a koronában hány tömegszázalék arany és hány tömegszázalék ezüst van. Hogyan?

A gondolkodás rugalmasságával, a tanult megoldási sémákból történő kilépés képességével kapcsolatosak a következő problémafeladatok, melyek egy részét Forgács József gyűjteményéből¹⁷⁵ vettük (a megoldások is ott olvashatók):

- Létezik-e olyan szénhidrogén, amelynek $w = 60,0\%$ -a szén?
- Mi a feltétele annak, hogy egy oldatban a tömeg% és az anyagmennyiség% számértéke megegyezzen?
- Mi a feltétele annak, hogy egy vegyületben az alkotó atomok tömeg%-os és anyagmennyiség%-os összetétele megegyezzen?
- Mi a feltétele annak, hogy két különböző vegyületben a vegyületet alkotó elemekre vonatkozó tömeg%-os és anyagmennyiség%-os összetétel megegyezzen?
- Hány tömeg%-os $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ -ra nézve a $w = 15,0\%$ -os CuSO_4 -oldat?

4. A természettudományos megismerés és a kutatásalapú tanulás

A Nemzeti alaptanterv¹⁷⁶ Ember és természet műveltségterületének fejlesztési feladatai közül kiemelt fontosságú a Tudomány, technika, kultúra fejezetben a természettudományos megismerés (részletesebben lásd I. A tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése). A természettudományos műveltség kialakítása érdekében minden egyes témakör tanítása során szem előtt kell tartani, hogy a tanulók ne csak a természettudományos alapfogalmakat és a közöttük lévő legfontosabb összefüggéseket sajátítsák el, hanem annak a folyamatnak a lépéseit és a hozzátartozó gondolkodásmódot is megismerjék, amellyel a természettudományos ismeretekhez és törvények felismeréséhez az emberiség eljut. Ennek haszna természettudományos irányban továbbtanuló diákok számára nyilvánvaló, de a többi tanuló esetében is többszörös:

- a) A természettudományokba és a természettudósok munkájába helyezett társadalmi bizalom megerősítése.
- b) A felelős döntéshozatal elősegítése az egészséges életmódra és a környezetvédelemre vonatkozó kérdések terén (egyéni, kisközösségi és társadalmi szinten).
- c) Önvédelmi mechanizmusok kialakítása az áltudományok és a csalók ellen, vagyis egészséges szkepticizmus (kétkedés) az interneten és a tömegkommunikációban terjedő „csodaszerekkel” és megkérdőjelezhető kijelentésekkel kapcsolatban, a helyes kérdésfeltevés és érvelés elsajátítása, gyakorlása (részletesebben lásd IX. Áltudományok és ismeretterjesztés).

A természettudományos megismerésről szerezhető tudás eszközei változatosak lehetnek. Ide tartoznak a természettudományos fogalmak, illetve az anyag szerkezetéről alkotott modellek

¹⁷⁵ Forgács J. (2010): Kémia érettségi feladatsorok. Műszaki Kiadó, Budapest

¹⁷⁶ A Kormány 110/2012 (VI.4.) rendelete a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Magyar Közlöny, 2012. évi 66. szám

történeti fejlődésének, valamint az adott keretek között örök érvényű természettudományos törvények felfedezésének és mindezek kísérleti alapjainak megismerési folyamatai az alábbi tevékenységek során:

- a) Önálló és csoportos természettudományos megfigyelések rendszerezett leírása, következtetések levonása és megvitatása.
- b) Természettudományos kísérletek önálló és csoportos elvégzése, a lényeges és lényegtelen tapasztalatok megkülönböztetése, rendszerezése és magyarázata. (részletesebben lásd IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok.)
- c) A természettudományos vizsgálatok alapelveinek megismerése (pl. egyszerre csak egy paramétert változtatunk, a referenciaanyag, ill. kontrollkísérlet szükségessége, a reprodukálhatóság és mérési hiba viszonya), és ezek alapján kísérletek, vizsgálatok önálló és csoportos tervezése, a tervek megvitatása valamint szervezett végrehajtása, a tapasztalatok együttes rendszerezése, továbbá az ismert természettudományos fogalmak és összefüggések felhasználása a tapasztalatok magyarázatára.

Az, hogy a természettudományok oktatásának ezen területére Magyarországon különös hangsúlyt kell fektetni, a 2006-ban végzett PISA vizsgálatok adatainak elemzése során derült ki (PISA 2006)¹⁷⁷. Ezek középpontjában a 15 éves tanulók természettudományokról megszerzett alkalmazásképes tudása állt (részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés). Eredményei azt mutatták, hogy a magyar diákok a saját, természettudományos területen elért átlag pontszámukhoz képest gyengén teljesítettek a "Természettudományi problémák felismerése" és a "Természettudományi megismeréssel kapcsolatos ismeretek" alteszten. Ugyanakkor a fizikai és kémiai ismeretek alteszten szerzett átlagos pontszámuk szerint az 57 résztvevő ország között a 4. helyezést érték el, annak ellenére, hogy a természettudományi területen elért átlagpontszámuk (504 pont) számszerűen alig volt magasabb az OECD országok átlagánál (500 pont). Jól szerepeltek a magyar tanulók a "Jelenségek természettudományos magyarázata" alteszten is. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy Magyarországon a tanítási és tanulási folyamat során hagyományosan a hangsúly inkább a ténybeli tudás elsajátításán és megértésén van. Ezért ritkán kerül szóba, hogy hogyan is gyűjtik és értékelik a tudósok a természettudományos kutatások során a bizonyítékokat. Ez a tény korlátozza a megszerzett tudás alkalmazhatóságát és alapul szolgálhat az áltudományok terjedéséhez is. A PISA 2006 eredményeit értékelő jelentés ajánlása szerint meg kell vizsgálni, milyen módokon lehetne elérni Magyarországon a természettudományos kompetenciák kiterjesztését. A jelen jegyzet írásakor legfrissebb PISA eredmények (PISA 2012) szerint a magyar diákok átlagos teljesítménye a természettudomány területén (494 pont) a nemzetközi átlag (501 pont) alá esett, ami komoly aggodalmat okozott a szakemberek és az oktatáspolitikusok körében egyaránt.¹⁷⁸

A 2007-ben publikált „Rocard jelentés” felhívta a figyelmet az európai országok természettudomány-oktatása terén tapasztalható, negatív tendenciákra¹⁷⁹. Ugyanez a dokumentum a problémákra adott egyik lehetséges válaszként a figyelem középpontjába állította az angol nyelvű szakirodalomban manapság leggyakrabban *inquiry-based science education* (IBSE) összefoglaló néven említett, magyarul pedig „kutatásalapú tanulás”-nak nevezett módszereket. E megközelítés lényege a tudományos kutatások mintájára végzett vizsgálatokon alapuló természettudomány-oktatás, ill. tanulás, az ún. *inquiry-based science teaching / learning / education* (IBST / IBL / IBSE, Nagy-Britanniában: *enquiry*), amelyek összességére a továbbiakban az egyértelműség kedvéért az IBSE vagy a „kutatásalapú tanulás” kifejezést használjuk. Ezek alkalmazása során a diákok szellemileg és fizikailag is aktív szerephez kerülnek, ami segíti a természettudományos gondolkodás fejlődését, valamint az érdeklődés felkeltését és fenntartását is. Uno definíciója szerint ez olyan

¹⁷⁷ PISA 2006: Science Competences for Tomorrow's World, Volume 1: Analysis, 64-68.

¹⁷⁸ PISA 2012 Snapshot of performance in mathematics, reading and science
<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-snapshot-volume-I-ENG.pdf>
 (utolsó letöltés: 2015. 08. 20.)

¹⁷⁹ Science Education Now: A Renewed Pedagogy For The Future Of Europe,
http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf (utolsó letöltés: 2015. 07. 14.)

pedagógiai módszer, amely a tanulók fizikai tevékenységeit egyesíti a tanulókörpöntú megbeszélésekkel / vitákkal és a fogalmak felfedezésével.¹⁸⁰

A *National Research Council of the United States of America*, az „*Inquiry and the National Science Education Standards*”¹⁸¹ úgy definiálja a kutatásalapú tanulást, hogy az egy olyan tevékenységsor, amely a következőket tartalmazza:

- a megfigyeléseket;
- a kérdésfeltevést;
- az információgyűjtést és forráselemzést;
- a vizsgálatok tervezését;
- a kísérleti eredmények és az egyéb ismeretek összevetését;
- az eszközök használatát adatok gyűjtéséhez, elemzéséhez és magyarázatához;
- a válaszok, magyarázatok, következtetések és előrejelzések megfogalmazását;
- az eredmények kommunikálását.

A kutatásalapú tanulás, azaz az IBSE lényege tehát az, hogy a diákok olyan kísérleteket, vizsgálatokat végeznek, amelyeknek legalább egy részét saját maguk tervezik meg és értékelik is azok eredményeit. A módszer alkalmazásakor a tanulók megismerkednek a természettudományos kutatások lépéseivel és saját munkájukat is ezek analógiájára végzik. Ezekben az esetekben tehát nem csak a kísérletek receptjeit kapják meg a diákok, hogy elvégezzék az adott feladatot, hanem saját maguk terveznek meg egyszerű vizsgálatokat és így a természettudományos gondolkodás elemeit is gyakorolják. Továbbá az azokkal kapcsolatos fogalmakat is meg kell ismerniük (pl. kontrollkísérlet, referenciaanyag, reprodukálhatóság, a mérés hibája), valamint alkalmazniuk is kell azokat.

A módszer két fő válfaja az ún. „*guided inquiry*” (irányított vizsgálatok; általában egyetlen, előre meghatározott jó megoldással) és az „*open ended inquiry*” (nyílt végű vizsgálatok; amelyek esetében sokféle jó megoldás lehetséges és gyakran a problémafelvetés is a diákoktól származik).

Konkrét példák a kutatásalapú tanulás alkalmazására:

1. példa. A savak, a lúgok, a sav-bázis indikátorok, a kémhatás, a pH és a sav-bázis pufferek fogalmának kialakulása, történeti fejlődése, gyakorlati jelentősége.

- a) Megfigyelés: egyes növények (gyümölcsök, zöldségek, virágok) színe változik bizonyos anyagok (savak és lúgok) hatására.
- b) Kísérlet: a háztartásban előforduló anyagok pH-értékkel jellemzett savasságának és lúgosságának meghatározása természetes és mesterséges indikátorokkal.
- c) Kísérlettervezés: egyszerű pH-skála készítésének megtervezése 0,1 mol/dm³ koncentrációjú HCl- és NaOH-oldatok, valamint univerzálindikátor vagy vöröskáposztalé felhasználásával a háztartásban előforduló vizes oldatok pH-jának meghatározásához.¹⁸² (pl. salátalé, citromlé, mosogatószer vagy mosószer és szóda bikarbóna vizes oldata, részletesebben lásd¹⁸³).
- d) Gyakorlati alkalmazás: 0,1 mol/dm³ koncentrációjú HCl-oldat lúgosító hatásúként árult szerekhez való adagolásával-sav-bázis indikátor segítségével-modellezhető, hogy mi történik ezekkel a gyomorban, és az ilyen vizsgálatok segíthetik a lúgosító diéta áltudományos jellegének felismerését és elfogadását (részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*).

¹⁸⁰ Uno, G.E. (1990): "Inquiry in the classroom", BioScience, 40(11), 841-843

¹⁸¹ Olson, S., Loucks-Horsley, S. (2000): Inquiry and the National Science Education Standards, 29.

http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596 (utolsó letöltés: 2014. 12. 23.)

¹⁸² Györe H.: Kékszilva, a gyümölcs, ami piros, amikor zöld <http://www.chem.elte.hu/w/modszertani/fellap.html> (utolsó letöltés: 2015. 08. 20.)

¹⁸³ Szakács E.: „pH-skála készítése és háztartási anyagok pH-jának meghatározása” c. óraterv. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezettan oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

2. példa. A fémek „jellemének”, redukáló sorának, illetve a fémeket tartalmazó rendszerek standard redoxipotenciáljának fölhasználása az egyes fémek viselkedésének és felhasználási lehetőségeiknek magyarázatára.

- a) Megfigyelés: a különböző fémek eltérően viselkednek levegő, nedves levegő, illetve savak (pl. vízkőoldó) hatására.
- b) Kísérlet: az egyes fémek reakciói száraz és nedves levegőn, illetve lúgok, valamint oxidáló és nem oxidáló savak hatására.
- c) Kísérlettervezés: vizsgálatok megtervezése egyes fémek redukáló sorban elfoglalt egymáshoz viszonyított helyének meghatározására, továbbá ennek segítségével passzív és aktív fémvédelem megtervezése.
- d) Gyakorlati alkalmazás: a fémek redukáló sorának, illetve a fémeket tartalmazó rendszerek standard redoxipotenciáljának felhasználása a galvánelemek működésének (és ezen belül különösen az olyan, spontán kialakuló helyi elemekének, mint amilyen a rozsdamentes acél edényben alufóliával letakart savas étel, pl. paradicsomos lasagne esetében kialakul), valamint a galvanizálás és a korrózióvédelem különböző típusai során zajló folyamatoknak a magyarázatára.

A fenti példák gyakorlati megvalósításáról az ELTE Kémiai Intézetében erre a célra létrehozott szakmódszertani honlapon¹⁸⁴ lehet tájékozódni, ahol sok további, a kutatásalapú tanítás szellemében írt, nyomtatásra kész feladatlap is található.

A szakirodalomban olvashatók a kutatásalapú tanulási módszerekkel kapcsolatos biztató, de óvatosságra intő kutatási eredmények is. MINNER és munkatársai szerint az általuk vizsgált 138 korábbi tanulmány 51%-a szólt olyan empirikus kutatásokról, amelyek során kimutatták az IBSE módszerek pozitív hatását az elsajátított ténybeli tudás mennyiségére és annak tartósságára.¹⁸⁵ Ugyanebben a publikációban azt írják, hogy a diákok aktív gondolkodása és az adatokból való következtetéslevonás segítik a fogalmi megértést. HOFSTEIN és KEMPA szerint ezek a módszerek növelik a motivációt, legalábbis a „kíváncsi” és a „szociálisan motivált” típusú diákok körében.¹⁸⁶ TOMPERI és AKSELA pedig azt közlik, hogy az IBSE fejleszti a magasabb rendű kognitív képességeket.¹⁸⁷ KIRSCHNER, SWELLER és CLARK viszont a 2006-ban megjelentetett provokatív hangvételű tanulmányukban kijelentik, hogy a minimális irányítású módszerek kevésbé hatásosak, kevésbé hatékonyak, és többbe kerülnek, mint a hagyományos módszerek. Továbbá negatív eredményre vezethetnek, ha a diákokban tévképzetek és tökéletlen vagy rendezetlen tudás alakul ki.¹⁸⁸ BOLTE, STRELLER és HOFSTEIN 2013-ban pedig azt a hátrányt is említik, hogy a „törekvő” és a „lelkiismeretes” diákok nem kedvelik ezt a tanulásszervezési módot.¹⁸⁹ HMELO-SILVER, DUNCAN és CHINN 2007-ben azonban további elemzések eredményeként kifejtették, hogy nem az a kérdés, hogy működik-e az IBSE, hanem az, hogy milyen körülmények között megvalósítva és milyen célok elérésre alkalmas.¹⁹⁰

¹⁸⁴ <http://www.chem.elte.hu/w/modszertani/index.html> (utolsó letöltés: 2015. 07. 14.)

¹⁸⁵ Minner, D. D. és mtsi. (2010): Inquiry-based Science Instruction – What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002, *J. Res. Sci. Teach.*, **47**(4), 474-496.

¹⁸⁶ Hofstien, A., Kempa, R. F. (1985): Motivating strategies in science education: attempt of an analysis. *European Journal of Science Education*, 3221-229.

¹⁸⁷ Tomperi, P., Aksela, M. (2014): In-service Teacher Training Project On Inquiry Based Practical Chemistry. *LUMAT*, **2**(2), 2015-226.

¹⁸⁸ Kirschner, P. A., Sweller, J., Clark, R. E. (2006): Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching, *Educational Psychologist*, **41**(2), 75–86

¹⁸⁹ Bolte, C., Streller, S., Hofstein, A. (2013): How to motivate students and raise their interest in chemistry education In: I. Eilks & A. Hofstein (eds.) *Teaching Chemistry – A Studybook* (67-95). Sense Publishers.

¹⁹⁰ Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. E., Chinn, C. A. (2007): Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006) *Educational Psychologist*, **42**(2), 99–107.

A magyarországi kipróbálások kvalitatív eredménye szerint a kísérletek tervezése rendkívül motiválónak bizonyult, de a vártnál sokkal nehezebben ment. A diákok számára szokatlanok a vizsgálatok megtervezését is igénylő feladatok. Ezért a kísérletek végrehajtásának megkezdését pszichés gátlás akadályozta, mivel a tanulók attól féltek, hogy ha valamit nem jól gondoltak, akkor „elrontják” a feladatot. Ez a tény és a valóban lehetséges tévutak nagymértékben növelhetik az IBSE vizsgálatok idő- valamint eszköz- és anyagigényét a receptszerű kísérletleírások végrehajtásához képest. Tényleg fennáll annak a veszélye is, hogy a rendelkezésre álló idő alatt elsajátított ténybeli tudás mennyisége kisebb és rendezettség alacsonyabb mértékű lesz, mint az egyértelmű kísérletleírások alapján végrehajtandó feladatok esetében. Ráadásul eközben tévképzetek is kialakulhatnak, illetve rögzülhetnek (részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái*). Mindemellett nyilvánvaló, hogy az IBSE alkalmazásával olyan, természettudományos gondolkodással kapcsolatos, illetve társas kompetenciák fejlődésére van lehetőség, amelyeket az egyszerű tanulókísérletek egyáltalán nem, vagy csak részben biztosítanak. Az IBSE esetében több teret kaphat például a csoportos problémamegoldás, valamint a kooperációs és kollaborációs technikák, a kommunikációs készség, a vitakészség és a konfliktusfeloldás fejlődése. Ezért a konklúzió szerint komplementer viszony kialakítása kívánatos a kutatásalapú és a többi oktatási módszer között. Frontális módszerrel való felvezetéssel és lezárással célszerű gondoskodni arról, hogy az IBSE eredményes alkalmazásához szükséges elméleti és gyakorlati ismeretek a tanulók rendelkezésre álljanak, valamint a megszerzett tudás rendszerezett és tévképzetektől mentes legyen. Továbbá az IBSE bevezetésekor nem kerülhető meg a fokozatosság elve, hiszen az ilyen új típusú feladatok sikeres megoldásához biztosítani kell a szükséges előzetes ismereteket, készségeket és képességeket.¹⁹¹

A természettudományos oktatás kedvezőtlen magyar körülményei, vagyis a nagy tananyag/természettudományos óraszám arány, a sok iskolában hiányzó anyagi források és laboránsok¹⁹² nem kedveznek a kutatásalapú tanulás bevezetésének (részletesebben lásd *Bevezetés*). A realiztikusnak tekinthető elvárások szerint tanévente és osztályonként csak néhány olyan alkalom képzelhető el, amikor a tanulók ilyen vizsgálatokat végeznek. A kísérleteknek pedig még ezekben az esetekben is kapcsolódni kell a tantervi és a vizsgakövetelményekhez. A legegyszerűbb megoldás tehát az lehet, ha a tanulók továbbra is a jelenleg viszonylag széles körben alkalmazott tanulókísérleteket végzik, de nem teljes egészében receptszerű leírás alapján, hanem azok egy részét saját maguk tervezik meg. Kérdés volt azonban, hogy van-e bármilyen kimutatható hatása ennek a természettudományos gondolkodásukra, illetve a ténybeli tudásukra. Ennek kiderítésére irányultak az ELTE Kémiai Intézetében a TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú és az „Országos Koordinációval a Pedagógusképzés Megújításáért” című projekt keretében végzett empirikus vizsgálatok. Ebben 12 iskola önként jelentkező 15 tanára és 660 olyan 14-15 éves tanuló vett részt, akiknek heti két (45 perces) kémiaórájuk van. A pedagógiai kísérletben részt vevő pedagógusoknak adott óratervek alapján kellett megtartani három, reakciókinetika tárgyú kémiaórát. Ezek közül két tanórán szerepeltek olyan tanulókísérletek, amelyeket a kontrollcsoportok tanulóinak receptszerű leírás alapján kellett végrehajtani, míg a kísérleti csoportok tanulóinak részben saját maguknak kellett megtervezniük is. A három tanóra előtt minden, a kutatásban részt vevő diák előtesztet, a három tanóra után pedig utótesztet írt. Az elő- és az utóteszt egyaránt tartalmazott olyan feladatokat, amelyek megoldásakor bizonyos kísérleteket kellett megtervezni, valamint egyéb (ténybeli tudásra és annak alkalmazására

¹⁹¹ Rákóczi M., Szalay L. (2010): A természettudományos vizsgálati módszerek elvén alapuló feladatok a kémiaoktatásban, in: Bánkúti Zs., Csorba F. L. szerk. (2011), Átmenet a tantárgyak között, A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei, Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Budapest, 81-120.

¹⁹² Kertész J., Szalay L. (2009): Összefoglaló az OKNT természettudományos közoktatás helyzetével foglalkozó *ad hoc* bizottságának munkájáról, Magyar Kémikusok Lapja, 64(4), 107-111.

vonatkozó) feladatokat is. A jelen fejezet írásakor még csak egy konferencián publikált¹⁹³ eredmények szerint e rövid (mindössze három tanórát igénybe vevő) beavatkozás nyomán is szignifikáns pozitív változás történt mind a kísérleti, mind a kontroll csoport kísérlettervezési képességeiben, de a kísérleti csoport esetében szignifikánsan nagyobb volt a növekedés, mint a kontrollcsoportban. A közepes és a legjobb teljesítményű diákok teljesítménye abszolút értékben jobban nőtt, mint a leggyengébbeké, de a relatív skálán a gyengébbek profitáltak többet. Az egyéb (kísérlettervezést nem tartalmazó) feladatok tekintetében a kísérleti csoportban a fiúk és a lányok teljesítménye is nőtt. A legalacsonyabb teljesítményű tanulók a kísérleti és a kontrollcsoportban is jobb eredményeket értek el az utóteszten, mint az előteszten. Azonban figyelmeztető jel, hogy a legjobb teljesítményű tanulók egyéb (nem kísérlettervezési) feladatokon elért eredménye romlott a beavatkozás nyomán a kontroll- és a kísérleti csoportban is. Viszont a legjobb teljesítményű harmad nem kísérlettervezésre vonatkozó feladatokon elért eredményei a kísérleti csoportban kevésbé romlottak, mint a kontrollcsoportban. Mindebből tehát levonható az a következtetés, hogy tanévenként néhány alkalommal érdemes a hagyományos tanulókísérleteket részben tanulók által tervezett vizsgálatokká alakítva kutatásalapú tanulósszervezési módot alkalmazni, hiszen ez statisztikai értelemben is kimutathatóan fejleszti a természettudományos gondolkodáshoz szükséges képességeket és motiválja az egyébként leggyengébb eredményt felmutató tanulókat. Tudatában kell azonban lennünk, hogy az ilyen feladatok csökkenthetik a legjobb teljesítményű tanulók egyéb (nem kísérlettervezési) feladatokon nyújtott átlagos teljesítményét.

Irodalom

- Balázs K. (2008): Kompetencia alapú fejlesztés a kémiaoktatásban; A kompetencia alapú fejlesztés elmélete és gyakorlata, alkotószerkesztő: Vass Vilmos, Apáczai Kiadó, Celldömölk
- Balázs K. (2005): Önálló tanulást segítő módszerek a kémia tanításában, A Kémia Tanítása, **XIII.** 5. sz.
- Balázs K. (2005): Szemléletformáló módszerek a kémia tanításában; A Kémia Tanítása, **XIII.** 4. sz.
- Balázs K.: Természettudományos végzettségű tanárok továbbképzése laboratóriumi gyakorlatok levezetésére, akkreditált pedagógus-továbbképzés szakanyag, TÁMOP 3.1.3-11.
- Bohdaneczky Schág J., Balogh L. (2010): Tehetséggondozás a közoktatásban a kémia tudományban, Génius Könyvek, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége
- Csapó B., Szabó G. (szerk.) (2012): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, <http://www.ntk.hu/823> (utolsó letöltés: 2015. 05. 04.)
- Forgács J. (2010): Kémia érettségi feladatsorok. Műszaki Kiadó, Budapest
- Havas P.: A természettudományi kompetenciákról és a természettudományi oktatás kompetencia alapú fejlesztéséről (<http://www.ofi.hu/tudastar/hazai-fejlesztési/havas-peter>) (utolsó letöltés: 2015. 07. 14.)
- J. Balázs K. (2009): Kémia munkafüzet 7., 8. évf., Apáczai Kiadó, Celldömölk
- M. Nádas M. (2010): A projektoktatás elmélete és gyakorlata, Génius Könyvek, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége http://geniuszportal.hu/sites/default/files/06_kotet_net.pdf (utolsó letöltés: 2015. 07. 14.)
- Nagy L.-né (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása, Iskolakultúra Online, 1 <http://www.iskolakultura.hu/iol/nagy.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 07. 14.)

¹⁹³ Szalay L., Tóth Z.: „Using Inquiry-based Approaches in Traditional Practical Activities” “6th Eurovariety in Chemistry Education 2015, Chemistry Education for Responsible Citizenship and Employability” 2015. Tartu, Észtország

- Nahalka I.: Konstruktív pedagógia - egy új paradigma a láthatáron, Iskolakultúra 97/4.
- <http://epa.oszk.hu/00000/00011/00124/pdf/1997-4.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 07. 14.)
- Radnóti K. (szerk.) (2014): *A természettudomány tanítása*. Mozaik Kiadó, Szeged
- Revákné Markóczi I., Nyakóné Juhász K. (szerk.) (2011): A természettudományok tanításának elméleti alapjai. Debreceni Egyetem, Debrecen
http://repetha.detek.unideb.hu/media/documents/online_a_termesztudomnyok_tantsnak_e_lmleti_alapjai.pdf (utolsó letöltés: 2015. 05. 04.)
- Szalay, L. (2015): Promoting inquiry-based teaching of chemistry. LUMAT, 3(3), 327-340., <http://luma.fi/lumat-en/3878> (utolsó letöltés: 2015. 08. 20.)
- Takács G.-né, Takács G. (2000): Tizenhárom éves tanulók deduktív és induktív gondolkodása, Új Pedagógiai Szemle, 2000 június, <http://epa.oszk.hu/00000/00035/00039/2000-06-mu-Tobbek-Tizenharom.html> (utolsó letöltés: 2015. 07. 14.)

VI. A KÉMIAI SZÁMÍTÁSOK TANÍTÁSA

Riedel Miklós, Rózsahegyi Márta, Szalay Luca, Tóth Zoltán, Wajand Judit

Tartalom

1. Bevezetés
- 2.2. A kémiai számítások célja, szerepe a kémia tanítási-tanulási folyamatában
 - 2.1. A fogalmi megértés elősegítése, a feladat témájához kapcsolódó tudásterület fejlesztése
 - 2.2. A problémamegoldással kapcsolatos metakognitív tudás fejlesztése, megoldási sémák kialakítása
3. A kémiai számítások tanításának alapelvei
 - 3.1. A fokozatosság elve
 - 3.2. A vizualításra törekvés elve
 - 3.3. A számítási feladatok életszerűvé tételének elve
 - 3.4. A mindennapi életből vett analógiák alkalmazásának elve
 - 3.5. A tanulók előzetes tudására építés elve
 - 3.6. A változatosság elve
4. Hasznos tanácsok a számolási feladatok megoldásához
 - 4.1. Képlettel és/vagy következtetéssel?
 - 4.2. A kiindulási adatok sajátosságai
 - 4.3. Stratégiaváltás provokálása a kiindulási adatok változtatásával
 - 4.4. Nem szokványos feladatmegoldási stratégiák
5. Mennyiségek, mértékegységek
 - 5.1. Mennyiségek
 - 5.2. A nemzetközi mértékegységrendszer (SI)
 - 5.3. Anyagmennyiség
 - 5.4. A mennyiségek jele, neve
 - 5.5. Műveletek mennyiségekkel, arányként definiált dimenzió nélküli mennyiségek megadása
 - 5.6. A kémiatanításban gyakran használt mennyiségek és mértékegységeik
6. A kémiai számítási feladatok megoldásának menete
7. A közoktatásban tanított kémiai számítások témakörei
 - 7.1. Anyagmennyiséggel kapcsolatos feladatok
 - 7.2. Sztöchiometriával kapcsolatos feladatok
 - 7.3. Gázokkal kapcsolatos feladatok
 - 7.4. A keverékek és elegyek, illetve oldatok összetételével kapcsolatos feladatok
 - 7.5. Túltelített oldatokkal kapcsolatos számítások
 - 7.6. Oldategyensúlyokkal kapcsolatos számolási feladatok
 - 7.7. Gázgyensúlyokkal kapcsolatos számítások
 - 7.8. Elektrokémiával kapcsolatos feladatok
 - 7.9. Termokémiával kapcsolatos feladatok

Irodalom

1. Bevezetés

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. Időszerű tehát újragondolni a kémiai számítások didaktikai funkcióját és tanításának módszertanát.

A kémiai számítások tanításakor a mennyiségi szemlélet fontosságának alátámasztására érdemes felidézni néhány tudománytörténeti tény. A német filozófus, IMMANUEL KANT sokat vitatott állítása szerint minden *tudományban annyi* az abszolút bizonyosság, *amennyi* benne a *matematika*.¹⁹⁴ Tudjuk, hogy a tömegmérés és a mennyiségi szemlélet hiánya, illetve tagadása vezetett például a XVII-XVIII. században a téves flogiszonelmélet kialakulásához és fennmaradásához. Ez azt mondta ki, hogy égéskor a testekből egy rejtélyes anyag, a „flogiszon” távozik.¹⁹⁵ Hívei figyelmen kívül hagyták a MIHAIL LOMONOSZOV által kifejtett elvet, amely szerint a reakciók kiindulási anyagait és végtermékeit mérni kell, valamint azt, az 1740-1750 körül LOMONOSZOV által kísérletileg is igazolt tény, hogy amikor egy test súlya gyarapodik, akkor egy másik test azzal egyenértékű súlyt veszít.¹⁹⁶ A flogiszonelmélet még olyan zseniális tudósokat is félrevezetett, mint HENRY CAVENDISH, a hidrogén fölfedezője.¹⁹⁷ Véglegesen csak körülbelül egy évszázaddal a keletkezése után döntötte meg ANTOINE LAVOISIER. Más tudósok kísérletei és a saját mérései alapján ő mondta ki ugyanis a tömegmegmaradás törvényét és azt, hogy az égés oxigénnel való egyesülés.¹⁹⁸

Szerencsére a bányákban lévő ércek és kőzetek minőségi és mennyiségi összetétele rendkívül fontos volt már a középkorban is, hiszen ettől függött, hogy milyen és mennyi fémeket vagy egyéb terméket tudtak kinyerni belőlük. Ezért az analitika a bányavidékeken viszonylag korán kialakult és gyorsan fejlődött. Már az olyan alkimisták is komoly fémvizsgálatokat végeztek, mint a XVI. században élt AGRICOLA.¹⁹⁹ JEREMIAS BENJAMIN RICHTER pedig 1792-ben írta le a titrálások alapjául szolgáló „egyenértékek törvényét” és vezette be a sztöchiometria fogalmát.²⁰⁰ Magyarországon a Selmecbányai Bányászati Akadémia lett méltán világhírű a gyakorlatcentrikus kémiaoktatásáról. Itt tanult MÜLLER FERENC is, aki az erdélyi ércek alapos vizsgálata során fedezte fel a tellúrt.²⁰¹ A kitűnő acélt is előállító svéd fémkohászat minőségbiztosítása érdekében dolgoztak az analitika olyan nagyjai, mint TORBERN OLOF BERGMAN.²⁰² Az is érdekes, hogy az analitika fejlődésének másik nagy ága a gyógyvizek elemzése volt, amelyről például a XIX. század legeredményesebbnek és leghíresebbnek tartott kémikusa, a szintén svéd JONS JACOB BERZELIUS írta a disszertációját.²⁰³ Az analitika fejlődése pedig értelemszerűen megnövelte a mérés és a hozzájuk kapcsolódó számítások jelentőségét a kémiában.

Ebben a fejezetben a megfogalmazott elvek és gyakorlati tanácsok illusztrálására konkrét számítási feladatokat is bemutatunk. A megoldás(ok) mérőszámának és mértékegységének megadásán túl a számolás (egy vagy több) lehetséges menetét azonban csak akkor és olyan részletességgel tüntetjük föl, amelyek bizonyítják, hogy ezek során érvényesülnek a szövegben leírt állítások. Tehát nem szükségképpen tüntetjük föl például a moláris tömegeket, a sztöchiometriai egyenleteket, illetve a gyakorlott feladatmegoldó számára magától értetődő lépéseket. Továbbá nem közlünk konkrét számolási példát minden egyes feladattípusra sem. Ez a jegyzet ugyanis a kémiai számítások tanításáról szól és semmiképp sem helyettesítheti a részletes megoldásokkal ellátott rendszerező példatárakat, amelyekből néhányat felsorolunk a fejezet végén az ajánlott irodalmak között.

¹⁹⁴ <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11229-009-9665-y#page-1> (utolsó letöltés: 2015. 08. 20.)

¹⁹⁵ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 258

¹⁹⁶ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 291

¹⁹⁷ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 882

¹⁹⁸ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 323-332

¹⁹⁹ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 187

²⁰⁰ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 370

²⁰¹ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 254

²⁰² Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 273

²⁰³ Balázs L. (1996): A kémia története I-II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 868

2. A kémiai számítások célja, szerepe a kémia tanítási-tanulási folyamatában

A kémiai számítási feladatok megoldásának alapvetően két célja van:

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

2.1. A fogalmi megértés elősegítése, a feladat témájához kapcsolódó tudásterület fejlesztése

A kémiának számos olyan területe van, ahol az ismeretek elmélyítését, a megfelelően szervezett fogalmi háló kiépítését a jól megválasztott számítási feladatok elősegíthetik. Ilyen terület például a sztöchiometria, a kémiai egyensúly, a termokémia és az elektrokémia. A reakcióegyenlet mennyiségi jelentését, a kémiai egyensúly koncentrációváltozással történő eltolását, a reakcióhő értelmezését, kapcsolatát a képződéshővel, a kötési energiákkal, a Hess-tétel, illetve a Faraday-törvények jelentését jól megfogalmazott számítási feladatok megoldásával lehet szemléltetni és elmélyíteni.

Ugyanakkor számos nemzetközi, tudományos igényű kutatás mutatja, hogy a tanulók kémiai számítások megoldásában elért sikeressége csak nagyon gyenge kapcsolatban áll a problémák megoldásához szükséges kémiai ismeretek fogalmi megértettségének szintjével²⁰⁴. Lehet, hogy a tanulók attól függetlenül tudják megoldani a kémiai számításokat, hogy értenék a probléma kémiai hátterét. Újabban azonban azt is kimutatták²⁰⁵, hogy alapvető különbség van azon tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezetében, akik fogalmi megértés alapján vagy memorizálási technikával tanultak meg alapvető fizikai és kémiai összefüggéseket. Az utóbbiak tudásszerkezetében kimutatható volt, hogy a memorizálási technikával rögzült ismeretek izolált és nehezen mozgósítható tudáselemek. A feladatmegoldásban igazán sikeres tanulóknak rendelkeznie kell a megfelelő, elméleti és gyakorlati jellegű kémiatudással (egyenletrendezés, anyagismeret stb.).

Az olyan esetekben, amikor a kémiai számítási feladatok megoldásának fő gátja a megfelelő kémiatudás hiánya, az érdeklődés felkeltésében és az absztrakt matematikai műveletek valóságos fizikai és kémiai folyamatokhoz való hozzákapcsolásában segíthet, ha az órán bemutatott kémiai kísérletek elvégzéséhez társítjuk a számolási feladatokat. Egyébként sem célszerű külön „számolási feladatos” kémiaórákat tartani. Inkább gyakrabban és kevesebb, de az elméleti tananyaghoz szorosan kapcsolódó számolási példát adjunk föl házi feladatnak vagy egyszerűen a tanóra közben is. Jól motiválhatók a diákok a kémiában tanultakhoz kapcsolódó számolási feladatok megoldására egy-egy érdekes kerettörténettel is (pl. a JAMES BONDhoz, SCHERLOCK HOLMEShez vagy egyéb bűnügyi sorozatokhoz kötődő történetek felhasználásával és továbbgondolásával).

²⁰⁴ Nurrenbern, S. C., Pickering, M. (1987): Concept learning versus problem solving: is there a difference? J. of Chem. Educ., **64**, 508-510.

Nakhleh, M. B. (1993): Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? J. of Chem. Educ., **70**, 52-55.

Nakhleh, M.B., Mitchell, R.C. (1993): Concept learning versus problem solving: There is a difference. J. of Chem. Educ., **70**, 190-192.

Cracolice, M.S., Deming, J.C., Ehlert, B. (2008): Concept learning versus problem solving: A cognitive difference. J. of Chem. Educ., **85**, 873-878.

²⁰⁵ Tóth, Z. (2007): Mapping students' knowledge structure in understanding density, mass percent, molar mass, molar volume and their application in calculations by the use of the knowledge space theory. Chemistry Education: Research and Practice, **8** (4), 376-389.

2.2. A problémamegoldással kapcsolatos metakognitív tudás fejlesztése, megoldási sémák kialakítása

A kognitív pedagógia szerint nem beszélhetünk általános problémamegoldó képességről, hiszen a problémamegoldás is, mint minden ismeretünk kontextus függő, tudásterület-specifikus. A metakognitív tudásrendszerünknek van azonban egy olyan része, amely a problémamegoldással kapcsolatos²⁰⁶. Ilyenek például az egyenes és fordított arányosság felismerése, analógiák keresése, a feladat átfogalmazása, az adatok szemléletes (pl. táblázatos) feltüntetése stb. (részletesebben lásd V. A gondolkodási képességek fejlesztése). Ezek fejlesztésére alkalmasak a kémiai számítási feladatok is.

Azt, hogy a tanulók melyik megoldási stratégiát használják egy adott feladat megoldására, számos tényező befolyásolja. SCHMIDT kutatásai szerint a német²⁰⁷ és a svéd²⁰⁸ középiskolások sikeresen alkalmazzák – a kutatók által „logikai” módszerként nevezett – saját megoldási stratégiájukat az iskolában tanult módszerek helyett egyszerű sztöchiometriai problémák megoldásában. A problémák nehezedésekor azonban egyre nagyobb hajlandóságot mutatnak az iskolában tanult algoritmusok használatára. Ezzel ellentétben TÓTH és KISS azt találta²⁰⁹, hogy a magyar középiskolások még nagyon egyszerű sztöchiometriai feladatok esetén is az iskolában tanult megoldási módszereket használják. Ugyanakkor TÓTH azt is kimutatta²¹⁰, hogy reakcióegyenletek rendezésében a magyar diákok kialakítják saját rendezési stratégiájukat – ami általában a próbálgatáson alapszik – mielőtt még az iskolában tanulnák az oxidációs számok megváltozásának módszerét, és ragaszkodnak ehhez az általában kis hatékonyságú saját stratégiához még igen összetett redoxiegyenletek rendezése esetén is.

3. A kémiai számítások tanításának alapelvei

A kémiai számítások hatékony tanításának alapelveit a kognitív pszichológia – különös tekintettel a kognitív terhelés elméletére –, valamint a konstruktivista pedagógia elméleti kereteiből kiindulva fogalmazhatjuk meg.

3.1. A fokozatosság elve

Talán a legfontosabb elv a fokozatosság elve. Ahogy azt a kognitív terhelés elméletének tárgyalásakor láttuk (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái), a sikertelenség gyakori oka, hogy a tanulónak túl sok információt kellene egyszerre kezelnie, és ez meghaladja a munkamemória kapacitását. A fokozatosság elvének betartásával elérhetjük, hogy a tanulónak egyre nagyobb, egyre kapcsolódásosabb sémáik legyenek az adott feladattípus megoldásával kapcsolatban, és így egyre összetettebb feladatok megoldására váljanak képessé. Kezdetben kerüljük a külső terhelést, azaz a számításhoz fölösleges adatok használatát. Például annak a tanulónak, akinek még nincs kialakult sémája a sűrűség – tömeg – térfogat összefüggéssel kapcsolatban, a következő egyszerű, de a megoldás szempontjából fölösleges, a hőmérsékletre és nyomásra vonatkozó adatokat is tartalmazó feladat megoldhatatlanná válhat:

²⁰⁶ Nahalka, I., Poór, I. (2002): Problémák és feladatok megoldása a fizika tanulása során. In: Radnóti, K., Nahalka, I., Poór, I. és Wagner, É. (2002): A fizikatanítás pedagógiája. (Szerk.: Radnóti, K. és Nahalka, I.), Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

²⁰⁷ Schmidt, H-J. (1990): Secondary school students' strategies in stoichiometry. Int. J. of Science Education, **12**, 457-471

Schmidt, H-J. (1994): Stoichiometric problem solving in high school chemistry. Int. J. of Science Education, **16**, 191-200

Schmidt, H-J. (1997): An alternate path to stoichiometric problem solving. Research in Science Education, **27**, 237-249

²⁰⁸ Schmidt, H-J., Jignéus, C. (2003): Students' strategies in solving algorithmic stoichiometry problems. Chemistry Education: Research and Practice, **4**, 305-317

²⁰⁹ Tóth, Z., Kiss, E. (2005): Hungarian secondary school students' strategies in solving stoichiometric problems. J. of Science Education, **6**, 47-49

²¹⁰ Tóth, Z. (2004): Students' strategies and errors in balancing chemical equations. J. of Science Education, **5**, 33-37

A kezdők szintjén alkalmazható megfogalmazás:

Feladat: Mekkora a cseppfolyós bróm sűrűsége, ha ilyen körülmények között $2,50 \text{ cm}^3$ -e $7,80 \text{ g}$ tömegű?

A haladók szintjén alkalmazható megfogalmazás:

Feladat: Mekkora a cseppfolyós bróm sűrűsége 25°C -on, $0,101 \text{ MPa}$ nyomáson, ha ilyen körülmények között $2,50 \text{ cm}^3$ -e $7,80 \text{ g}$ tömegű?

Megoldás: $3,12 \text{ g/cm}^3$.

Fejlesztő hatásúak viszont az óra közben feltett, számolást nem igénylő villámkérdések, gondolkodtató, problémamegoldó, logikai feladatok (pl. az a kérdés, hogy milyen határok között változhat egy gázelegy átlagos moláris tömege).

Több lépéses feladatok megoldása esetén kezdetben ne várjuk el a tanulótól, hogy felfedezze az adatoktól a célig vezető utat. Először csak annyit gyakoroltassunk, hogy *gyűjtsse össze* és azonosítsa a feladatban szereplő explicit módon megadott *adatokat*, majd a feladat szövegéből kikövetkeztethető ún. rejtett adatokat is:

Feladat: Hány dm^3 standardállapotú (25°C -os és standard nyomású) HCl-gázt kell vízben elnyeletni, ha 400 g $w = 38,0\%$ sósavat akarunk előállítani?

Explicit adatok: az oldat tömege: $m(\text{oldat}) = 400 \text{ g}$

az oldat összetétele: $w(\text{oldat}) = 38,0\%$

Rejtett adatok:

a HCl moláris tömege: $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g/mol}$

a víz moláris tömege: $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g/mol}$

a gáz moláris térfogata (25°C -on és standard nyomáson):

$V_m(\text{HCl}) = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$

a víz sűrűsége: $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1,00 \text{ g/cm}^3$

A következő lépésben azt gondoljuk végig, hogy a kiindulási adatok ismeretében *mi mindent lehetne kiszámítani*. Érdekes felhívni a tanulók figyelmét arra, hogy a kémiai számítások során gyakran követhetjük azt a stratégiát, hogy keresünk két olyan adatot, amelyből közvetlenül egy harmadik adatot lehet számítani. Esetünkben:

- Az oldat tömegének és tömegszázalékban megadott összetételének ismeretében kiszámíthatjuk az oldott anyag tömegét: $m(\text{HCl}) = 152 \text{ g}$.
- A hidrogén-klorid moláris tömegének és moláris térfogatának ismeretében kiszámíthatjuk a hidrogén-klorid sűrűségét: $\rho(\text{HCl}) = 1,49 \text{ g/dm}^3$.
- A víz sűrűségének és moláris tömegének ismeretében kiszámíthatjuk a víz moláris térfogatát: $V_m(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ cm}^3/\text{mol}$.

Csak ezeknek a lépéseknek a kellő begyakoroltatása után kérjük azt, hogy most azt vizsgálja meg, *milyen mennyiségek ismeretében lehetne közvetlenül kiszámítani* a feladatban szereplő kérdéses mennyiséget.

- A HCl-gáz térfogatának kiszámításához ismerni kell a HCl-gáz anyagmennyiségét és moláris térfogatát. vagy
- A HCl-gáz térfogata kiszámítható a HCl-gáz tömegének és sűrűségének ismeretében is.

Adott témakörben a legelső számolási feladat legyen nagyon egyszerű, egy lépésben, akár fejben számolva (egyetlen egyenes arány alkalmazásával) is megoldható feladat, mint például egy egyszerű gáztörvény alkalmazása (lásd a 7.3. alfejezetben) vagy egy oldat tömegszázalékban megadott összetételének számítása az oldott anyag és az oldat tömegéből, mint a következő példában:

Feladat: Hány tömegszázalékos az az oldat, amelynek 50 g-jában 10 g oldott anyag van?

Megoldás: $w = 20\%$.

Vegyük észre, hogy a fenti feladatban nem szerepel az sem, hogy mi az oldott anyag, hiszen a feladat megoldása szempontjából ez teljesen mindegy. Ezen a ponton az oldott anyag anyagi minősége csak fölösleges információként terhelne a tanulók munkamemóriáját. Az oldott anyagra vonatkozó utalást és esetleg egy érdekes, például a leves sózására vagy az infúzió sótartalmára vagy befőzéshez cukorszirup készítésére vonatkozó kis kerettörténetet tartalmazó feladatokat csak a következő lépésekben érdemes föladni.

A több lépéses feladatok megoldásakor is célszerű először olyan könnyen kezelhető adatokkal dolgozni, mint például a kalcium-karbonát moláris tömege. A kalcium-karbonát és sósav reakcióegyenletének közös rendezése után a sztöchiometriai arányokat az egyenlet alá írva és a kalcium-karbonát moláris tömegét kiszámolva például megfogalmazható az alábbi kérdés:

Feladat: Hány mol szén-dioxid-gáz fejleszthető 200 g CaCO_3 -ból?

Megoldás: Itt a tanulónak csak arra kell rájönnie, hogy ha 100 g CaCO_3 1 mol, akkor 200 g 2 mol. Az egyenlet szerint 1 mol CaCO_3 -ból 1 mol CO_2 keletkezhet, tehát 2 mol CaCO_3 -ból **2 mol** szén-dioxid-gáz fejleszthető. (Ezen a ponton nem érdemes az értékes jegyek helyes megadási módjával elvonni a tanulók figyelmét a lényegről. Ezzel a kérdéssel a [4.6. alfejezetben](#) külön foglalkozunk)

Ez után adható olyan több lépéses feladat, ami ugyanilyen séma szerint oldható meg, de már nem lehet fejben kiszámolni. Ahhoz is szoktatni kell a tanulókat, hogy a számolási feladatok megoldásakor általában az eredmény nem kerek szám:

Feladat: Hány mol szén-dioxid-gáz fejleszthető 200 g MgCO_3 -ból?

Megoldás: Itt az egyenlet felírható az előző feladatban szereplő egyenlet analógiájára, és a sztöchiometriai arány szintén 1:1. Azonban ki kell számolni a MgCO_3 moláris tömegét (84 g/mol), és egy egyenes aránnyal ki kell számítani azt is, hogy hány mólnak felel meg a 200 g tömegű MgCO_3 (2,38 mol). A hétköznapi tapasztalatok alapján a kezdők számára az arányokkal való számításokkor a legegyszerűbben az alábbi felírási mód érthető meg, amely aztán a hármasszabály alkalmazásaként máskor is használható (lásd a [4.1. alfejezet](#)). Eszerint a keresett mennyiség (n) úgy számolható ki, hogy az alábbi módon való felírás után szomszédjait összeszorozzuk, és a szorzatot elosztjuk a keresett mennyiséggel (n) átellenben lévő mennyiséggel:

$$\begin{array}{ccc} 84 \text{ g} & \text{MgCO}_3 & 1 \text{ mol} \\ 200 \text{ g} & \text{MgCO}_3 & n \text{ mol} \\ \hline n = \frac{200 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{84 \text{ g}} = 2,38 \text{ mol} \end{array}$$

A matematika szabályaihoz alkalmazkodva az első alkalommal bemutatható, hogy ez lényegileg azonos a

$$\frac{84 \text{ g}}{200 \text{ g}} = \frac{1 \text{ mol}}{n}, \text{ illetve } \frac{200 \text{ g}}{84 \text{ g}} = \frac{n}{1 \text{ mol}} \text{ felírási módokkal.}$$

Továbbá a számolás gyorsítása érdekében természetesen lehet a

$$n = \frac{m}{M} = \frac{200 \text{ g}}{84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,38 \text{ mol}$$

képletet is használni. Fontos, hogy a diákok belássák: ezek az eredmény szempontjából egyenértékű, de forma és időigény szempontjából különböző felírási módok. Az eredményt érdemes összevetni a 200 g kalcium-karbonát anyagmennyiségével (2,00 mol), hogy a tanulók felismerjék: ugyanazon tömegű anyagok közül a kisebb moláris tömegűnek nagyobb az anyagmennyisége (hiszen az anyagmennyiség és a moláris tömeg között fordított arány van).

A bonyolultabb, több lépéses számolási feladatok megoldását érdemes úgy tanítani, hogy maguk a kérdések vezessék végig a tanulókat a megoldás (egy lehetséges) gondolatmenetén. Például első alkalommal ne adjunk föl ilyen, csak a végeredményre rákérdező feladatot:

Feladat: Hány dm^3 25 °C -os és standard nyomású HCl-gázt kell vízben elnyeletni, ha 400 g

$w = 38,0\%$ töménységű sósavat akarunk előállítani?

Hanem inkább fogalmazzuk át a feladatot az alábbi módon, és aztán a megoldás lépéseivel kövessük a részkérdések sorrendjét:

Feladat (kiegészítve): Hány g HCl van 400 g $w = 38,0\%$ sósavoldatban? Hány mol hidrogén-kloridnak felel ez meg? Mekkora ennek a HCl-gáznak a térfogata 25 °C -on és standard nyomáson?

Megoldás:

1. lépés:

Explicit adatok: az oldat tömege: $m(\text{oldat}) = 400 \text{ g}$
az oldat összetétele: $w(\text{HCl}) = 38,0\%$

Az oldat tömegének és tömegszázalékos összetételének ismeretében kiszámíthatjuk az oldott anyag tömegét: $m(\text{HCl}) = 152 \text{ g}$.

2. lépés:

Rejtett adat: a HCl moláris tömege: $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g/mol}$

A HCl tömegének és moláris tömegének ismeretében kiszámíthatjuk az oldott anyag anyagmennyiségét: $n(\text{HCl}) = 4,16 \text{ mol}$.

3. lépés:

Rejtett adat: a gáz moláris térfogata: $V_m(\text{HCl}) = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$

A HCl-gáz anyagmennyiségéből és moláris térfogatából kiszámíthatjuk a térfogatát: $V(\text{HCl}) = 102 \text{ dm}^3$.

Hasonló módon vezetik végig a kérdések a tanulót a feladat megoldásán egy, az [5.7. alfejezetben](#) látható, egyensúlyokkal kapcsolatos számításokat tartalmazó példán. A következőkben aztán az összetett feladatok szövegéből már kihagyható néhány részkérdés (pl. az anyagmennyiségre való átszámítás a moláris tömeg és/vagy moláris térfogat segítségével), például így.

Feladat: Hány g HCl van 400 g $w = 38,0\%$ sósavoldatban? Mekkora ennek a HCl-gáznak a térfogata 25 °C-on és standard nyomáson?

Az ilyen típusú példák megoldása után érdemes csak a végeredményre rákérdező, több lépésben megoldható számolási feladatokat földadni. Ekkor a fenti példa esetében például ilyen lépéseket tartalmazó megoldási tervvel lehet segíteni a gondolati séma kialakulását:

1. lépés: Az oldott anyag tömegének kiszámítása (az oldat tömegéből és tömegszázalékban megadott összetételéből).
 2. lépés: A HCl anyagmennyiségének kiszámítása (a HCl tömegéből és moláris tömegéből).
 3. lépés: A HCl-gáz térfogatának kiszámítása (a HCl anyagmennyiségéből és moláris térfogatából).
- (A megoldási terv készítéséről a [6. alfejezetben](#) is szó van.)

A későbbiekben a megoldási terv leírása elhagyható, de mindig arra kell bízni a diákokat, hogy mielőtt hozzáfognának a számoláshoz gondolják végig, milyen úton juthatnak el legegyszerűbben az adatoktól az eredményhez.

Az összetettebb feladat megoldását néhány egyszerűbb közbenső feladat megoldása is segítheti. Ezek megoldása nem kötelező, csak abban az esetben, ha a főfeladat megoldása nehézségekbe ütközik. Ilyen formán ez a módszer a diákok tanórai vagy otthoni differenciált foglalkoztatásához is használható (részletesebben lásd [VII. Differenciált oktatás, felzárkóztatás, tehetség gondozás](#)). Az alábbiakban látható ennek az alkalmazására egy konkrét példa.

Főfeladat:

A kétkarú mérleg mindkét oldalán sósavat tartalmazó kiegyensúlyozott edények vannak. Az egyik pohárban teljesen feloldódott egy bizonyos

- a) kétértékű fémből 5,480 g,
- b) egy háromértékű fémből 6,075 g.

Az egyensúly helyreállítása céljából a másik edénybe a) és b) esetben is 5,600 g vasforgácsot kellett tenni, amely teljesen feloldódott.

(A reakciók során keletkezett gázalmazállapotú termékek az edényekből minden esetben eltávoztak.)

Mennyi az ismeretlen két- és háromértékű fém relatív atomtömege?

Megoldás: 5,600 g, azaz 0,1000 mol Fe oldódásakor 0,1000 mol, azaz 0,200 g H₂ gáz fejlődik, tehát a tömegnövekedés 5,600 – 0,200 = 5,400 g.

a) Ha a kétértékű fém moláris tömege x g/mol, akkor x g kétértékű fém oldásakor 2,000 g H₂ gáz fejlődik, 5,480 g fém oldásakor pedig $\frac{5,480 \times 2,000}{x}$ g. A tömegnövekedés $5,480 - \frac{5,480 \times 2,000}{x}$ g, ami pontosan 5,400 g. Ebből $x = 137,0$, tehát a kétértékű fém relatív atomtömege **$A_r(1) = 137$** . (Vagyis ez a **bárium**.)

b) Ha a háromértékű fém moláris tömege y g/mol, akkor y g háromértékű fém oldásakor 1,500 mol, azaz 3,000 g H₂ gáz fejlődik, 6,075 g fém oldásakor pedig $\frac{6,075 \times 3,000}{y}$ g. A tömegnövekedés $6,075 - \frac{6,075 \times 3,000}{y}$ g, ami pontosan 5,400 g. Ebből $y = 27,0$, tehát a háromértékű fém relatív atomtömege **$A_r(2) = 27$** . (Vagyis ez az **alumínium**.)

Segítő feladatok (részfeladatok):

1. Részfeladat: Táramérleg egyik serpenyőjében sósavat tartalmazó kiegyensúlyozott edény van.

Mi történik, ha a pohárba 10 g bárium-karbonátot szórunk, amely teljesen feloldódik?

Megoldás: Az egyenlet szerint 2,2 g CO₂ fejlődik, tehát a mérleg azt mutatja, hogy **a főzőpohárban lévő anyag tömege 7,8 g-mal megnövekedett**.

2. Részfeladat: A kétkarú mérleg mindkét serpenyőjében sósavat tartalmazó kiegyensúlyozott edények vannak. Az egyikben teljesen feloldódott 19,7 g bárium-karbonát.

Mennyi kalcium-karbonátot kell feloldani a másik edényben, hogy az egyensúly helyreálljon?

Megoldás: 0,100 mol bárium-karbonátból 0,100 mol, azaz 4,40 g CO₂ fejlődik, vagyis a tömegnövekedés: 15,30 g. 1 mol, azaz 100 g kalcium-karbonátból 1 mol, azaz 44,0 g CO₂ fejlődik, vagyis a tömegnövekedés 56,0 g. Tehát 15,3 g tömegnövekedést $\frac{15,3 \times 100}{56,0} = 27,3$ g kalcium-karbonát reakciója esetén történik.

3. Részfeladat: A táramérleg mindkét serpenyőjében sósavat tartalmazó kiegyensúlyozott edények vannak. Az egyikben feloldódott egy bizonyos karbonátból 26,16 g. Az egyensúly helyreállítása céljából a másik edénybe 19,70 g bárium-karbonátot kellett tenni.

Mekkora az ismeretlen karbonátban levő egyszeresen pozitív töltésű ion moláris tömege? (A CO₂ oldódását és a folyadékvesztéseket elhanyagoljuk.)

Megoldás: 19,70 g bárium-karbonát esetében a tömegnövekedés 15,30 g (ld. az előző példa megoldását). Az egyszeresen pozitív töltésű fémiot tartalmazó karbonátok általános képlete: Me₂CO₃. Ha az Me⁺ jelű fémiot moláris tömege x g/mol, akkor az ismeretlen fém-karbonát moláris tömege: $(2x + 60)$ g/mol. $(2x + 60)$ g fém-karbonát hozzáadásakor a tömegnövekedés $2x + 60 - 44 = (2x + 16)$ g. Tudjuk, hogy 26,16 g fém-karbonát hozzáadásakor a tömegnövekedés 15,30 g volt. Vagyis $26,16 \cdot (2x + 16) = 15,30 \cdot (2x + 60)$. Ebből $x = 23$, vagyis ez egyszeresen pozitív fémiot moláris tömege **23 g/mol**. (Az egyértékű fém tehát a **nátrium**.)

MCCALLA főiskolások körében próbálta ki²¹¹ azt a stratégiát, miszerint a kémiai számítások megoldása során abból indultak ki, hogy a cél eléréséhez milyen mennyiségek ismeretére van szükség, azokat hogyan lehet kapcsolatba hozni a feladatban szereplő adatokkal. Azaz, az adatoktól a célig építkező megoldás helyett a célból az adatokig történő „visszafejtést” használta. Kismintás, kontrollcsoportos kísérlete szerint azok a hallgatók, akik ez utóbbi módon oldották meg a feladatokat sokkal sikeresebbek voltak, mint azok a társaik, akik „hagyományos” módon, pusztán a feladatban szereplő adatokból kiindulva próbáltak célba érni. Magyarázata szerint ennek az az oka, hogy cél általában csak egy van, tehát abból kiindulva könnyebb megszerkeszteni a megoldási hálót, mint kiválasztani az adatokból kiinduló többféle lehetőség közül azt, amelyik elvezet a célig. Ezzel kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy számos vizsgálat igazolja, hogy a kezdő és a szakértő feladatmegoldók között kimutatható egyik legfontosabb különbség, hogy a kezdők csak egy irányban (lineárisan) építkezve (többnyire az adatoktól a cél felé haladva) próbálják megoldani a feladatokat. Ezzel ellentétben a szakértők – kialakult sémáiknak köszönhetően – képesek arra, hogy egyszerre vizsgálják meg azt, hogy a rendelkezésükre álló adatokból mit lehet kiszámítani, és a cél eléréséhez mit kell kiszámolni. A MCCALLA által javasolt, a célból az adatok felé történő építkezés tudatos gyakoroltatása lehet, hogy segít a szakértőkre jellemző nemlineáris problémakezelés képességének kialakításában.

²¹¹ McCalla, J. (2003): Problem solving with pathways. J. of Chemical Education, **80**, 92-98

A tehetséggondozás és a versenyekre való felkészítés során viszont már egyértelműen arra kell szoktatni a diákokat, hogy az ott szereplő feladatok szövege gyakran éppen hogy nem könnyíti, hanem inkább nehezíti a megoldás menetét. Ilyen esetekben szerepeltethetünk fölösleges adatokat is példák szövegében. Másrészt föladhathatunk látszólag hiányzó adatokat tartalmazó, ún. paraméteres feladatokat. Az utóbbi típusú feladatok bevezetéséhez például megfogalmazhatunk egy egyszerű hígítási feladatot így is:

Feladat: Milyen térfogatarányban kell elegyíteni a $w = 98,0\%$ és $1,84 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű tömény kénsavat vízzel a $w = 20,0\%$ összetételű kénsavoldat készítéséhez? (A víz sűrűségét tekintjük $1,00 \text{ g/cm}^3$ -nek!)

Megoldás: Mivel sem az elkészítendő oldat tömege, sem a kiindulási tömény kénsav térfogata nem adott, ezek bármelyike tekinthető paraméternek, amelyet egy tetszőleges betűvel jelölhetünk. Természetesen ezeket lehet jelölni az adott mennyiség jelével is, de ha azonos mennyiségből többféle is szerepel (pl. többféle térfogat), akkor ezek megkülönböztetésére logikus módon indexeket is kell alkalmazni a mennyiség betűjele mellett. Ez azonban nehézkessé teheti a számolás menetének a felírását, különösen törtek esetében. Ezért ezeknek a mérőszámát más, a mennyiségek jelétől eltérő betűkkel is jelölhetjük. Például föltételezhetjük, hogy $V(\text{tömény H}_2\text{SO}_4\text{-oldat}) = y \text{ cm}^3$ térfogatú, $w = 98,0\%$ kénsavból indulunk ki, vagy $m(\text{híg H}_2\text{SO}_4\text{-oldat}) = z \text{ g}$, $w = 20,0\%$ összetételű kénsavoldatot kell készítenünk. Többlépéses megoldások során célszerű azonban kerülni az általában bármely kiszámítandó ismeretlen jelölésére használt x , illetve a magyar szövegekben amúgy is gyakran előforduló betűk használatát. Az y és z (vagy w stb.) paraméterekkel úgy számolhatunk, mintha ismert mennyiségek volnának, hiszen a feladat megoldása végén úgysí kiesnek, mivel végeredményként csak térfogatarányt kell megadnunk.

Például az $y \text{ cm}^3$ térfogatú tömény kénsav $1,84y \text{ g}$ tömegű, amelyben $1,80y \text{ g}$ tiszta kénsav van. Ez $9,00y \text{ g}$ $w = 20,0\%$ összetételű kénsavoldatban található. Ebben $7,20y \text{ g}$ tiszta víz van, ami megfelel $7,20y \text{ cm}^3$ térfogatú víznek. Tehát a hígításhoz használt víz térfogata **7,20-szorosa** a tömény kénsavénak. További példát láthatunk majd a paraméteres feladatok megoldására a 4.3. alfejezetben.

Megkönnyíthetjük a diákok dolgát, ha ilyen esetekben arra bátorítjuk őket, hogy gondolatban egészítsék ki a példát a paraméter helyett egy olyan konkrét adattal, amely kézzelfoghatóbbá és a lehető legegyszerűbbé teszi számukra a megoldást (ld. még a 4.1. alfejezetben). Jelen esetben például célszerű föltételezni, hogy 100 g $w = 20,0\%$ összetételű kénsavoldatot kell készíteni, mert abban nyilvánvalóan $20,0 \text{ g}$ tiszta kénsav és $80,0 \text{ g}$ víz van. A $80,0 \text{ g}$ víz térfogata az $1,00 \text{ g/cm}^3$ sűrűség miatt $80,0 \text{ cm}^3$. Tehát csak azt kell kiszámítani, hogy mekkora térfogatú tömény kénsavban van $20,0 \text{ g}$ tiszta kénsav. Ehhez előbb a $20,0 \text{ g}$ kénsavat tartalmazó $w = 98,0\%$ töménységű oldat tömegét ($20,4 \text{ g}$), majd abból az $1,84 \text{ g/cm}^3$ sűrűség figyelembevételével annak térfogatát ($11,1 \text{ cm}^3$) lehet kiszámítani. A térfogatarány tehát a következő: $V(\text{H}_2\text{O}) : V(\text{tömény H}_2\text{SO}_4\text{-oldat}) = 80,0 : 11,1 = \mathbf{7,21}$. Vagyis a víz térfogata mindig 7,21-szerese kell legyen a tömény kénsav térfogatának. Természetesen más gondolatmenet is elképzelhető, például 100 cm^3 tömény kénsavból is ki lehet indulni, és úgysí eljutunk ahhoz, hogy azt **721 cm³** vízzel kell elegyíteni.

Ilyen szinten már ügyelni kell arra, hogy számolás végeredményét a legkevésbé pontos adat értékes jegyeinek figyelembevételével kell megadni (lásd a 6. alfejezetet). Továbbá meg kell említeni azt is, hogy a fenti két megoldásból kiszámolt mennyiségek között az alkalmazott kerekítések különbözősége miatt van eltérés.

A kémiai számítási feladatok megoldási stratégiáinak kialakításakor érdemes bemutatni a tanulóknak, hogy egy-egy példa megoldásakor többféle helyes gondolatmenet is lehetséges, amelyek mind jó eredményre vezetnek (vagyis „Minden út Rómába vezet”). Hasznos lehet például az alábbi példa többféle megoldását és azok variációit összehasonlíttatni a diákokkal abból a szempontból, hogy melyik a legkevésbé időigényes és melyik gondolatmenetét érzik a leginkább hasonlónak a sajátjukéhoz. Ez a módszer tágtítja a tanulók látókörét. Minél többféle módszert ismernek meg, annál valószínűbb, hogy rátalálnak a számukra legkedvezőbb stratégiára.

Feladat: Egy telített, nyílt szénláncú szénhidrogén $0,06000 \text{ mol}$ -ját $25,00\%$ -os levegőfelesleggel égettük el. A keletkező víz és a szén-dioxid eltávolítása után a maradék gáz térfogata standard nyomáson és 25°C -on $58,24 \text{ dm}^3$. Mi a vegyület összegképlete? (A számolás során alkalmazzuk azt a közelítést, hogy a levegő $21,00 \text{ térfogat}\%$ oxigént és $79,00 \text{ térfogat}\%$ nitrogént tartalmaz. A számolás során a számok végén a pontosságot jelentő nullákat időtakarékosági okokból nem kell kiírni.)

1. Megoldás: Az égés egyenlete: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} + (3n+1)/2 \text{ O}_2 = n \text{ CO}_2 + (n+1) \text{ H}_2\text{O}$
 1 mol szénhidrogén elégetéséhez $0,5 \times (3n+1) \text{ mol}$ O_2 szükséges, tehát:

0,06 mol $\rightarrow$ $0,03 \times (3n+1)$ mol

25%-os levegőfelesleg esetén az összes oxigén: $0,03 \times (3n+1) + 0,25 \times 0,03 \times (3n+1) = 0,0375 \times (3n+1)$ mol O_2

Az ennek megfelelő nitrogén mennyisége: $0,0375 \times (3n+1) \times (79/21) = 0,1411 \times (3n+1)$ mol N_2 .

A szénhidrogén elégetése után a nitrogén és a megmaradt oxigén együttes mennyisége:

$58,24 \text{ dm}^3 / (24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}) = 2,377$ mol

Tehát: $0,0075 \times (3n+1) + 0,1411 \times (3n+1) = 2,377$

Ebből: $n = 5$, tehát a keresett összegképlet: **C_5H_{12}** .

(Az egyenlet alapján kiszámított, a szénhidrogén elégetéséhez szükséges oxigén mennyiségének és a maradék gáz anyagsűrűségének kiszámítása nem szerepel a további megoldásokban, mert az minden esetben ugyanúgy történik.)

2. Megoldás: Ha 100 mol levegőből 21 mol oxigén, akkor a 0,06 mol szénhidrogén elégetésénél jelenlévő 25%-os oxigénfelesleg a $1,25 \times 0,03 \times (3n+1)$ mol oxigén. Ez megfelel $1,25 \times 0,03 \times (3n+1) \times (100/21) = 0,1786 \times (3n+1)$ mol levegőnek. Ennek 79%-a nitrogén: $0,79 \times 0,1786 \times (3n+1)$ mol.

Az oxigén 25%-a és az összes nitrogén megmarad, tehát a maradék gáz:

$0,25 \times 0,03 \times (3n+1) + 0,79 \times 0,1786 \times (3n+1) = 2,377$

Ebből: $n = 5 \rightarrow C_5H_{12}$.

3. Megoldás: 0,06 mol szénhidrogén elégetéséhez szükséges oxigén: $0,03 \times (3n+1)$ mol

Ez a levegő 21%-a, tehát $0,03 \times (3n+1) \times (100/21) = (3n+1)/7$ mol a szükséges levegő.

25%-os levegőfelesleg esetén: $(3n+1)/7 + (3n+1)/28 = (15n+5)/28$ volt az összes levegő.

A maradék gáz az összes levegő és az elhasznált oxigén különbsége:

$(15n+5)/28 - 0,03 \times (3n+1) = 0,4457n + 0,14857$

$0,4457n + 0,14857 = 2,337$

Ebből: $n = 5 \rightarrow C_5H_{12}$.

4. Megoldás: 0,06 mol szénhidrogén elégetése után $58,24 \text{ dm}^3$ standard nyomású és 25°C -os gáz marad, ami megfelel $2,377$ mol gáznak. Akkor $1,00$ mol szénhidrogén elégetésekor $2,377/0,06 = 39,62$ mol gáz maradna.

Az $1,00$ mol szénhidrogénre vonatkozó összes levegő mennyisége:

$[1,25 \times (3n+1)/2] \text{ mol } O_2 + [1,25 \times (3n+1)/2 \times (79/21)] \text{ mol } N_2$

Marad: $[1,25 \times (3n+1)/2 \times (79/21)] \text{ mol } N_2 + [0,25 \times (3n+1)/2] \text{ mol } O_2$, ami összesen $39,6$ mol maradék gáz.

Ebből $n = 5 \rightarrow C_5H_{12}$.

5. Megoldás: Ha $x \text{ dm}^3$ az égéshez szükséges levegő térfogata, akkor $1,25x \text{ dm}^3$ az összes levegő, tehát $1,25 \times 0,21x \text{ dm}^3$ az összes oxigén és $0,21x \text{ dm}^3$ a szükséges oxigén térfogata.

A maradék gáz térfogata $58,24 \text{ dm}^3$, tehát: $1,25x - 0,21x = 58,24 \rightarrow x = 56$, tehát az égéshez 56 dm^3 levegő szükséges.

Ebből az égéshez szükséges oxigén térfogata: $0,21x = 0,21 \times 56 \text{ dm}^3 = 11,76 \text{ dm}^3$

Standard nyomáson és 25°C -on: $11,76/24,5 = 0,480$ mol a szükséges oxigén

Ebből $0,03 \times (3n+1) = 0,480$ és $n = 5 \rightarrow C_5H_{12}$.

Ha egy ilyen példában n -re közelítőleg egész számot kapunk, az már önmagában is biztató, de természetesen akkor is érdemes elvégezni az ellenőrzést (lásd a [6. alfejezet](#)).

3.2. A vizualításra törekvés elve

A vizualításra törekvés elve egyszerű, de jól áttekinthető táblázatok, rajzok, ábrák, folyamatábrák készítését, valamint az adatok ezeknek megfelelő rendszerbe foglalását jelenti. Ezek a vizuális elemek jelentősen megkönnyítik a feladat adatainak áttekintését, az azok között fennálló kapcsolatok felismerését. Néhány példa arra, hogyan lehet az adatok rendezett formában (pl. táblázatban vagy rajzon) való feltüntetésével segíteni a feladatok megoldását:

Feladat: Mekkora anyagsűrűségű szén-dioxid ugyanakkora tömegű, mint $2,00$ mol metán

	CH_4	CO_2
$M:$	16,0	44,0
$n:$	2,00	$32,00/44,0 = ?$
$\downarrow$		$\uparrow$
$m:$	$n \cdot M = 32,00 \text{ g}$	$\rightarrow 32,00 \text{ g}$

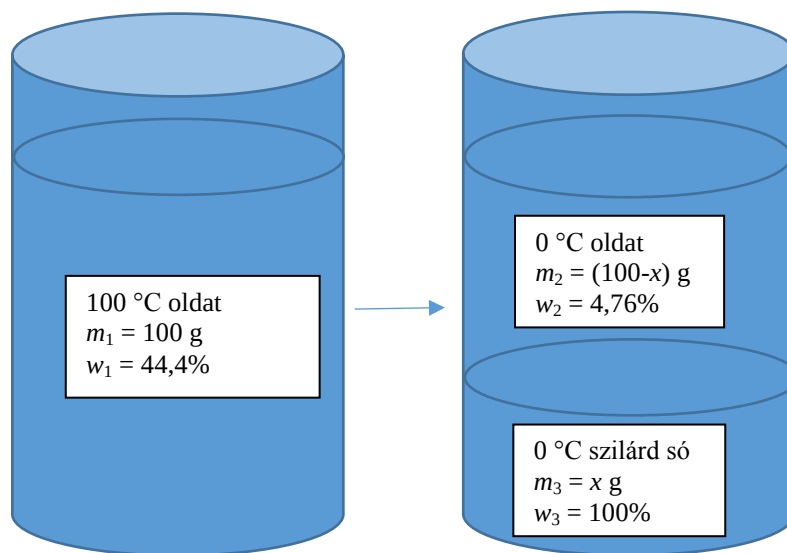
Megoldás: $n(CO_2) = 0,727 \text{ mol}$.

Feladat: Hány g kálium-dikromát ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) kristályosodik ki, ha 100 g 100 °C-on telített oldatot 0 °C-ra hűtünk? A telített oldat 0 °C-on $w = 4,76\%$, 100 °C-on $w = 44,4\%$ összetételű.

	100 °C-on telített oldat	→	kálium-dikromát	+	0 °C-on telített oldat
m_{oldat} :	100 g		? g		? g
w :	44,4%		100%		4,76%

1. Megoldás: 100 g 100 °C-on telített oldatban 44,4 g oldott anyag és $100 - 44,4 = 55,6$ g víz van. A lehűléskor a szilárd anyag kikristályosodása során a víz tömege nem változik. Ha 0 °C-on 100 g telített oldatban 4,76 g oldott anyag van, akkor azt $100 - 4,76 = 95,2$ g víz oldja. Nekünk azonban csak 55,6 g vizünk van a lehűlt oldatban is, ami $(55,6 \times 4,76)/95,2 = 2,78$ g kálium-dikromátot képes feloldani. Az oldott anyagból a lehűlés közben $44,4 - 2,78 = \mathbf{41,6}$ g különbség kristályosodik ki.

A fenti példa adatai egy, az 1. ábrán lévőhöz hasonló egyszerű rajzba is beírhatók, ami még inkább segít elképzelni a kristályosítás során végbemenő változást. Az egyik edényben a 100 °C-on telített oldat tömegét és összetételét, a másik edényben pedig a 0 °C-on telített oldat tömegét és összetételét, valamint annak alján a kivált kristályos szilárd só tömegét (és összetételét) jelöljük. Ez a szemléletes megjelenítés nagyon megkönnyíti a fenti feladat keverési egyenlettel (lásd az 7.4. alfejezetben) való megoldását:



1. ábra. Példa egy kristályosítási feladat adatainak egyszerű vizuális megjelenítésére.

2. Megoldás: A keverési egyenlettel történő megoldáskor abból indulunk ki, hogy 0 °C-on a telített oldatban és a kristályos szilárd anyagban lévő só együttes tömege megegyezik a 100 °C-on telített oldatban lévő só tömegével. A keverési egyenlet fölírható tömeghányadokkal ($m_1 \times w_1 = m_2 \times w_2 + m_3 \times w_3$) vagy a teljes egyenletet százzal való szorzásával, közvetlenül a tömegszázalékokkal is: $100 \times 44,4 = (100 - x) \times 4,76 + 100x$. Így egyetlen egyszerű, egy ismeretlenes egyenlet megoldása után megkapható, hogy a kikristályosodott kálium-dikromát tömege **41,6 g**.

A keverési egyenleten alapuló gondolatmenetnek az az előnye, hogy gyorsabb és mechanikusan is felírható. Azonban hátránya is éppen az, hogy a tanulókat az 1. Megoldásban bemutatott logikai út megkerülésével a feladat mechanikus megoldására csábítja, ami természetesen hibalehetőségeket rejt magában. Hibák azonban sajnos az 1. Megoldásban bemutatott gondolatmenetbe is csúszhatnak. Ezért célszerű, ha a tanulókat mindkét megoldási móddal megismertetjük, és aztán saját maguk választhatnak, hogy melyiket alkalmazzák. Ha az idő engedi, akkor a legjobb az, ha mindkét gondolatmenet szerint elvégzik a feladat megoldását, mert azzal egyúttal az eredmény helyességének ellenőrzése is megtörténik. (A mérlegmódszerrel a

4.4. alfejezetben foglalkozunk bővebben. A tútelített oldatokkal és az azokból való kristályvizes sók kiválásával kapcsolatos számításokra pedig az 7.5. alfejezetben látunk még példákat.)

Feladat: 100,0 cm³, $w = 18,00\%$, 1,119 g/cm³ sűrűségű kálium-klorid-oldathoz hány cm³ $w = 10,00\%$, 1,088 g/cm³ sűrűségű ezüst-nitrát-oldatot kell önteni, hogy az oldat teljes kálium-klorid-tartalma reakcióba lépjen az ezüst-nitráttal, de az ezüst-nitrát-oldat ne legyen fölöslegben? Mekkora tömegű csapadékot szűrhetünk le, és – ha a veszteségektől eltekintünk – milyen a maradék oldat tömegszázalékos összetétele?

	kálium-klorid-oldat +	ezüst-nitrát-oldat	→	csapadék +	oldat
V :	100,0 cm ³	? cm ³			
w :	18,00%	10,00%			?%
ρ :	1,119 g/cm ³	1,088 g/cm ³			
m :				? g	
M :	74,6 g/mol (KCl)	170 g/mol (AgNO ₃)			
Megoldás:	KCl +	AgNO ₃ =	<u>AgCl</u> +	KNO ₃	
	1 mol	1 mol	1 mol	1 mol	
	$(100 \times 1,119 \times 0,18) / 74,6 = 0,27 \text{ mol}$		0,27 mol	0,27 mol	0,27 mol
			$[(0,27 \times 170) / (0,10 \times 1,088)] \text{ cm}^3$		$M = 143,4$
			$V = 422 \text{ cm}^3$	$m_1 = 38,7 \text{ g}$	$M = 101,1$
					$m_2 = 27,3 \text{ g}$

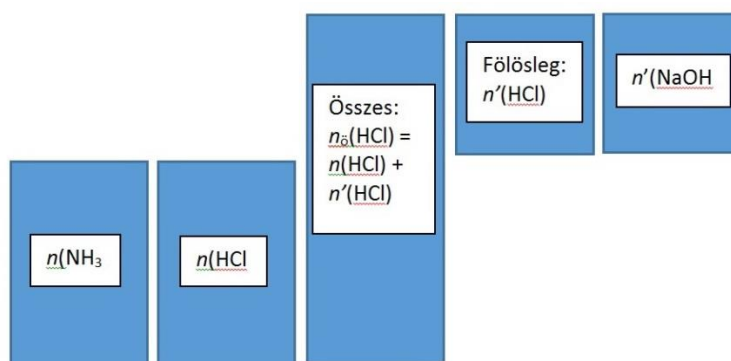
A maradék oldat tömege az eredeti két oldat tömegének és csapadék tömegének a különbsége:

$(100 \times 1,119) + (422 \times 1,088) - 38,7 = 532 \text{ g}$. Tehát a maradék oldat KNO₃-ra nézve: **$w = 5,13\%$** .

Feladat: 10,00 cm³, ismeretlen koncentrációjú ammóniaoldathoz 20,00 cm³ 0,1120 mol/dm³ koncentrációjú sósavat mérünk, majd a savfelesleget 0,0988 mol/dm³-es nátrium-hidroxid-oldattal titráljuk. Az átlagfogyás 9,46 cm³. Számítsuk ki az ammóniaoldat koncentrációját!

	ammóniaoldat +	sósav	→	„sósavas” oldat
V :	10,00 cm ³	20,00 cm ³		
c :	? mol/dm ³	0,1120 mol/dm ³		
	„sósavas oldat” + nátrium-hidroxid-oldat		→	titrált oldat
V :	9,46 cm ³			
c :	0,0988 mol/dm ³			

A visszatitrálás szemléltetése a 2. ábrán látható.



2. ábra. Példa egy visszatitrálós feladat vizuális szemléltetésére.

Megoldás:

$$n'(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) = 0,0988 \text{ mol/dm}^3 \times 9,46 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 9,35 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n'(\text{NaOH}) = n'(\text{HCl}) = 9,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_0(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl}) = 0,1120 \text{ mol/dm}^3 \times 2,000 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 = 2,24 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = n_0(\text{HCl}) - n'(\text{HCl}) = 1,31 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

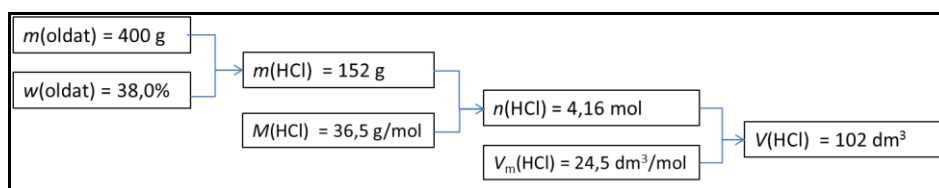
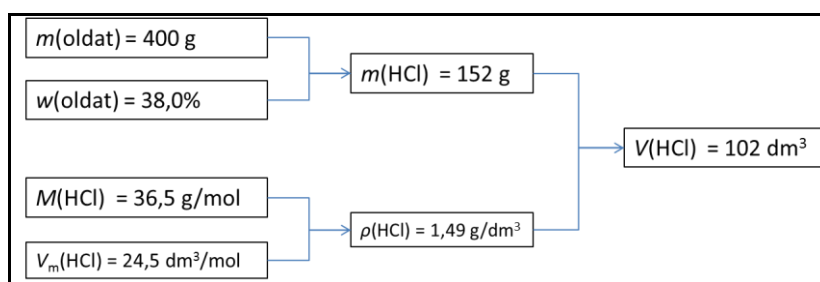
$$n(\text{HCl}) = n(\text{NH}_3) = 1,31 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) / V(\text{NH}_3) = 1,31 \times 10^{-3} \text{ mol} / 1,000 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 = \mathbf{0,131 \text{ mol/dm}^3}.$$

A főnti megoldás szabályos felírásakor fel kell hívni a diákok figyelmét arra, hogy ha például a hozzáadott sósavoldat térfogatát $2 \times 10^{-2} \text{ dm}^3$ -ként tüntetnénk föl, akkor elveszítenénk azt az információt, hogy mennyire volt pontos a sósavoldat térfogatának mérése. Mindemellett a számolás gyorsítása érdekében megengedhető az értékes jegyként szereplő nullák elhagyása, ha mindenki számon tartja, hogy milyen pontosságú adatokkal dolgozunk és ezért hány értékes jegyre lehet és kell megadni a végeredményt.

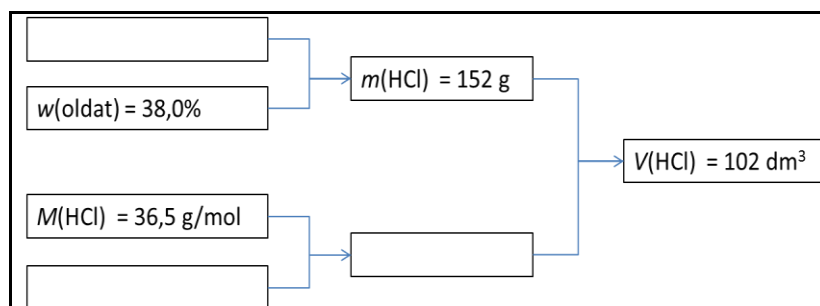
Sok szempontból hasznos a *megoldási háló* felrajzolása, felrajzoltatása. A megoldási háló kapcsolatot teremt a kiindulási adatok és a cél között. A 3. ábrán látható kétféle megoldási hálóval írhatjuk le egy korábban már példaként vett feladat esetén a feladatmegoldás menetét.

Feladat: Hány dm^3 25°C -os és standard nyomású HCl-gázt kell vízben elnyelelni, ha 400 g $w = 38\%$ töménységű sósavat akarunk előállítani?



3. ábra. Egy feladat megoldásának kétféle gondolatmenete megoldási hálón megjelenítve.

Az ilyen módon megrajzolt megoldási hálók – a kognitív terhelés elmélete szerint – elősegítik a feladatmegoldási sémák kialakulását. Mind a kész megoldási hálók tanulmányozása, szöveges elemzése, mind az ún. *hiányos megoldási hálók* kitöltése hasznos – és olykor élvezetes – eszköze a feladatmegoldás tanításának. Egy ilyen hiányos megoldási hálót mutat a 4. ábra. A tanulónak az a feladata, hogy töltsse ki a megoldási háló hiányzó részeit.



4. ábra. Példa a hiányos megoldási hálóra

3.3. A számítási feladatok életszerűvé tételének elve

A feladatmegoldás tanításának fontos alapelve a számítási feladatok életszerűvé tétele. Ennek eleget tenni nem is olyan könnyű. Egyrészt a kémiai feladatoknak csak kis hányada kapcsolódik közvetlenül a mindennapokhoz, másrészt valós életben a tanuló számára életszerű

szituációkat kell értenünk. Például az oldatok tárgyalásánál hiába hozunk permetlé készítési vagy befőzési példákat, ha a permetezés és a befőzés az adott tanulótól legalább annyira távol eső "mindennapi" tevékenységek, mint a galvanizálás vagy a műtrágyagyártás. Hivatkozhatunk persze a majdani felnőtt életükre, amikor esetleg ők is kertészkedni fognak, vagy a szüleik, nagyszüleik ilyen irányú tevékenységére. Vélhetően azonban a tizenéves tanulók többsége számára közvetlenül is életszerű probléma lehet a következő:

Feladat: Kevesen tudják, hogy egyes zöldségekben – szabadföldi, normál körülmények között történő termesztés esetén is – rengeteg nitrát halmozódhat fel. Nagyon magas (>2500 mg/kg) a cékla, a retek, a saláta, a spenót nitráttartalma. Sok ($1000 - 2500$ mg/kg) nitrátot tartalmaz például a karalábé, a petrezselyem, a póréhagyma. Alacsony (<500 mg/kg) nitráttartalmú zöldségek: a brokkoli, a répa, a tök, az uborka, a bab, a borsó, a görögdinnye, a hagyma, a padlizsán, a paprika és a paradicsom. Főzésnél a nitráttartalom 70-75%-a kioldódik, ezért célszerű az első, 1-2 perces főzölevet kiönteni. A rákkockázat miatti felső határ 2000 mg/nap.

Számítsd ki, hogy mekkora tömegű retek elfogyasztása jelenthet veszélyt egy 60 kg testtömegű ember számára! A megengedett napi nitrátbevitel: $3,7$ mg/testtömeg-kg. A retek nitráttartalmát vegyük 2500 mg/kg-nak!

Megoldás: 89 mg.

A fenti példa összeköthető egy olyan gyakorlati feladattal, amelynek során a diákok a növények nitrátkoncentrációját gyorsesztekkel határozzák meg (részletesebben lásd IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok).

Az 7.1., 7.6. és 7.8. alfejezetekben más példákat is bemutatunk a feladatok életszerűvé tételére.

3.4. A mindennapi életből vett analógiák alkalmazásának elve

Amint már azt említettük, a kémiai számítási feladatoknak csak kis hányada köthető közvetlenül a mindennapi életünkhöz. Ezt a nehézséget lehet csökkenteni *analógiák használatával*. Az analóg feladat – a tanulók mindennapi gyakorlatából vett feladat – legyen olyan, amelynek megoldási módszere megfeleltethető egy kémiai számítás megoldási módszerének. Néhány példa a mindennapi életből vett analógiára és az annak megfeleltethető kémiai számításra:

Feladat (analógia): Egy osztályban 10 fiú és 16 lány tanul. Az osztálynak 2 lányból és 1 fiúból álló csapatokat kell kiállítani egy versenyre. Hány csapatot tud indítani az osztály?

Feladat (kémiai): Hány mol szén-dioxid keletkezhet, ha $20,0$ mol szén-monoxidot $6,00$ mol oxigénnel reagáltatunk a következő reakcióegyenlet szerint: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$?

Megoldás: A fenti példák a sztöchiometriai számítások alkalmával a „meghatározó reagens” fogalmának tanításához használhatók (részletesebben lásd a 3.4. alfejezetben). Amiképpen a 8 csapatra elegendő lányok (és nem a 10 csapat alakításához elégséges fiúk) száma szabja meg a kiállítható csapatok számát, úgy a kémiai jellegű feladatban sem a szén-monoxid lesz a meghatározó reagens, hiszen nem áll rendelkezésre az összes CO elreagálásához elegendő (10 mol) oxigén. A 6 mol oxigénnel csak 12 mol CO reagál, ezért 12 mol CO_2 keletkezik.

Feladat (analógia): Egy tanulónak 15 darab pénzérme van a pénztárcájában. Saját bevallása szerint csak tíz- és húszforintos érméi vannak, összesen 200 Ft értékben. Hány tíz- és hány húszforintos érmeje van a tanulónak?

Feladat (kémiai): Egy szén-monoxidból és szén-dioxidból álló gázelegy $20,0$ móljában összesen $35,0$ mól oxigénatom van. Hány mól szén-monoxidot és hány mól szén-dioxidot tartalmaz a gázelegy?

Megoldás: Mindkét feladat megoldható például egy-egy kétismeretlenes egyenletrendszer felírásával:

$x + y = 15$ és $10x + 20y = 200$ ($x = 10$ és $y = 5$); valamint $x + y = 20$ és $x + 2y = 35$ ($x = 5$ és $y = 15$). (Természetesen más megoldási stratégia is választható, például mindkét feladat esetében használható az ún. „fej-láb” módszer is (részletesebben lásd a 4.1. alfejezet). E gondolatmenet szerint, ha mind a 15 érme tízforintos volna, akkor 150 Ft-já lenne a tanulónak. Egy húszforintos érme értéke 10 Ft-tal több, mint egy tízforintosé. Mivel a tanulónak 50 Ft-tal van többje, mint 150 Ft, ez 5 db húszforintos érmét jelent. Hasonlóképpen, ha a mind a 20 mól gáz CO volna, akkor benne 20 mól oxigénatom lenne. 1 mól CO_2 -ban 1 mól oxigénatommal van több, mint 1 mól CO-ban. Tehát a 20 mólnál 15 móllal több a 35 mól oxigénatom és ez 15 mól CO_2 jelenlétét feltételezi.)

A mindennapi életből vett analógiák alkalmazásának elvére további példákat a 3.5. alfejezetben is bemutatunk.

3.5. A tanulók előzetes tudására építés elve

A kémiai feladatok megoldása általában néhány, jól megfogalmazható megoldási stratégiára vezethető vissza. Ezek között gyakran olyanok is szerepelnek, amelyeket más kontextusban (másik tantárgyban vagy a hétköznapi gyakorlatban) már ismer, használ a tanuló. A feladatmegoldások tanításának egyik fontos alapelve ezekre az előzetes stratégiákra való építés²¹². Először hagyjuk a tanulót gondolkodni, hadd formálja ki saját (jó vagy rossz) megoldási stratégiáját, ne erőltessük rá egyik vagy másik számunkra legjobb, számára viszont idegen megoldási módszerünket. (Ha a tanuló magára hagyva végképp nem boldogul a feladattal, akkor viszont lehetőség szerint mutassunk meg neki többféle stratégiát is, hogy ki tudja választani közülük azt, amelyik az előzetes tudása alapján a legkönnyebben megérthető és elsajátítható.)

A tanulók előzetes tudására építés elve egyszerre jelenti a feladathoz kapcsolódó kémiai vagy egyéb ismeretekre (lásd például az egyszerű gáztörvények megalkotását az 7.3. alfejezetben), valamint a tanulók már meglévő sémáira való építkezést. Ezek a kezdeti sémák többnyire a próbálgatáson alapulnak. A *próbálgatás* eredményes lehet, ha a változók száma kevés (egy vagy kettő) és értékük egész szám.

A tanulók előzetes tudásából kiinduló tanítás *lépései* tehát a következők:

1. A tanulók előzetes (általában kis hatékonyságú) megoldási stratégiáinak feltárása.
2. A tanulók megoldási stratégiáinak továbbfejlesztése nagyobb hatékonyságú megoldási stratégiává.
3. További megoldási stratégiák keresése, a már megtanult megoldási módszerek ütköztetése más megoldási módszerekkel.

A tanulók előzetes megoldási stratégiáit csak olyan tudásterülethez kapcsolódó feladatokkal lehet feltárni, amellyel a tanuló már rendelkezik. Néhány esetben egyszerű kémiai problémákat, más esetekben a tanuló mindennapi életével kapcsolatos analóg feladatokat használhatunk erre a célra (lásd a 3.4. alfejezet). Az értékelés során ki kell gyűjtenünk az előforduló megoldási stratégiákat, függetlenül attól, hogy azok jók vagy rosszak. Célszerű az egyes stratégiák eredményességét is vizsgálni. Különös gondot kell fordítani a tipikus hibákra, a megoldás során felbukkanó tévképzetekre. A tanulók előzetes megoldási stratégiáinak feltárása és értékelése után beszéljük meg ezeket a tanulókkal (az osztállyal) is. Mutassunk rá, hogy a jó megoldási stratégiák hogyan használhatók egyszerű kémiai feladatok esetén. (Különösen fontos ez akkor, ha a feltárást nem kémiai feladatokkal végeztük.) Térjünk ki a hibás megoldási stratégiák és a felbukkant tévképzetek elemzésére is. (A hibás megoldási stratégiák és a tévképzetek feldolgozásának hatékony módszere lehet a kooperatív tanulás, ha a csoportmunkát lezáró frontális órarészletben gondoskodunk az összes tévképzet korrekciójáról.) A helyes tanulói stratégiák adaptivitásának bemutatása után a feladatok megfelelő variálásával érhetjük el, hogy a tanulóknál kialakuljon egy új, a sajátjuknál nagyobb hatékonyságú megoldási módszer iránti igény. Ha lehet, az új megoldási módszerre próbáljuk rávezetni a tanulókat, amennyiben ez nem sikerül, csak akkor ismertessük mi. Az új megoldási stratégia megismerése után megfelelő feladatokon keresztül bizonyítsuk annak adaptivitását. Ezt követően a feladatok megfelelő variálásával próbáljuk meg elérni egy újabb megoldási stratégia iránti igényt. Az újabb megoldási módszer megismerése, adaptivitásának bizonyítása után tekintsük át az összes megismert megoldási módszert néhány jól megválasztott feladat megoldásán keresztül, mutassuk be használhatóságukat, egymást kiegészítő voltukat. Tanításunk akkor tekinthető sikeresnek, ha a tanulók a feladat jellegének megfelelően tudják változtatni megoldási módszerüket. A stratégiahasználatban is megfigyelhető a kezdők és a szakértők közötti különbség. A kezdők többnyire csak egy megoldási módszert ismernek, és

²¹² Tóth Z. (2002): Tanulói stratégiákon alapuló feladatmegoldás kémiaórán. In: Módszerek és Eljárások, 12. (szerk.: Tóth Z.), DE TTK Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 106-122.

annak felhasználásával akarják megoldani az adott problémakör valamennyi feladatát. Ezzel szemben a szakértők több megoldási módszert ismernek, és ki tudják választani, hogy az adott feladat megoldására melyik módszer a legalkalmasabb. Sajnos e folyamat teljes végig vitelére leginkább csak az érettségire felkészítő képzésben marad elegendő idő.

Példaként tekintsük az ún. *meghatározó reagens* kiválasztásával kapcsolatos kémiai feladatokat²¹³! Amennyiben az egyirányú reakcióban résztvevő anyagok a sztöchiometrikustól eltérő arányban vannak jelen, akkor mindig lesz legalább egy olyan anyag, amely teljes mértékben átalakul. Ezt az anyagot nevezzük meghatározó reagensnek, mivel a sztöchiometriai számításokat csak ennek az anyagnak a mennyisége alapján végezhetjük el.

A meghatározó reagens kiválasztására négyféle eljárást ismerünk:

1. a tényleges anyagmennyiség-arány összehasonlítása a sztöchiometriai aránnyal;
2. a feltételezéssel történő kiválasztás;
3. kiválasztás az összes lehetőség figyelembevételével;
4. a redukált anyagmennyiség alapján történő kiválasztás.

Az első három módszer jól használható két anyag reakciója esetén, kettőnél több reagens esetén viszont a redukált anyagmennyiségek alapján lehet a legegyszerűbben és leggyorsabban megtalálni a meghatározó reagenst.

A tanulók előzetes stratégiáit a következő analóg feladatokon keresztül tárhatjuk fel.

Feladat: Egy osztályban 10 fiú és 16 lány tanul. Az osztálynak 2 lányból és 1 fiúból álló csapatokat kell kiállítani egy versenyre. Hány csapatot tud indítani az osztály?

- a) Ezt a feladatot a [3.4. alfejezetben](#) már az összes lehetőség számbavételével megoldottuk. (10 fiúból 10 csapat, 16 lányból viszont csak **8 csapat** állítható ki.)
- b) Összehasonlíthatjuk azonban a két arányt is: 1 fiúra egy csapatban 2 lány jut, de az osztályban csak 1,6. Ezért a lányok száma határozza meg a csapatok számát.
- c) Feltételezéssel élhetünk, hogy annyi csapat lesz, ahány fiú van, azaz 10 db. Ehhez azonban 20 lány kellene, ami nem áll rendelkezésre, tehát a lányok száma a döntő.

Feladat: Mikuláscsomagokat kell összeállítanod. Egy csomaghoz a következőkre van szükség: 1 db mikulászacsó, 1 db csoki mikulás, 5 db zselés szaloncukor, 5 db kókuszos szaloncukor, 10 szem mogoró, 1 db narancs, 3 szál virgács. Rendelkezésre áll: 10 db mikulászacsó, 8 db csoki mikulás, 30 db zselés szaloncukor, 34 db kókuszos szaloncukor, 58 szem mogoró, 9 db narancs és 16 szál virgács. Hány mikuláscsomagot tudsz összeállítani?

Megoldás: A „redukált anyagmennyiség” eljárás analógiájára az egyes tárgyakból rendelkezésre álló darabszámokat végig osztva az egy mikuláscsomaghoz szükséges darabszámokkal a következő arányokat kapjuk: $(10/1):(8/1):(30/5):(34/5):(58/10):(9/1):(16/3) = 10:8:6:6,8:5,8:9:5$. A legkisebb értékeket a mogorók és a virgácsok esetében kaptuk. Tehát az 58 szem mogoró és a 16 szál virgács miatt csak **5 mikuláscsomag** készíthető.

A megoldási stratégiák felmérése után a következő kémiai példákon fejleszthetjük, gyakoroltathatjuk a meghatározó reagens kiválasztását:

Feladat: Hány mol szén-dioxid keletkezhet, ha 20,0 mol szén-monoxidot 6,00 mol oxigénnel reagáltatunk a következő reakcióegyenlet szerint: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$?

Megoldás: 12 mol. (Az összes megoldási lehetőséget figyelembe vevő stratégiát lásd a [3.4. alfejezetben](#).)

Feladat: 12 mol alumínium és 15 mol klórgáz reakciójában hány mol alumínium-klorid képződhet a következő reakcióegyenlet szerint: $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3$?

Megoldás: A két arány összehasonlításával: $12:15 = 1,25$ és $2:3 = 1,5$. Tehát a klór a meghatározó reagens, mert kevesebb van belőle a valóságban, mint az egyenlet kívánná. Ezért csak 10 mol Al reagálhat és **10 mol** AlCl_3 képződhet.

²¹³ Tóth Z. (1999): A meghatározó reagens. Módszertani Lapok – Kémia, **6**, 1-6.

Tóth Z., Radnóti K. (2009): Elsőéves BSc-hallgatók sikeressége egy meghatározó reagenssel kapcsolatos számítási feladat megoldásában. Középiskolai Kémiai Lapok, **36**, 375-390.

Feladat: Hány g víz keletkezhet, ha 2,0 g hidrogéngázt 32,0 g oxigéngázzal reagáltatunk a következő reakcióegyenlet szerint: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$?

Megoldás: Ha feltételezzük, hogy a nagyobb tömegű oxigéngáz a meghatározó reagens, akkor az egyenlet kiderül, hogy 32,0 g oxigéngáz 1 mol, ami 2 mol, azaz 4,0 g hidrogéngázzal reagál. Ennyi nem áll rendelkezésre, csak a fele (2,00 g, 1 mol), amiből pont 1 mol (**18 g**) víz keletkezik.

Feladat: 3,00-3,00 mol KOH-ot, Cr_2O_3 -ot és KNO_3 -ot mérünk ki és összekeverve olvadásig hevítjük. Ekkor a következő egyenlet szerinti reakció megy végbe: $4 \text{KOH} + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3 \text{KNO}_3 = 2 \text{K}_2\text{CrO}_4 + 3 \text{KNO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Hány mól vízgőz távozik el a reakció közben?

Megoldás: A redukált anyagmennyiségek $(\frac{3}{4}):(\frac{3}{1}):(\frac{3}{3}) = 0,75:3:1$ alapján a meghatározó reagens a KOH. A 3 mol KOH-ból pedig fele annyi mol (**1,5 mol**) vízgőz távozik.

Feladat: 100-100 g tömegű KOH-ot, MnO_2 -ot és KNO_3 -ot összekeverve olvadásig hevítjük. Ekkor a következő egyenlet szerinti reakció megy végbe: $2 \text{KOH} + \text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Hány g KNO_2 képződik?

Megoldás: A redukált anyagmennyiségek $(1,79/2):(1,15/1):(101/100) = 0,90:1,15:10,1$ alapján a meghatározó reagens itt is a KOH. Fele annyi mol KNO_2 keletkezik (0,45 mol, azaz **39,4 g**).

Az előzőekben bemutatott feladatok megoldása során tapasztalni fogjuk a kontextus fontosságát. A tanulók többsége sikeresen oldja meg a hétköznapi problémát, viszont a legegyszerűbb, kémiai kontextusban megjelenő feladattal sem tud megbirkózni. Ilyenkor kell a tanári segítség. Mutassuk meg, hogy az a stratégia – noha többnyire csak próbálgatásról van szó –, ami jól működött a mindennapi probléma megoldása során, hogyan használható a kémiai feladat megoldására! Majd az adatok variálásával, a feladat nehezítésével próbáljuk kialakítani a tanulóknál az igényt valami jobb, nagyobb hatékonyságú stratégia iránt! És csak ez után vezessük rá őket – végső esetben mutassuk meg – valamelyiket a lehetséges megoldási algoritmusok közül! Figyeljünk a következő tévképzetekre is (részletesebben lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái):

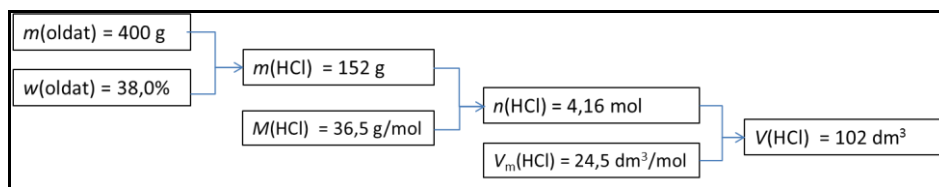
- "Több kiindulási anyag esetén a termék mennyiségét a reakcióegyenletben előrébb álló reaktáns mennyiségéből lehet kiszámolni."
- "Mivel a kémiai átalakulásokra is igaz a tömegmegmaradás törvénye, ezért a termék tömegét minden esetben megkaphatjuk, ha összeadjuk a kiindulási anyagok tömegét."
- "A kémiai reakció során a kiindulási anyagok anyagmennyisége mindig megegyezik a termékek anyagmennyiségével."

3.6. A változatosság elve

A változatosság elve egyrészt azt jelenti, hogy egy adott megoldási stratégiát (pl. a próbálgatást), általános elv (pl. a tömegmegmaradás elve) használatát különböző típusú feladatok esetén gyakoroltatunk, másrészt azt is jelenti, hogy egy adott feladatnak megkeressük különböző megoldási variánsait. Ezzel is oldhatjuk a feladatmegoldás monotonitását, csökkenthetjük egy-egy megoldási algoritmus bemagolásának, mechanikus alkalmazásának veszélyét.

A 3. és 4. ábrán bemutatott megoldási háló segítségünkre lehet abban is, hogy a feladat kiindulási adatainak változtatásával – ugyanazon feladattípusból – különböző feladatokat készíthessünk. A megoldási séma „végpontjai” közül bármelyikre rákérdezhetünk, amennyiben a többinek az értékét megadjuk. Például variánsok a korábban már tárgyalt feladatra (5. ábra):

Feladat: Hány dm^3 25 °C -os és standard nyomású HCl-gázt kell vízben elnyelelni, ha 400 g $w = 38,0$ %-os sósavat akarunk előállítani?



5. ábra. A többféle feladat szerkesztéséhez is használható megoldási háló.

A fentivel azonos szerkezetű megoldási háló segítségével az alábbi feladatok szerkeszthetők:

Feladat: Hány g $w = 20,0\%$ töménységű sósav készíthető 250 dm^3 25°C -os és standard nyomású HCl-gáz vízben való oldásával?

Megoldás: 1860 g.

Feladat: Hány tömegszázalékos sósavat kapunk, ha 150 dm^3 25°C -os és standard nyomású HCl-gázból 500 g oldatot készítünk?

Megoldás: $w = 44,7\%$.

Feladat: Adott hőmérsékleten és nyomáson mennyi a HCl-gáz moláris térfogata, ha 200 dm^3 -éből 600 g $w = 40,0\%$ sósav készíthető?

Megoldás: $V_m = 30,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$.

Feladat: Mennyi annak a gáznak a moláris tömege, amelynek 25°C -os és standard nyomású 219 dm^3 -éből 400 g, $w = 38,0\%$ oldat készíthető?

Megoldás: $M = 17 \text{ g/mol}$.

4. Hasznos tanácsok a számolási feladatok megoldásához

4.1. Képlettel és/vagy következtetéssel?

Mint a fentebbiekben láttuk, a kémiai számítások során gyakran találkozunk egyenes arányossággal. Az *egyenest* arányosságon alapuló egyszerű számítások kétféleképpen is elvégezhetők. Vagy képlettel számolunk, vagy pedig következtetéssel (lásd a [3.1. alfejezet](#)). A képlettel való számolás nehézsége, hogy ismerni kell hozzá a képletet, és azon kell matematikai átalakításokat végezni. A következtetéssel történő számításoknál egy intenzív mennyiséget (pl. moláris tömeget, koncentrációt) két extenzív mennyiségre kell felbontani (lásd az [5.4. alfejezet](#)). A két eljárás összehasonlítására nézzünk egy konkrét példát!

Feladat: Mekkora a tömege $5,00 \text{ mol}$ víznek? ($M = 18,0 \text{ g/mol}$)

Megoldás:

a) A *képlettel* történő számítás lépései:

1. Felírjuk a tömeg és az anyagmennyiség közötti kapcsolatot leíró képletet: $M = m/n$.
2. A képlet megfelelő átalakításával kifejezzük a keresett mennyiséget: $m = n \times M$.
3. Azonosítjuk a feladatban szereplő adatokat és a keresett mennyiséget a megfelelő jelekkel:
 $n = 5,00 \text{ mol}$, $M = 18,0 \text{ g/mol}$. Keressük a tömeget (m).
4. Helyettesítsünk be a képletbe! $m = 5,00 \text{ mol} \times 18,0 \text{ g/mol}$.
5. Végezzük el a műveletet! $m = 90,0 \text{ g}$.
6. Válaszoljunk a kérdésre! $5,00 \text{ mol}$ vízmolekula tömege tehát **90,0 g**.

b) A *következtetéssel* történő számítás lépései:

1. Értelmezzük a moláris tömeget két mennyiség kapcsolataként! 1 mol vízmolekula tömege $18,0 \text{ g}$.
2. Írjuk fel az ismert és az ismeretlen mennyiségek közötti egyenes arányosságot!
Ha $1,00 \text{ mol}$ víz tömege $18,0 \text{ g}$,
akkor $5,00 \text{ mol}$ víz tömege $x \text{ g}$.
3. Írjuk fel az egyenes arányosságot matematikai egyenlet formájában!
 $18,0 \text{ g} / 1,00 \text{ mol} = x \text{ g} / 5,00 \text{ mol}$.
4. Oldjuk meg az egyenletet! $x = 90,0$.
5. Válaszoljunk a kérdésre! $5,00 \text{ mol}$ vízmolekula tömege tehát **90,0 g**.

Mindkét számítási mód helyes, mindkettőt célszerű tanítani. Összetett feladatok esetén a két módszer kombinációjával juthatunk el a számos esetben a legegyszerűbb megoldást adó ún. *hármasszabály*hoz. Egy példa a hármasszabály alkalmazására:

Feladat: Hány darab nátriumionot tartalmaz 1,00 kg nátrium-oxid?		
Megoldás:	Na_2O	$\rightarrow$ 2 Na^+
Az adatok alapján:	1000 g	x
A szimbólumok mennyiségi jelentése alapján:	62 g	$2 \times 6 \times 10^{23}$
Az egyenes arányosság alapján felírható egyenlet megoldásából $x = 1,94 \times 10^{25}$ db.		

4.2. A kiindulási adatok sajátosságai

Korábban már utaltunk rá, hogy a kémiai számítások – többnyire – olyan lépések sorozatából állnak, amelyekben két mennyiségből egy harmadikat számolunk. A két mennyiség közül legalább az egyik általában extenzív mennyiség (tömeg, térfogat, anyagmennyiség, részecskeszám, energia, töltés stb.).

Gyakran előfordul azonban, hogy a feladat kiindulási adatai *csak intenzív mennyiségeket* (koncentráció, sűrűség, moláris mennyiségek, hőmérséklet, nyomás stb.) tartalmaz. Ilyen esetben egy extenzív mennyiséget önkényesen megválaszthatunk, vagy – másként fogalmazva – egy intenzív mennyiséget felbonthatunk két extenzív mennyiség kapcsolatára. Ilyen esettel gyakran találkozunk a koncentráció-átszámításoknál, mint az már a fentebbiekben is szerepelt a 3.1. alfejezet egyik egy mintafeladatában. Egy másik példa az alábbiakban látható:

Feladat: Mekkora a koncentrációja mol/dm^3 egységekben a $w = 14,0\%$ -os CuSO_4 -oldatnak, ha sűrűsége $1,154 \text{ g/cm}^3$?

Megoldás: (A rejtett adatokat itt és a következő példákban kerek zárójelben tüntetjük föl.)

	CuSO_4	+	víz	$\rightarrow$	oldat
w (%)					14,0
ρ			$(1,00 \text{ g/cm}^3)$		$1,154 \text{ g/cm}^3$
M	$(159,5 \text{ g/mol})$		$(18,0 \text{ g/mol})$		
c (mol/dm^3)					?

Mivel a kiindulási adatok csak intenzív mennyiségek, ezért egy extenzív mennyiséget önkényesen megválaszthatunk, azaz egy intenzív mennyiséget felbonthatunk két extenzív mennyiségre. Elvileg bármelyik lehet, de – esetünkben – legcélravezetőbb az oldat tömegszázalékos összetételét felbontani: Legyen 100 g oldat, és abban van $14,0 \text{ g}$ CuSO_4 !

	CuSO_4	+	víz	$\rightarrow$	oldat
w (%)					14,0
ρ			$(1,00 \text{ g/cm}^3)$		$1,154 \text{ g/cm}^3$
M	$159,5 \text{ g/mol}$		$(18,0 \text{ g/mol})$		
c (mol/dm^3)					?
m	$14,0 \text{ g}$				100 g

Így az oldat tömegéből és sűrűségéből térfogatot, a CuSO_4 tömegéből és moláris tömegéből anyagmennyiséget tudunk számolni. A CuSO_4 anyagmennyiségéből és az oldat térfogatából pedig megkapjuk az oldat anyagmennyiség-koncentrációját ($c = 1,01 \text{ mol/dm}^3$).

Előfordul, hogy a kiindulási adatok az intenzív mennyiségeken kívül egy extenzív mennyiséget tartalmaznak, de ez a mennyiség nem „kompatibilis” egyik intenzív mennyiséggel sem. Azaz az extenzív mennyiséghez nincs olyan intenzív mennyiségünk, amely segítségével újabb extenzív mennyiséget számolhatnánk (nevezzük ezt „nem jó helyen lévő extenzív mennyiség”-nek). Ilyenkor vagy ismeretlent vezetünk be, vagy *átfogalmazzuk a feladatot*. Ez az átfogalmazás azt jelenti, hogy – átmenetileg – kivesszük a kiindulási adatok közül az extenzív mennyiséget, és helyette egy olyan extenzív mennyiséget választunk önkényesen, amelynek segítségével elindulhat

a számítás. Majd a számítás végén hozzuk vissza az eredeti extenzív mennyiséget, és – egy egyenes arányosság felírásával – számítjuk ki a végeredményt. Íme, egy példa:

Feladat: Hány g nátrium-hidroxid szükséges 200 g 3,00 anyagmennyiség-százalékos ($x = 3,00\%$) nátrium-hidroxid-oldat készítéséhez?

	NaOH	+	víz	→	oldat
x (%)					3,00
m	?				200 g
M	(40,0 g/mol)		(18,0 g/mol)		

Van egy extenzív mennyiség (az oldat tömege), de az nem kompatibilis sem az anyagmennyiség-százalékkal, sem a moláris tömegekkel. Egyelőre tegyük félre ezt a mennyiséget (az alábbiakban ezt úgy jelöljük, hogy az adatot szögletes zárójelbe tesszük), és válasszuk meg az oldat anyagmennyiségét – célszerűen – 100 mólnak! Azaz, számoljuk ki, hogy hány gramm NaOH szükséges 100 mól oldat készítéséhez!

	NaOH	+	víz	→	oldat
x (%)					3,00
m	?				[200 g]
M	(40,0 g/mol)		(18,0 g/mol)		
n	3,00 mol	97,0 mol	100 mol		

Így elindulva ki tudjuk számítani a 100 mól oldat készítéséhez szükséges NaOH tömegét (120 g), a víz tömegét (1746 g), illetve a 100 mól oldat tömegét is (1866 g). Eztán térünk vissza az eredeti oldattömeghez:

Ha	1866 g oldat készítéséhez	120 g NaOH szükséges,
akkor	200 g oldat készítéséhez	m g NaOH-ra van szükség

Az ebből az egyenes arányosságból felírható egyenlet megoldása megadja a keresett NaOH-tömeget (**12,9 g**).

4.3. Stratégiaváltás provokálása a kiindulási adatok változtatásával

A megoldási módszerek tanítása – a feladatmegoldáshoz szükséges kognitív sémák kialakítása – gyakran igényli azt, hogy a tanulók egy adott feladattípusnak ne csak egyféle megoldását ismerjék, hanem legalább kétfélét. Egy másik – nagyobb teljesítményű, vagy bizonyos feladatok esetén könnyebben alkalmazható – stratégia iránti igény provokálása a *kognitív konfliktus* módszerével lehetséges. Ez azt jelenti, hogy – a feladat kiindulási adatainak változtatásával – olyan feladatokkal szembesítjük a tanulót, amelyeket az addig használt stratégiájával nem – vagy legalábbis nagyon nehezen – tud megoldani. Így – jó eséllyel – belátja, hogy a sikeres feladatmegoldáshoz szükséges egy másik megoldási stratégia ismerete is. Példaként nézzük az oldatok hígításával, töményítésével, kristályosítással kapcsolatos feladatokat!

Feladat: Hány g KNO_3 kristályosodik ki, ha 300 g 80 °C-on telített oldatot 20 °C-ra hűtünk? 100 g víz 20 °C-on 31,6 g, 80 °C-on 169 g sót old.

Ezeknek a feladatoknak alapvetően a következő négyféle megoldási módszere ismert:

- logikai út;
- keverési egyenlet;
- mérlegmódszer;
- tömegbővítéssel eljárás.

a) A *logikai utat* akkor célszerű használni, ha (1) van az oldatnak olyan komponense, amelynek a tömege a folyamat során nem változik meg; (2) ezt a tömeget a kiindulási adatokból ki tudjuk számítani. Jelen esetben az oldatban lévő víz tömege nem fog változni, tehát erre építhetjük a megoldásunkat.

Az adatok rendszerezett kigyűjtése:					
	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	KNO ₃
<i>m</i> :	300 g				?
oldhatóság:	169 g só / 100 g víz		31,6 g só / 100 g víz		
A 80 °C-on telített oldatban lévő víz tömegének kiszámítása:					
(169 + 100) g oldatban van 100 g víz					
300 g oldatban van x g víz					
innen: $x = 111,5$ – azaz a víz tömege: 111,5 g.					
Ugyanennyi víz van a 20 °C-os oldatban is.					
A 20 °C-os oldat tömegének kiszámítása:					
100 g víz van (31,6 + 100) g oldatban					
111,5 g víz van y g oldatban					
innen: $y = 146,8$ – azaz az oldat tömege: 146,8 g.					
A kivált só tömege egyenlő a két oldat tömegkülönbségével: $300 \text{ g} - 146,8 \text{ g} = \mathbf{153 \text{ g}}$.					

b) A *keverési egyenlet* használatához tömeg- és tömegszázalék-értékekre van szükségünk:

Az adatok rendszerezett kigyűjtése és az ismeretlen elhelyezése:					
	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	KNO ₃
<i>m</i> :	300 g				<i>x</i> g
oldhatóság:	169 g só / 100 g víz		31,6 g só / 100 g víz		
Az oldhatósági adatokból a tömegszázalékok kiszámítása és beírása a táblázatba:					
	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	KNO ₃
<i>m</i> :	300 g		(300 – <i>x</i>) g		<i>x</i> g
oldhatóság:	169 g só / 100 g víz		31,6 g só / 100 g víz		
<i>w</i> (KNO ₃):	62,83%		24,01%		100%
A keverési egyenlet felírása:					
300 × 62,83	=	(300 – <i>x</i>) × 24,01	+	<i>x</i> × 100	
Az egyenlet megoldása: <i>x</i> = 153, tehát 153 g só kristályosodik ki.					

c) A *mérlegmódszer* esetén az egyik alkotó tömegére felírt tömegmérleg-egyenletet kell megoldanunk:

Az adatok rendszerezett kigyűjtése és az ismeretlen elhelyezése:					
	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	KNO ₃
<i>m</i> :	300 g				<i>x</i> g
oldhatóság:	169 g só / 100 g víz		31,6 g só / 100 g víz		
A sóra vonatkozó tömeghányad megadása:					
	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	KNO ₃
<i>m</i> :	300 g		(300 – <i>x</i>) g		<i>x</i> g
oldhatóság:	169 g só / 100 g víz		31,6 g só / 100 g víz		
<i>w</i> (KNO ₃):	169 g / 269 g		31,6 g / 131,6 g		1
A tömeg és a tömeghányad szorzataként a só tömegének kifejezése és a tömegmérleg-egyenlet felírása:					
$300 \text{ g} \times 169 \text{ g} / 269 \text{ g} = (300 - x) \text{ g} \times 31,6 \text{ g} / 131,6 \text{ g} + x \text{ g}$					
Az egyenlet megoldása: $x = 153$, tehát 153 g só kristályosodik ki.					

d) A *tömegbővítéses eljárás* során azt vizsgáljuk, hogy valamelyik kiindulási oldatnak hogyan változik a tömege, valamint a benne oldott anyag tömege a hígítás vagy a töményítés során:

A kiindulási oldat tömege: 300 g,		
a benne oldott só tömege: $300 \times 169 \text{ g} / 269 \text{ g}$.		
A kivált só (x g) mind az oldat, mind az oldott anyag tömegét csökkenti x g-mal.		
A kapott (20 °C-os) oldat tömege: $(300 - x) \text{ g}$,		
a benne oldott só tömege: $(300 \times 169 / 269 - x) \text{ g}$		
Másrészt, az oldhatóság alapján:	131,6 g oldatban oldott só tömege:	31,6 g

	$(300 - x)$ g oldatban oldott só tömege: $(300 \times 169/269 - x)$ g
Az egyenes arányosság alapján:	$131,6 \times (300 \times 169/269 - x) = 31,6 \times (300 - x)$
A megoldás:	$x = 153$, tehát 153 g só kristályosodik ki.

A következőkben röviden azt vizsgáljuk meg, hogyan célszerű a feladatmegoldás kezdeti fázisában nagyon fontos logikai út mellé megtanítani valamelyik algoritmust, pl. a keverési egyenletet (lásd még a [3.4. alfejezetben](#)).

Feladat: Hány g 80 °C-on telített KNO₃-oldatot kell 20 °C-ra hűteni, hogy 50,0 g só kristályosodjon ki? 100 g víz 20 °C-on 31,6 g, 80 °C-on 169 g sót old.

	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	KNO ₃
<i>m</i> :	?				50,0 g
oldhatóság:	169 g só / 100 g víz		31,6 g só / 100 g víz		
Megoldás: Ebben az esetben sem változik meg a víz tömege, de ezt a tömeget a kiindulási adatokból nem tudjuk kiszámítani. A csak a logikai utat ismerő tanulók egy része itt megakad, és belátja, hogy érdemes egy másik módszert, pl. a keverési egyenletet megtanulni (lásd a 3.2. és a 3.4. alfejezetekben). A feladat megoldása a keverési egyenlettel ($m_1 \times w_1 = m_2 \times w_2 + m_3 \times w_3$) a következő:					

	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	KNO ₃
<i>m</i> :	m_1		$m_2 = (m_1 - 50,0)$ g		$m_3 = 50,0$ g oldhatóság:
	169 g só / 100 g víz		31,6 g só / 100 g víz		
<i>w</i> (%)	$w_1 = 62,83$		$w_2 = 24,01$		$w_3 = 100$

A keverési egyenlet: $62,83x = 24,01 \times (m_1 - 50,0) + 100 \times 50,0$
innen $x = 97,9$, tehát **97,9 g** melegen telített oldatot kell lehűteni.

Azok a tanulók viszont, akik ismerik a nem jó helyen lévő extenzív mennyiség esetén használható eljárást – a feladat átfogalmazását, továbbra is használhatják a logikai utat. Átmenetileg „felejtsük el” a kivált KNO₃ tömegét, és válasszuk meg – célszerűen – a melegen telített oldat tömegét: legyen 100 g! Innentől kezdve a feladat megoldása hasonló az előző feladathoz. Ki tudjuk számítani a 100 g oldatban lévő víz tömegét (37,17 g). Ugyanennyi víz van a hidegen telített oldatban is. Ebből az oldat tömege számítható: 48,92 g. A két oldat tömegének különbsége (51,08 g) megadja a 100 g oldat lehűtésekor kiváló KNO₃ tömegét. Ha 100 g oldat esetén 51,08 g só válik ki, akkor mennyi oldatot kell lehűteni, hogy 50,0 g só váljon ki? Az eredmény: **97,9 g**.

Feladat: Hány g CuSO₄•5H₂O kristályosodik ki, ha 500 g 80 °C-on telített CuSO₄-oldatot 20 °C-ra lehűtünk? 100 g víz 20 °C-on 20,7 g, 80 °C-on 53,6 g CuSO₄-ot old.

	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	CuSO ₄ •5H ₂ O
<i>m</i> :	500				?
oldhatóság:	53,6 g CuSO ₄ / 100 g víz		20,7 g CuSO ₄ / 100 g víz		
Megoldás: Ebben a folyamatban – mivel kristályvizes só válik ki – mind az oldott anyag, mind az oldószer tömege megváltozik, tehát a logikai út nem könnyen használható. Viszonylag könnyű a megoldás a keverési egyenlettel, ha a kristályvizes só tömegszázalékos réz(II)-szulfát-tartalmát is kiszámoljuk. A kristályos só összetétele tömegtörtben mindig a vízmentes só moláris tömegének és a kristályvizes só moláris tömegének hányadosából számítható ki és természetesen százalékban is megadható:					
$w = \frac{M(\text{vízmentes só})}{M(\text{krist. só})} 100\% = \frac{159,5}{249,5} 100\% = 63,9\%$					
	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	CuSO ₄ •5H ₂ O
<i>m</i> :	$m_1 = 500$ g		$m_2 = (500 - m_3)$ g		m_3 g
oldhatóság:	53,6 g CuSO ₄ / 100 g víz		20,7 g CuSO ₄ / 100 g víz		
<i>w</i> (%)	$w_1 = 34,90$		$w_2 = 17,15$		$w_3 = 63,93$

A keverési egyenlet: $500 \times 34,90 = (500 - m_3) \times 17,15 + 63,93 \times m_3$
innen $m_3 = 190$ g, tehát **190 g** kristályvizes só válik ki.

Persze, ezt a feladatot is meg lehet oldani logikai úton. Azt kell elérni, hogy a három rendszer közül csak kettőben legyen olyan komponens, ami a harmadikban nincs. Nos, ezt úgy tudjuk elérni, ha nem a CuSO₄-ot, hanem a CuSO₄•5H₂O-t tekintjük oldott anyagnak. Ekkor ugyanis teljesül az, hogy a maradék víz tömege a két oldatban azonos lesz. Nézzük a számítást!

	80 °C-os telített oldat	→	20 °C-os telített oldat	+	CuSO ₄ •5H ₂ O
<i>m</i> :	500 g				? g
oldhatóság:	53,6 g CuSO ₄ / 100 g víz		20,7 g CuSO ₄ / 100 g víz		
oldhatóság:	83,84 g CuSO ₄ •5H ₂ O / 69,76 g víz		32,38 g CuSO ₄ •5H ₂ O / 88,32 g víz		

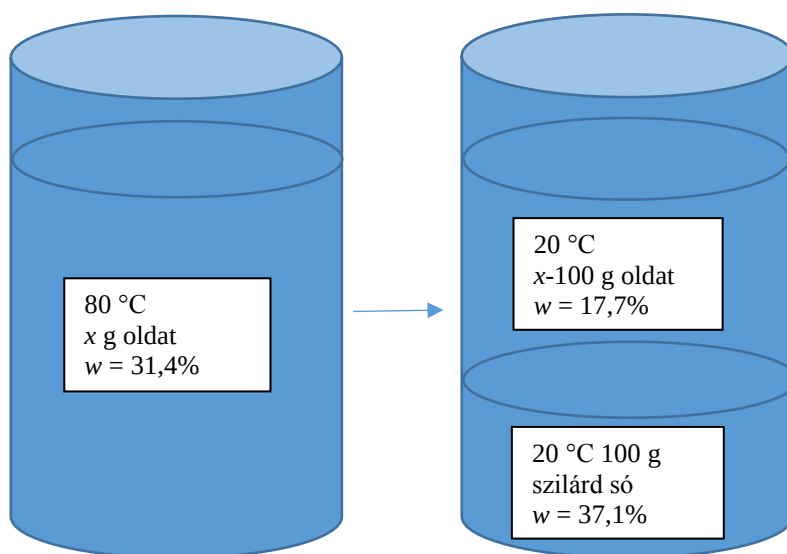
Ezekből az adatokból kiszámíthatjuk az 500 g 80 °C-on telített, CuSO₄•5H₂O-t oldott anyagként tartalmazó oldat szabadvíz-tartalmát, vagyis annak a víznek a tömegét, amely akkor maradna, ha az összes réz(II)-szulfát CuSO₄•5H₂O formájában kiválna az oldatból, a szükséges mennyiségű kristályvizet magába zárva (227,1 g). Ugyanennyi lesz a 20 °C-os telített oldat szabadvíz-tartalma is. A 20 °C-os CuSO₄•5H₂O-ban kifejezett oldhatóságból számítva a 20 °C-os CuSO₄•5H₂O-oldat tömege: 310 g. A két CuSO₄•5H₂O-oldat tömegének különbsége (**190 g**) megadja a kivált kristályvizet sósó tömegét.

A tömegbővítéses eljárás szerint az oldhatóságból kiindulva először meghatározzuk az 500 g 80 °C-os oldatban levő víz és CuSO₄ tömegét (326 g víz + 174 g CuSO₄). Majd feltételezzük, hogy n mol CuSO₄ + $n \times 5$ mol víz válik ki a lehűtésekor, ami 159,5 n g CuSO₄ és 90 n g víz távozását jelenti. Marad tehát (174 g – 159,5 n) g CuSO₄ és (326 – 90 n) g víz. 20 °C-on 100 g víz 20,7 g CuSO₄-ot old. Egyenes arányba állítva n értéke meghatározható és ebből a kivált kristályos réz(II)-szulfát mennyisége is.

A következő feladat megoldása logikai úton annyival nehezebb, hogy a fenti példán már bemutatott oldottanyag-váltáson kívül alkalmazni kell a nem jó helyen lévő extenzív mennyiség esetén használható eljárást is:

Feladat: A nátrium-karbonát telített vizes oldata 20 °C-on $w = 17,7\%$ -os, 80 °C-on $w = 31,4\%$ -os. Hány g 80 °C-on telített oldatot kell készíteni ahhoz, hogy 20 °C-ra hűtve 100 g Na₂CO₃•10H₂O váljon ki?

Megoldás: A feladat megoldásához készíthető a 6. ábrán lévőhöz hasonló egyszerű rajz, aminek a segítségével a keverési egyenlet a kristályos só tömegszázalékban megadott összetételének (37,1%) kiszámítása után könnyen felírható.



6. ábra. Egyszerű rajz a kristályosítási feladat adatainak feltüntetésére.

A keverési egyenlet: $31,4x = 17,7(x - 100) + 37,1 \times 100$. Ebből: $x = 142$ g. Nyilvánvaló, hogy ez a fentebb logikainak nevezett útnál több lépéssel rövidebb megoldás nem csak időmegtakarítást jelent, hanem csökkenti a számolási hibák valószínűségét is.

Ha van olyan tanuló, akit még ez a feladat sem győzött meg arról, hogy a logikai út mellett más megoldási stratégiát sem ártana ismerni, annak adjuk fel a következő egyszerű feladatot!

Feladat: Hány g $w_1 = 40,0\%$ -os oldatot kell adni 300 g $w_2 = 50,0\%$ -os oldathoz, ha $w_3 = 42,0\%$ -os oldatot akarunk előállítani?

Megoldás: Ha a keresett tömeget x -szel jelöljük, a keverési egyenlet most tömegarányokkal és az összes értékes jegyet jelentő nullák mellőzésével felírva:

$$x \times 0,4 + 300 \times 0,5 = (x + 300) \times 0,42$$

Ebből: $x = 1200$, tehát **1200 g** 40,0%-os oldatra van szükség.

Azt gondolhatnánk, hogy ez a feladat nagyon könnyen megoldható a keverési egyenlettel, na de a logikai eljárással biztosan nem. Pedig igen! Tekintsük oldott anyagnak a legtöményebb oldatot! Ezután már csak azt kell belátnunk, hogy a $m_1 = 40,0\%$ -os oldat $m_2 = 50,0\%$ -os oldatra, mint oldott anyagra nézve $m_4 = 80,0\%$ -os...stb. És a feladat könnyedén megoldható... Ez már öncélú szellemi kalandozásnak tűnik, pedig nem az. Ilyen és hasonló problémákkal lehet fejleszteni – és tesztelni – a gondolkodás rugalmasságát.

Másképp kezelhetjük ezt a példát ún. paraméteres feladatként, amikor a $m_1 = 40,0\%$ -os oldat keresett tömegének számértékét valamilyen betűvel jelöljük (jelen esetben ez lehet „ x ” is, mivel úgyszólván azonnal egy egyismeretlenes egyenletet írunk fel) és paraméterként kezeljük, vagyis mint ismert mennyiséggel végezzük el vele a műveleteket. Ekkor a $m_1 = 40,0\%$ -os oldatban $0,4x$ g oldott anyag van, míg a 300 g $m_2 = 50,0\%$ -os oldatban 150 g. A kettő összegét $(0,4x + 150)$ osztva az összes új oldattömegre kapott paraméteres kifejezéssel $(x + 300)$ éppen az új oldat tömegarányát kell kapni $(0,42)$. Így ugyanazt, az x -re egyismeretlenes egyenletet kapjuk meg, mint a keverési egyenlet felírásakor.

4.4. Nem szokványos feladatmegoldási stratégiák

„Fej-láb módszer”

Ezt a szellemes módszert egyismeretlenes egyenlet vagy kétismeretlenes egyenletrendszer helyett használhatjuk. A nevét a következő klasszikus példáról kapta:

Feladat: Egy mezőn embereket és szamarakat látunk. Hány ember és hány szamár van ott, ha az embereknek és a szamaraknak összesen 15 feje és 40 lába van?

1. Megoldás („fej-láb” módszerrel): Ha mind a 15 fej embereké lenne, akkor $15 \times 2 = 30$ lábat látnánk. Azonban 40 láb van, ami ennél tízzel több. Egy szárnak kettővel van több lába, mint egy embernek, tehát a tíz plusz láb $10/2 = 5$ **szamár** jelent. Ebből következik, hogy $15 - 5 = 10$ **ember** van. Ellenőrzés: $10 \times 2 + 5 \times 4 = 40$.

2. a) Megoldás (egyszeres egyenlettel): x számú emberre és $15 - x$ számú szamárra felírható:

$$2x + 4 \times (15 - x) = 40, \text{ amire } x = 10.$$

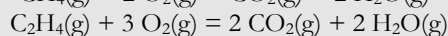
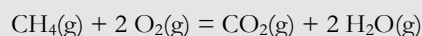
2. b) Megoldás (kétismeretlenes egyenletrendszerrel): x számú emberre és y számú szamárra felírható:

$$x + y = 15 \text{ és } 2x + 4y = 40, \text{ amire } x = 10 \text{ és } y = 5.$$

Példa a stratégia kémiai jellegű számítási feladat megoldása során történő alkalmazására:

Feladat: Metán és etén 25 dm^3 térfogatú elegyének tökéletes elégetéséhez 70 dm^3 azonos állapotú oxigén szükséges. Hány dm^3 metánt és etént tartalmazott a gázelegy?

A megoldáshoz szükségesek az egyenletek:



Továbbá, ismert, hogy mivel azonos állapotú ideális gázokról van szó, a térfogatarányok megegyeznek az anyagmennyiség-arányokkal.

1. Megoldás („fej-láb” módszerrel): Ha mind a 25 dm^3 gáz metán volna, akkor $2 \times 25 = 50 \text{ dm}^3$ oxigén kellene az elégetéséhez. A 70 dm^3 oxigén ettől 20 dm^3 -rel több. 1 mol etén elégetéséhez 1 móllal több oxigén szükséges, mint 1 mol metán elégetéséhez. Tehát a 20 dm^3 -rel több oxigén 20 dm^3 eténnek felel meg. Tehát a gázelegy **20 dm^3 eténből és 5 dm^3 metánból** állt.

2. a) Megoldás (egyszeres egyenlettel): A metán elégetéséhez kétszeres, míg az etén elégetéséhez háromszoros mennyiségű oxigén szükséges. Ha kiinduláskor $x \text{ dm}^3$ volt a metán, akkor $(25 - x) \text{ dm}^3$ volt az etén. Égésük oxigénigénye $[2x + 3 \cdot (25 - x)] \text{ dm}^3$, amiről tudjuk, hogy 70 dm^3 .

$$2x + 75 - 3x = 70; \text{ ekkor } x = 5 \text{ és } 25 - x = 20.$$

2. b) Megoldás (kétismeretlenes egyenletrendszerrel): $x \text{ dm}^3$ metánra és $y \text{ dm}^3$ eténre felírható:

$$x + y = 25 \text{ és } 2x + 3y = 70, \text{ amire } x = 5 \text{ és } y = 20.$$

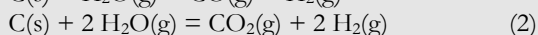
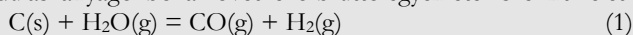
„Mérleg módszer”

Ennek alapja az anyagmegmaradás törvénye, vagyis az, hogy a kémiai reakciók során az adott anyagi minőségű atomok száma zárt rendszerben nem változik. Tekintsük példaként a következő feladatot:

Feladat: Izzó szén és vízgőz reakciójában 1000 °C-on szén-monoxidot, szén-dioxidot, hidrogént és vízgőzt tartalmazó gázelegy keletkezik. Hány térfogatszázalék hidrogént és szén-monoxidot tartalmaz a gázelegy, ha benne 33,4 térfogatszázalék vízgőz és 6,3 térfogatszázalék szén-dioxid található?

1. Megoldás: következtetéssel vagy egyismeretlenes egyenlettel úgy, hogy a gázelegy szén-monoxid-tartalmának térfogatszázalékát x -szel jelöljük.

A kiindulási anyagokból a következő bruttó egyenletek szerint keletkeznek a szén oxidjai:



Ha 6,3% a CO_2 , akkor a (2) reakcióegyenlet alapján kétszer ennyi, tehát a végső összetételt tekintve $2 \times 6,3\% = 12,6\%$ H_2 is keletkezett. H_2 azonban ennél több is van, mert az eddig számba nem vett

$(100 - 33,4 - 6,3 - 12,6)\% = 47,7\%$ összetételéért az (1) reakció a felelős, így annak fele CO , fele pedig H_2 . A szén-monoxid térfogatszázaléka tehát $47,7\% / 2 = 24\%$, míg a hidrogéné $(12,6 + 23,85)\% = 36\%$. (A végeredmények megadásakor figyelembe kell venni, hogy a legkevesbé pontos adat csak két értékes jegyre van megadva!)

Ha egy ismeretlenes egyenletet írunk fel a CO térfogatszázalékának mérőszámát jelölve x -szel, akkor pl.:

$$2x = 100 - 33,4 - 6,3 - 12,6.$$

Megjegyzendő, hogy a fenti feladat megoldásakor elkövetett típushiba szerint a tanulók a fenti két egyenletet egy bruttó egyenletként írják föl. Ez azért hibás, mert ezáltal hallgatólagosan feltételezik, hogy az (1) és a (2) egyenletek által leírt reakciók 1:1 anyagmennyiség-arányban játszódhatnak le, ami egyáltalán nem biztos (sőt nem is valószínű).

2. Megoldás: (anyag)mérleg-módszerrel is meg lehet oldani a feladatot. Ekkor abból indulunk ki, hogy 100 mol gázelegy keletkezik. Az egyik ismeretlennek az izzó szénre fűjt vízgőz anyagmennyiségét vesszük (pl. x mol), a másik ismeretlennek pedig a gázelegy hidrogéntartalmának anyagmennyiségét (pl. y mol). Így felírható egy kétismeretlenes egyenletrendszer úgy, hogy az első egyenlet két oldalán az oxigénatomok anyagmennyiségét a reakciók lejátszódása előtt, illetve után leíró kifejezések vannak, míg a másik egyenletben a hidrogénatomok anyagmennyiségére vonatkozó, reakciók előtti, illetve utáni anyagmennyiségek.

Tehát a reakciók során összességében ez történik $\text{C} + x \text{ mol H}_2\text{O(g)} \rightarrow \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$ (Ez nem reakcióegyenlet!)

Ha a termék elegy 100 mol, és benne 33,4 mol vízgőz és 6,3 mol szén-dioxid található, akkor a CO és az y mol H_2 együtt $100 - 33,4 - 6,3 = 60,3$ mol. Vagyis a CO $(60,3 - y)$ mol. Ekkor az oxigénatomok anyagmennyisége a reakció előtt és után: $x = 2 \times 6,3 + 33,4 + (60,3 - y)$

A hidrogénatomok anyagmennyisége a reakció előtt és után: $2x = 2 \times 33,4 + 2y$

Ebből: $y = 36,45$ és $60,3 - 36,45 = 23,85$. Tehát **36 mol H_2** és **24 mol CO** van a termékelegyben.

Grafikus módszerek

Egyenes arány esetén egy grafikonról könnyűszerrel leolvasható a helyes eredmény, ami egyben szépen szemlélteti is az egyszerű összefüggést a független és függő változó között. Magától értetődő a használata pl. a Gay-Lussac gáztörvények alkalmazásával megoldható feladatok vagy az alábbihoz hasonló, gázelegyekkel kapcsolatos számítások esetében.

Feladat: Metánt és oxigént tartalmazó gázelegyet vizsgálunk.

a) Milyen határok között változhat a különböző összetételű elegyek átlagos moláris tömege?

1. Megoldás (logikai úton):

$$M(\text{CH}_4) = 16,0 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}_2) = 32,0 \text{ g/mol}$$

Az átlagos moláris tömeg csak az összetevők egyedi értékei között lehet:

$$16,0 \text{ g/mol} < M(\text{átl}) < 32,0 \text{ g/mol}$$

b) Milyen összetételű a 24 g/mol átlagos moláris tömegű gázelegy?

Mivel a 24 éppen 16 és 32 számtani közepe, az összetevők azonos mennyiségben vannak jelen, az összetétel **$x = 50\%$ metán és $x = 50\%$ oxigén.**

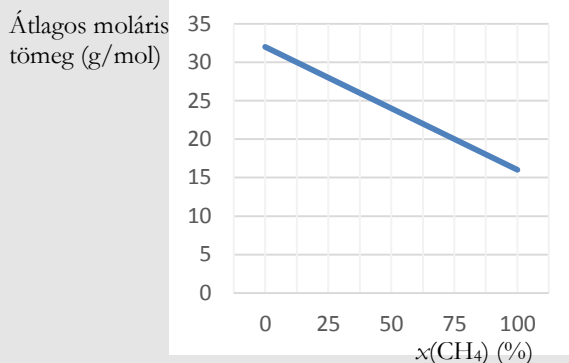
c) Mekkora az átlagos moláris tömeg, ha elegy metántartalma $x = 75\%$?

$$A_r(\text{C}) = 12,0 \quad A_r(\text{O}) = 16,0 \quad A_r(\text{H}) = 1$$

$$x(\text{CH}_4) = 0,75 \text{ és } x(\text{O}_2) = 1 - x(\text{CH}_4) = 0,25$$

$$M(\text{átl}) = x(\text{CH}_4) \times M(\text{CH}_4) + x(\text{O}_2) \times M(\text{O}_2) = (0,75 \times 16 + 0,25 \times 32) \text{ g/mol} = \mathbf{20 \text{ g/mol.}}$$

2. Megoldás: Ilyen esetben a grafikus megoldáshoz szemléletes az átlagos moláris tömeget a metán anyagmennyiség-százalékos arányának függvényében ábrázolni (ld. az alábbi grafikonon). Ha a 0 és a 100% CH_4 -tartalomhoz tartozó 32 és 16 g/mol-os adatokra egyenest illesztünk, akkor a grafikonról leolvasható, hogy 24 g/mol-hoz 50%, tartozik, míg 75%-hoz 20 g/mol.



5. Mennyiségek, mértékegységek^{214,215}

5.1. Mennyiségek

A fizikai és kémiai (továbbá biológiai, orvostudományi, műszaki stb., hiszen használatuk a tudományterületről független) *mennyiség* a jelenségek (állapotok, folyamatok) és fogalmak mérhető tulajdonsága. A mennyiség két független tényező a számérték (mérték) és a mértékegység (egység) szorzata:

$$\text{mennyiség} = \text{számérték} \times \text{mértékegység}$$

Például a

$$V = 50 \text{ m}^3 \quad n = 2,5 \text{ mol}$$

kifejezésekben

a mennyiség (jele)	térfogat (V)	anyagmennyiség (n)
a számérték	50	2,5
a mértékegység jele	m^3	mol

Hét mennyiséget tekintünk jelenlegi ismereteink szerint egymástól dimenzionálisan független *alpmennyiség*nek. Ez azt jelenti, hogy ezekből az ismert természeti törvények (képletek) alapján a többi mennyiség levezethető. Ezek az alpmennyiségek nemzetközi megállapodás alapján a következők: az anyagmennyiség, az elektromos áramerősség, a fényerősség, a hosszúság, az idő, a termodinamikai hőmérséklet és a tömeg. Minden egyéb mennyiséget *származtatott mennyiség*nek nevezünk. Ezek algebrailag a hét alpmennyiségből szorzással és osztással állíthatók elő.

Pl.
$$\text{energia} = \text{tömeg} \times (\text{hosszúság})^2 \times (\text{idő})^{-2}$$

²¹⁴ Riedel M. (1990): A fizikai kémiai definíciók és jelölések, Tankönyvkiadó, Budapest

²¹⁵ Riedel M. (1988): Az SI és a IUPAC definíciók alkalmazása a kémiaoktatásban, ELTE, Budapest

A *dimenzió* olyan kifejezés, amely megadja, hogy milyen kapcsolat van a mennyiség és az alapmennyiségek között. A dimenzió független a mértékegység megválasztásától. Ugyanannak a mennyiségnek csak egyféle dimenziója, de többféle mértékegysége is lehet. A mértékegység lehet az SI-egység, annak többszöröse, ill. törtrésze. Például a sebesség dimenziója hosszúság/idő, mértékegysége lehet pl. m/s, km/s, km/h; az anyagmennyiség-koncentráció dimenziója anyagmennyiség/térfogat, mértékegysége lehet pl. mol/m³, mol/dm³, mmol/m³. Vannak az SI-rendszeren kívüli, de a CGPM (lásd lejjebb) által megengedett mértékegységek is (pl. liter), továbbá régebbi könyvben előfordulhatnak nem törvényes, idejét múlt mértékegységek. Gyakran összetévesztik a dimenziót a mértékegységgel. A dimenzió nem a mértékegység szó idegen nyelvű változata, a dimenzió lényegében egy szavakban elmondott képlet. Vannak mennyiségek, amelyek dimenziója 1. Ezeket dimenzió nélküli mennyiségeknek is nevezzük. Az azonos dimenziójú mennyiségek hányadosa dimenzió nélküli mennyiséget ad. Ilyen például a disszociációfok, a törésmutató, a móltört, a relatív molekulatömeg stb. Az azonos dimenziójú mennyiségeket általában össze lehet adni, ki lehet vonni egymásból, össze lehet őket hasonlítani. Pl. a hő és a munka is energia dimenziójú.

A *mértékegység* a mennyiség megállapodás szerint rögzített értéke, a mennyiségek ehhez viszonyított nagyságát fejezi ki a *mérőszám*. A mennyiségekkel felírt egyenletekre is érvényesek az algebra szabályai. A számolási feladatok megoldása a számértéket és a mértékegységet egyaránt meg kell, hogy adja. Például: a $V = 200 \text{ cm}^3$ térfogatú, $\rho = 5,00 \text{ g/dm}^3$ tömegkoncentrációjú NaCl-oldatban a Na^+ -ionok anyagmennyisége

$$n = \frac{\rho V}{M} = \frac{5,00 \text{ g/dm}^3 \times 0,200 \text{ dm}^3}{23,0 \text{ g/mol}} = 0,0435 \text{ mol}$$

A mérőszám és a mértékegység között szóközt kell hagyni (pl.: $m = 34,12 \text{ g}$).

A származtatott SI-mennyiségek dimenziója a kiszámításukhoz szükséges képletből levezethető. Példaként érdemes bemutatni a kémiában leggyakrabban használt származtatott SI-mértékegységek dimenzióját és mértékegységét, az alábbiakhoz hasonló módon és gyakoroltatni a mértékegységek átváltását is, mert ennek a készségszintű alkalmazása szükséges a kémiai számítási feladatok megoldásához is. Például a nyomás, illetve az elektromos töltés dimenziója és mértékegysége:

$$\text{nyomás} = \frac{\text{erő}}{\text{felület}} \rightarrow \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

$$\text{elektromos töltés} = \text{áramerősség} \times \text{idő} \rightarrow \text{A} \cdot \text{s} = \text{C}$$

A gyakorláshoz adható feladatok:

Feladat: Add meg a munka dimenzióját, ill. mértékegységét!

Megoldás: munka = erő $\times$ út $\rightarrow \text{Nm} = \text{J}$

Feladat: Mekkora a Faraday-állandó (96 500 C/mol) számértéke Ah/mol mértékegységben kifejezve?

Megoldás: 1 C = 1 As; 1 h = 3600 s; és mivel az Ah mértékegységben az 1 óra 3600-szorosa a másodpercnak, így az Ah mértékegység éppen 3600-szorosa az As-nak, vagyis a C-nak. Ha a mértékegységet 3600-szorosára növeljük, akkor a mérőszámot 3600-ad részére kell csökkenteni ahhoz, hogy a mennyiség értéke ne változzon: $96\,500 \text{ C}/3600 \approx 26,8 \text{ Ah/mol}$.

További példa látható még a fentiekre a 7.3. alfejezetben.

5.2. A nemzetközi mértékegységrendszer (SI)

A nemzetközi mértékegységrendszert [Système International d'Unités, jele SI a 11. Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia [Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM)] fogadta el 1960-ban. A rendszer az 1. táblázatban látható 7 *alapegység*ből épül fel annak megfelelően, hogy 7 dimenzionálisan független alapmennyiség van. A 7 mértékegység a

következő: amper, kandela, kelvin, kilogramm, másodperc, méter és mól. A mértékegységeknek nemzetközileg elfogadott (és ennek megfelelően kötelező) jele van, a mértékegységek neve azonban az egyes nyelveken különböző lehet.

1 táblázat. SI alapegységek

A mennyiség neve	jele	Az SI-egység neve	jele
anyagmennyiség	n	mól	mol
elektromos áramerősség	I	amper	A
fényerősség	I_v	kandela	cd
hosszúság	l	méter	m
idő	t	másodperc	s
termodinamikai hőmérséklet	T	kelvin	K
tömeg	m	kilogramm	kg

Az SI *származtatott* egységeket az alapegységek hatványainak szorzásával képezzük a mennyiségek megfelelő összefüggéseihez hasonlóan. Az SI-mértékegységrendszerben minden mennyiségnek csak egy egysége van. Ez vagy maga a megfelelő SI-alapegység, vagy a megfelelő SI származtatott egység. Az egységek tízes többszörösei és tizedes törtrészei is használhatók, ezeket az ún. *prefixum*okkal képezzük. Pl.: nm (nanométer), kHz (kilohertz), cm, km. Ma már minden területen kötelező az SI-egységek használata (az SI-prefixumokkal együtt, ahol ez szükséges). Ha speciális okból kivételt teszünk, a használt mértékegységet SI-egységben is definiálni kell.

5.3. Anyagmennyiség

Az alapmennyiségek közül a kémiai szempontból legfontosabbnak, az anyagmennyiségnek az értelmezésével részletesebben is foglalkozunk. A tudomány jelenlegi ismeretei szerint az anyag megjelenési formájának két csoportja van:

- a folytonos sajátságokat mutató formák, a fizikai erőkerek (mezők, pl. gravitációs, elektromágneses, stb. mező);
- a korpuszkuláris sajátságokat mutató formák (pl. atomok, molekulák, elemi részek stb.).

Ezek az anyagcsoportok szoros kapcsolatban vannak egymással, kölcsönösen átalakulhatnak. Számos makroszkopikus tulajdonságban, folyamatban, az atomok, molekulák száma a meghatározó tényező. Így pl. a gázok térfogata nem a tömegüktől, hanem a részecskék számától függ; a kémiai reakciókban az anyagok meghatározott részecskeszám-arányban vesznek részt. A korpuszkuláris anyagok fontos jellemzői az energiaadagok. A nagyobb részecskék csak megfelelő energia (pl. rácsenergia, disszociációs energia) felhasználásával bonthatók fel kisebb részecskékre, a makroszkopikus folyamatok energiaváltozásai is a részecskék számától függenek. A példák tovább is sorolhatók. Mindebből következik, hogy szükség van olyan alapmennyiség definiálására, amely mögött az atomok és molekulák darabszáma rejlik. Az anyag mindennapi életben előforduló mennyiségeiben az anyagok makroszkopikus mennyiségű átalakulásaiban a részecskék rendkívül nagy sokasága van, ill. vesz részt. A kémia jellegzetesen az a tudományterület, amely ezekkel a nagy számú részecskéből álló halmazokkal foglalkozik. Célszerű tehát az adatokat jól definiált, nagy mennyiségű részecskére (elemi egységre) vonatkoztatni.

Az anyag ezen tulajdonságát kifejező mennyiség a léte és használata régebben nem volt egyértelmű és eléggé általános. A kémiában a mól mint mértékegységet már régen használták, bár nem volt mindig világos az, hogy a mól egy mértékegység. Ezzel szemben magának a mennyiségnek, amelynek ez a mértékegysége sokáig nem volt neve. Így számos, az anyagmennyiséggel kapcsolatos további mennyiség definiálásában, elnevezésében és használatában következetlenségek voltak (pl. moláris adatok, reakcióhő, sztöchiometriai egyenletek, oldatok összetételének megadása stb.). Ez sok zavart okozott, és tisztázatlan fogalmak tették nehezen érthetővé a mennyiségi kémia egyes területeit. Ezért a CGPM 1971-ben független alapmennyiségként elfogadta az anyagmennyiséget és egyben mértékegységként a mól.

Az *anyagmennyiség* független alapmennyiség, amely a részecskék és az átalakulások diszkontinuus voltát és megszámlálhatóságát fejezi ki, *jele: n*. Adott anyag anyagmennyisége arányos az elemi egységeinek számával. Az anyagmennyiség *mértékegysége* a mól, ennek *jele: mol*. A mól annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kilogramm ^{12}C -ben. Az elemi egység fajtáját mindig meg kell adni; ez atom, molekula, ion, elektron, más részecske vagy ilyen részecskék meghatározott csoportja lehet.

Néhány példa az anyagmennyiség megadására:

1 mól Hg_2Cl_2 tömege 472,08 gramm

1 mól Hg_2^{2+} tömege 401,18 gramm, töltése 192, 97 kilocoulomb

1 mól e^- tömege 548,60 mikrogramm, töltése -96,49 kilocoulomb és $6,02 \times 10^{23}$ darab elektront tartalmaz

1 mól gázelegy, amely $x(\text{N}_2) = 0,7809$; $x(\text{O}_2) = 0,2095$; $x(\text{Ar}) = 0,0093$ és $x(\text{CO}_2) = 0,0003$ móltörtű komponenseket tartalmaz, tömege 28,964 gramm

54 g butadiénben 2 mol C=C kötés és 1 mol C–C kötés van.

(A számértékek ezekben a példákban csak közelítőek.)

Az anyagmennyiség tehát nem általában valamilyen anyagra, hanem jól definiált elemi egységre (entitásra) vonatkozik, és ezért azt mindig pontosan kell megadni. Pl.: 10,00 g alumínium-klorid anyagmennyisége

ha az elemi egység	képlete	M	n
a legegyszerűbb arányokkal van felírva	AlCl_3	133,3 g/mol	0,0750 mol
a tényleges molekula	Al_2Cl_6	266,7 g/mol	0,0375 mol
ekvivalens mennyiség egy adott reakcióban	$1/3 \text{ AlCl}_3$	44,44 g/mol	0,225 mol

Ha csak makroszkopikus mennyiségű anyagokkal dolgozunk, az anyagmennyiség használata elegendő. Ha a makroszkopikus és az atomi mennyiségek kapcsolatát keressük, szükség van annak az állandónak az értékére is, amely a részecskék darabszáma és anyagmennyisége közötti kapcsolatot megteremti. Ez az arányossági tényező (szabatosabban együttható, mivel dimenziós mennyiség), minden anyagra azonos, az *Avogadro-állandó*. Az Avogadro-állandó (jele N_A , esetleg L) a rendszerben levő elemi egységek darabszámának (N -nek) és a rendszer anyagmennyiségének (n -nek) a hányadosa:

$$N_A = \frac{\text{az elemi egységek darabszáma}}{\text{az anyag anyagmennyisége}} = \frac{N}{n}$$

Az Avogadro-állandó dimenziója anyagmennyiség⁻¹, mértékegysége 1/mol, jelenleg elfogadott (a mérési pontosság által korlátozott) értéke:

$$N_A = (6,022\,140\,78 \pm 0,000\,000\,18) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

(A darabszám dimenzió nélküli adat.)

Az ismeretlen anyagmennyiséget gyakran tömegméréssel határozzuk meg ismert anyagmennyiséggel való összehasonlítással (gravimetria, titrimetria). További meghatározási lehetőséget jelentenek az ún. kolligatív mennyiségek (pl. fagyáspontcsökkenés, ozmózisnyomás) az elektrolitikus anyagleválasztás, a tömegspektrometria, gáztérfogatmérés önmagában, vagy tömegméréssel kombinálva. A részecskék egyedi leszámolása általában kivitelezhetetlen.

A mennyiség törvényesen rögzített magyar neve az "anyagmennyiség". Ez a szó talán nem eléggé kifejező, mert nem érzékelteti azt, hogy egy részecskékből álló halmaz elemi egységeinek (objektumainak, entitásainak) leszámolható mennyiségét írjuk le vele. Gondoljuk meg azonban, hogy egy-egy szó tartalmát más esetekben is a használata adja csak meg (pl. vár, fogas, iromba, spré). Más nyelven a kifejezés pl.: angol - amount of substance, német - Objektmenge (Stoffmenge). Az angol kifejezésben a "substance" szó helyettesíthető az elemi egység (angolul entity) megnevezésével, és így a kifejezés szemléletesebb [Pl.: the amount of O_2 is equal to 3 moles, $n(\text{O}_2) = 3 \text{ mol}$]. Kicsit különösnek tűnhet, hogy a magyar nyelvben az egység neve (mól) és

az egység nemzetközileg elfogadott jele (mol) között csak az ékezetben van különbség (szemben pl.: kilogramm - kg, amper - A stb. esetekkel).

Az anyagszám használataival kapcsolatban további megjegyzés az, hogy az anyagszám definíciója – hasonlóan a többi fizikai mennyiséghez – semmit sem mond a mértékegység megválasztására vonatkozóan, így az anyagszám mértékegységére, a mólra nézve sem. Ezért nem helyes n -et a "mólok számának" vagy "mólszámnak" nevezni, mint ahogy helytelen lenne, ha m -et a "kilogrammok számának", l -et a "méterek számának" neveznénk, mivel n , m , és l a mennyiségek jelei és nem a számokéi. Helyes pl., ha azt mondjuk, hogy $n(\text{Na}) = 0,1$ mol, ahol $n(\text{Na})$ a nátrium anyagszámát jelenti, de helytelen $n(\text{Na})$ -t a nátrium "mólszámának" nevezni. A "mólszám" egyébként is többféle értelemben (anyagszám, sztöchiometriai szám) használt és így már csak ezért is tévedésre lehetőséget adó, tehát helytelen kifejezés. Hasonlóan nem indokolt pl. a "mólfogalom"-ról beszélni, holott ilyenkor az "anyagszám fogalmát" tárgyaljuk. Miként a hosszúság, az idő, a tömeg fogalmakat értelmezhetjük, de mértékegységük fogalmairól (méterfogalom, másodperc-fogalom, kilogramm-fogalom) nem szoktunk beszélni.

Oldatok összetételét, egyebek mellett, meg lehet adni az anyagszám-koncentrációval (röviden koncentrációval): $c_B = n_B / V$. Mértékegysége mol/m³, nagyon sokszor ennek ezerszeresét a mol/dm³-t használják. Az 1 mol/dm³-es oldatot gyakran mólos oldatnak nevezik. Ez hibás, mert a mértékegységből csak a számlálót adja meg, a nevezőt nem. Ugyanolyan pongyolaság ez, mint pl. 50 kilométeres sebességről beszélni 50 km/h (vagy 50 km/s ?) helyett. A koncentráció mértékegységének jelölésére több, szintén hibás, ill. nem konzekvens mód is gyakran előfordul.

Például: "0,1 m oldat": 0,1 méter, azaz 10 centiméter oldatot jelent.

"0,1 mólos oldat": a fentiek miatt pongyola.

"0,1 M oldat": bár egyértelmű lehetne, használják is, a következők miatt téves. Az SI-ben vannak származtatott mennyiségek, amelyeknek külön nevük van. A többszörösök és törtrészek e nevekkkel is képezhetők. A koncentráció SI-egységnek (mol/m³) azonban nincs külön neve, és így jele sem. A mol/dm³ pedig nem az egység, hanem annak többszöröse.

Például:

származtatott egység	neve	jele	többszörös
$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$	joule	J	kJ

5.4. A mennyiségek jele, neve

A mennyiségek rövid leírására szolgál a *mennyiség jele*. Sem a mennyiség maga, sem pedig a jele nem írja elő azt, hogy milyen mértékegységet használjunk az értékének megadásánál. Egy mennyiségnek szükség esetén több jele is lehet. A mennyiségek jelének kiválasztása nemzetközi megegyezés kérdése, általában a latin vagy a görög ábécé egy betűje. A betűket dőlten kell írni (ez alól kivétel a pH). Ez a szövegszerkesztők használatával manapság már semmilyen külön nehézséget nem okoz (2. táblázat).

2. táblázat. Latin és görög betűk álló és dőlt formában

	latin	görög
álló	a b c A B C	$\alpha \beta \gamma \Delta \Theta \Pi$
dőlt	<i>a b c A B C</i>	<i>$\alpha \beta \gamma \Delta \Theta \Pi$</i>

A mennyiségek jelét a Magyar Szabványok rögzítik. Amennyiben szükséges, a jeleket alsó és/vagy felső indexszel módosítani lehet. Ha az alsó és a felső index maga is mennyiséget vagy számot jelölő betű, akkor az indexet is dőlten kell szedni; az egyéb alsó és felső indexek álló típusú betűk.

Pl.:

x_i	az i -edik fajta anyag móltörtje	(x móltört, i egy szám)
$\Delta_r H$	reakció entalpiaváltozása (reakcióhő)	(H entalpia, r reakció)
V_m	moláris térfogat	(V térfogat, m moláris)

A számok és a matematikai jelek írására a következő szabályok érvényesek. A *szám*okat álló típusú betűvel kell írni, a *matematikai állandók* betűjele (pl. e , π) is álló típusú betű. A nem állandó számokat jelölő betűket (pl. n , i) dőlt betűvel kell írni. A *matematikai függvények* jelét (pl. $\log$, $\lg$, $\exp$, $\sin$, $\cos$, d , ∂ , Δ) álló típusú betűvel kell írni, de a függvények általános jele [pl. $f(x)$, $F(x, y)$] dőlt betű.

Tényezőnek (faktornak) nevezzük azokat a dimenzió nélküli mennyiségeket, amelyek két másik mennyiség (A és B) közötti arányosság megadására szolgálnak:

$$A = k \times B$$

Ha az arányosságot kifejező mennyiségnek van dimenziója, neve *együttható (koefficiens)*. Két mennyiség dimenzió nélküli hányadosát gyakran *viszonynak* nevezik, ha ez az arány egynél kisebb, a *tört* kifejezést szoktuk használni (pl. móltört, tömegtört, térfogattört). Néhány dimenzió nélküli mennyiség nevében a *szám* kifejezést használjuk (pl. Reynolds-szám, sztöchiometriai szám, oxidációs szám, töltésszám). Helytelen viszont, ha dimenziós mennyiséget nevezünk számnak (pl. helyesen Faraday-állandó és nem Faraday-szám, $F = 96\,500\text{ C/mol}$).

Vannak olyan mennyiségek, amelyeknek értéke állandó: *univerzális állandó*, amelyeknek értéke minden körülmények között állandó (pl.: Planck-állandó, moláris gázállandó, Avogadro-állandó), *anyag állandó*, amelynek egy speciális anyagra minden körülmények között azonos az értéke (pl.: a radioaktív anyagok bomlási állandója), amelyek bizonyos körülmények között azonos értékűek, vagy amelyek matematikai számítás eredményei (pl.: kémiai reakció egyensúlyi állandója, sebességi állandója).

Extenzív mennyiségek az olyan mennyiségek, amelyeknek értéke összegeződik a részekéből, ha a rendszert gondolatban, vagy ténylegesen a részekből állítjuk össze. Az extenzív mennyiséget "összeadódó mennyiségnek" is nevezhetjük. Extenzív mennyiség pl. a térfogat, a tömeg, az energia. *Intenzív mennyiség* az anyaghoz, helyhez rendelhető olyan tulajdonság, amelynek értéke a rendszer egészére nem kapható meg a helyi értékek összegezésével. Az ilyen mennyiségek értéke fizikai, kémiai folyamatokban gyakran kiegyenlítődik, ezért ezeket, "kiegyenlítődő mennyiség"-eknek is nevezhetjük. Intenzív mennyiségek pl. a hőmérséklet, a nyomás, az elektromos potenciál stb. Extenzív mennyiség neve előtt a *fajlagos* szó a tömeggel (m -mel) való osztást jelenti, az ilyen mennyiség egységnyi tömegű anyagra vonatkozik. Ha az extenzív mennyiséget nagybetű jelöli, akkor ennek fajlagos mennyiségét a megfelelő kisbetűvel jelöljük (3. táblázat). Néhány esetben a fajlagos szó használata nem felel meg ennek a definíciónak: fajlagos forgatóképesség, fajlagos ellenállás. Ilyenkor minden egyes esetben definiálni kell, hogy mire vonatkozik az adat: pl. a fajlagos forgatóképesség egységnyi hosszúságra és egységnyi tömegkoncentrációra; a fajlagos ellenállás az egységnyi hosszúságra és egységnyi keresztmetszetre vonatkozó adat. Extenzív mennyiségek neve előtt a *moláris* szó az anyagmennyiséggel (n -nel) való osztást jelenti, az ilyen mennyiség egységnyi anyagmennyiségre vonatkozik. A moláris mennyiséget m alsó indexszel jelöljük (3. táblázat). Az alsó index szükség esetén elhagyható, de csak akkor, ha ez az egyszerűsítés nem okoz félreértést. Néhány mennyiségnél a moláris szó az egységnyi anyagmennyiség-koncentrációra való vonatkoztatást jelenti, ilyen pl.: az elektrolitoldatok moláris fajlagos vezetése, a színes anyagok moláris abszorpciós együtthatója. A "fajlagos" szó helyett sokszor a "faj", a "moláris" szó helyett gyakran a "mól" rövidítést használják. Ezt a szóhasználatot azonban kerülni kell. Pl.: fajhő, helyesen fajlagos hőkapacitás; móltérfogat, helyett moláris térfogat.

3. táblázat. Néhány fajlagos és moláris mennyiség

mennyiség	mennyiség jele	fajlagos mennyiség	moláris mennyiség
térfogat	V	v	V_m
entalpia	H	h	H_m
tömeg	m	-	M

A *sűrűség* szó a mennyiség nevében a térfogattal osztott mennyiséget jelenti (pl. töltéssűrűség, $\rho = Q/V$), néha a felületegységre való vonatkozást jelenti (pl. áramsűrűség $j = I/A$). A *koncentráció* a teljes térfogattal való osztást fejezi ki. (anyagmennyiség-koncentráció $c_B = n_B/V$, tömegkoncentráció $\rho_B = m_B/V$)

5.5. Műveletek mennyiségekkel, arányként definiált dimenzió nélküli mennyiségek megadása

Összeadás és kivonás csak egynemű mennyiségekkel végezhető el. Az eredmény dimenziója megegyezik a tagok dimenziójával. Az összevonandók mértékegységeit a művelet előtt azonosra kell tenni. A szorzást, az osztást, a hatványozást és a gyökvonást a számértékekkel és a mértékegységekkel egyaránt el kell végezni. Sok tag összegezését a Σ (szumma) jellel, sok tényező szorzását a Π (produktum) jellel jelöljük. A mennyiségekkel való műveletek jelölése a következőképpen történik:

$$a + b \quad a - b$$

$$a \cdot b \text{ vagy } ab \text{ vagy } a \cdot b \text{ vagy } a \times b$$

$$a/b \text{ vagy } \frac{a}{b} \text{ vagy } ab^{-1} \text{ vagy } a \cdot b^{-1} \text{ vagy } a \times b^{-1}$$

$$\text{Pl.: } p = \frac{nRT}{V} \text{ vagy } p = nRT/V \text{ vagy } p = n \cdot R \cdot T/V \text{ vagy } p = n \times R \times T/V$$

A dimenziós mennyiségek logaritmusai nincs értelmezve, és fordítva, a 10 vagy az e hatványkitevője is csak dimenzió nélküli mennyiség lehet. Egy mennyiség logaritmusán mindig a számérték logaritmusát értjük. Például a nem szabatosan felírt

$$\lg(\text{mennyiség}) \quad \text{értelme} \quad \lg\left(\frac{\text{mennyiség}}{\text{mértékegység}}\right)$$

Ha nem az utóbbi módon írjuk fel az adatot, nem tudjuk a logaritmusból visszaszámolni a mennyiséget. Pl.: ha csak annyi van megadva, hogy $\lg p = 4$, vajon mekkora a nyomás? 10^4 Pa? 10^4 bar? netán 10^4 atm? Az átszámítás is ennek figyelembe vételével történik. Például az atmoszférában megadott p' nyomás logaritmusai és ennek átszámolása pascalban megadott nyomás (p) logaritmusába a következőt jelenti:

$$\lg \frac{p}{\text{atm}} = \lg \frac{p}{\text{atm}} \times \frac{\text{Pa}}{\text{Pa}} = \lg \frac{p}{\text{Pa}} \times \frac{\text{Pa}}{\text{atm}} = \lg \frac{p}{\text{Pa}} \times \frac{1}{101325} = \lg \frac{p}{\text{Pa}} - 5,00572$$

Az azonos dimenziójú mennyiségek hányadosaként előállított mennyiségek *százalékban* (%), *ezrelékben* (‰) is megadhatók:

$$1 = 100\% = 1000\text{‰}$$

$$\text{Pl.: } w = 0,25 = 25/100 = 25\% = 250\text{‰} = \frac{1}{4} \quad (w \text{ a tömegtört jele}).$$

A magyar helyesírás szerint nincs szóköz a mérőszám és a százalékjel között (pl.: $w = 25\%$). További helyesírási kifejezések a százalékkal kapcsolatban (a magyar helyesírás szabályai szerint): száz százalék, 100%, tömegszázalék, tömeg‰.

Ugyancsak az arány kifejezésére szolgál a milliomodrász (ppm). Például a 20 ppm anyagmennyiség-tört esetében 20 $\mu\text{mol/mol}$ aránynak felel meg.

$$\text{Pl.: } w = 0,25 = 250\,000 \text{ ppm}$$

Megjegyzendő, hogy a gyakran alkalmazott m/m és V/V rövidítés nem a mennyiségek (tömegtört, ill. térfogattört) jele (a tömegtört jele: w , a térfogattört jele: ϕ). Bár nem hibásak, nincsenek az ajánlások között, nem szabványosak. A g/g , kg/kg , cm^3/cm^3 jelölések viszont hibásak, ugyanis a mennyiség független a mértékegységtől.

5.6. A kémiatanításban gyakran használt mennyiségek és mértékegységeik

A kémiai számítások elvégzéséhez a tanulóknak ismerniük kell a leggyakrabban használt mennyiségeket, a közöttük képletekkel is kifejezhető összefüggéseket és mértékegységeiket. (Nagyon sok mennyiség létezik, de a közoktatásban értelemszerűen csak a legnagyobb gyakorisággal előfordulók ismerete és alkalmazása lehet követelmény.) Tudniuk kell használni a Négyjegyű függvénytáblázatokat²¹⁶ az SI alap-, és származtatott mértékegységeinek, a prefixumoknak, valamint SI-n kívüli fontosabb mértékegységeknek a kikeresésére, illetve a közöttük lévő összefüggések megállapítására. Fel kell hívni a tanulók figyelmét arra, hogy a mennyiség mindig két részből áll: a mérőszámból és a mértékegységből. Ezért a számolási feladatok megoldásaként mértékegység nélküli mérőszám semmilyen körülmények között nem fogadható el.

A 4. táblázat az általános iskolai és középiskolai kémiaoktatás során használt mennyiségeket tartalmazó válogatás. A táblázatok a mennyiségek nevét és nemzetközileg ajánlott jelét (jeleit) tartalmazzák. A további mennyiségek jele a Magyar Szabványban és az International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC, Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Szövetség) ajánlásában²¹⁷, valamint annak magyar adaptációjában található. A táblázat a mennyiség nevét, jelét, értelmezését, SI-egységét és esetleges megjegyzéseket tartalmaz. A táblázatot a mennyiség nevének ábécérendjében közöljük. Ahol a mennyiség *neve* oszlopban több, vesszővel elválasztott név szerepel, ezek bármelyike tetszés szerint használható. Kerek zárójelben az esetleges magyarázó kiegészítés szerepel. A táblázatokban a magyar szabványoknak megfelelően a *koefficiens* szó helyett *együttható*-t, a *faktor* szó helyett *tényező*-t használtunk. A vesszővel elválasztott *jelek* egyenértékű alternatívák, a kerek zárójelben levők csak akkor használhatók, ha az adott szövegben valamely okból kerülni kell az elsőt. Az oszlop az IUPAC ajánlás és a Magyar Szabvány szerinti jelet, jeleket tartalmazza. Lehetséges, hogy az egyik vagy a másik forrás valamelyik jelet nem tartalmazza. Az *értelmezés* elsősorban az azonosítást szolgálja, és szükségszerűen nem teljes; ezeket inkább hasznos összefüggéseknek kell tekinteni és nem definícióknak. Azoknál a mennyiségeknél, amelyeknek a definíciója hosszadalmas lenne, nem adunk képletet. Az értelmezésnél használt jelek nem mindegyike található meg ebben a táblázatban. A *mértékegység* oszlopban a mennyiség SI-egysége szerepel. Az SI-egységek többszöröseit, ill. törtrészeit a már leírtak szerint kell használni. A dimenzió nélküli mennyiségek esetén a mértékegység helyén 1 áll.

²¹⁶ Pl. Verő L.-né (szerk.) (2014): Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések - Négyjegyű függvénytáblázatok, Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest

²¹⁷ Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry (3rd Edition), ed. by E. R. Cohen et al, (2007): IUPAC, RSC Publishing

²¹⁷ Riedel M. (1990): A fizikai kémiai definíciók és jelölések, Tankönyvkiadó, Budapest

4. táblázat. A közoktatási kémiatanításban leggyakrabban használt mennyiségek

Név	Jel	Értelmezés	SI-egység
aktiválási energia	E_a	$k = A \exp(-E_a/RT)$	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$
anyagmennyiség	n	$n_B = N_B/N_A$	mol
anyagmennyiség-arány, mólarány	r	$r = n_B/n_A$	1
anyagmennyiség-koncentráció, koncentráció	$c, [\text{B}]$	$c_B = n_B/V$	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$
anyagmennyiség-tört, móltört	x, y	$x_B = n_B/\sum n_i$	1
Avogadro-állandó	N_A, L		mol^{-1}
Celsius-hőmérséklet	θ, t	$\theta/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$	$^{\circ}\text{C}$
disszociációfok	α		1
elektródpotenciál	ε		V
elektromos áramerősség	I	$I = \Delta Q/\Delta t$	A
elektromos ellenállás	R	$R = U/I$	Ω
elektromos feszültség, elektromos potenciálkülönbség	$U, \Delta V, \Delta \varphi$	$U = V_2 - V_1$	V
elektromos töltés	Q		C
elektromotoros erő	E_{MF}	$E_{\text{MF}} = \lim_{I \rightarrow 0} E$	V
erő	F	$F = m a$	N
Faraday-állandó	F	$F = e N_A$	$\text{C}\cdot\text{mol}^{-1}$
hő	Q, q		J
ion töltésszáma	z_B		1
képződési entalpia, képződéshő	$\Delta_{\text{képz}}H, \Delta_{\text{k}}H$		$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$
koncentráció, anyagmennyiség-koncentráció	$c, [\text{B}]$	$c_B = n_B/V$	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$
koncentrációval kifejezett egyensúlyi állandó	K_c	$K_c = \prod c(\text{B})^{\nu(\text{B})}$	$(\text{mol}\cdot\text{m}^{-3})^{\sum \nu(\text{B})}$
molalitás	$m, (b)$	$m_B = n_B/m_A$	$\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$
moláris gázállandó	R	$R = N_A k$	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
moláris tömeg	M	$M_B = m/n_B$	$\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$
nyomás	p, P		Pa
nyomással kifejezett egyensúlyi állandó	K_p	$K_p = \prod p(\text{B})^{\nu(\text{B})}$	$\text{Pa}^{\sum \nu(\text{B})}$
oldási entalpia, oldáshő	$\Delta_{\text{old}}H, \Delta_{\text{o}}H$		$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$
oldhatósági szorzat	L	$L = c_1 c_2$	$(\text{mol}\cdot\text{m}^{-3})^2$
pH	pH		1
reakcióhő, reakció entalpiaváltozása	$\Delta_r H$		$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$
relatív atomtömeg	A_r		1
relatív molekulatömeg	M_r	$M_{r,B} = m_B/m$	1
részecskeszám	N		1
standard nyomás*	p°		Pa
sztoichiometriai szám	ν		1
térfogat	$V, (v)$		m^3
térfogattört	φ	$\varphi_B = V_B/\sum V_i$	1
termodinamikai hőmérséklet	T, Θ		K
tömeg	m		kg
tömegkoncentráció	γ, ρ	$\gamma_B = m_B/V$	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
tömeg-tört	w	$w_B = m_B/\sum m_i$	1

Megjegyzés: egy tetszés szerinti anyagot B-vel, az oldószert A-vel jelöljük.

* A standard nyomás a IUPAC szerint 1982 óta $1,000 \times 10^5$ Pa. Gyakran szerepel még a régebbi érték $1,013 \times 10^5$ Pa is.

6. A kémiai számítási feladatok megoldásának menete

A fentiekben már leírtakat is figyelembe véve a diákokat célszerű arra ösztönözni, hogy a kémiai számítási feladatok megoldásakor az alábbi lépéseket végezzék el:

- a) Először végig kell olvasni a feladatot.
- b) Utána ki kell gyűjteni és felírni a megoldáshoz szükséges adatokat (mértékegységgel együtt). Ne felejtjük el, hogy néha fölösleges adatok is szerepeltethetők a példákban, pedagógiai célzattal vagy versenyfeladatok nehezítésére, míg máskor rejtett adatok is rendelkezésre állnak! Az adatok helyes jelölése, indexelése vagy táblázatos, rajzos megjelenítése sokat segít a megoldás menetének felvázolásában és követésében (lásd a 3.2. alfejezet).
- c) Az adatok alá fel kell írni és kérdőjellel kell jelölni, hogy milyen adatokat kell kiszámolnunk (és milyen mértékegységben, ha erre van a feladatban külön utalás).
- d) Bonyolultabb, több lépésű feladatok esetén célszerű egy (vagy akár több) megoldási tervet készíteni. Ezt nem muszáj leírni, de végig kell gondolni, és közös feladatmegoldás esetén meg kell beszélni a diákokkal. Így elkerülhetőek a fölösleges lépések, vagy akár több lépés is összevonható (pl. nyilvánvalóvá válik, ha nem szükséges az anyagmennyiségre való átszámítás).
- e) A kémiai reakciókra épülő számolási feladatok esetében fel kell írni a reakcióegyenletet. Mindig hagyjunk ki elegendő helyet arra, hogy alá beírjuk az egyes anyagok anyagmennyiségét, tömegét stb.
- f) A megoldás menetének követését (gyakorlatlan diákok esetében) érdemes néhány szóval írásban is segíteni. Szükség esetén nyilakkal, aláhúzásokkal, bekeretezéssel, színes krétával vagy egyéb módon való kiemelésekkel is élhetünk.
- g) Fontos a könnyen áttekinthető, jól olvasható táblakép, amelynek segítségével egy adott pillanatban valami miatt nem figyelő diák is fel tudja venni a fonalat a későbbiekben, és otthon is rekonstruálni tudja a számolás menetét. A táblát mindig teljesen le kell törölni, és adott esetben célszerű az egyes feladatrészeket jól látható vonalakkal elhatárolni egymástól. (Hasonló elvet kell követni a kivetített vagy nyomtatásban megjelenített kész feladatmegoldások esetében.)
- h) A végeredményt kétszer alá kell húzni, és célszerű legalább egy mondattal értelmezni.
- i) Ügyelni kell arra, hogy a végeredményt csak a legkevesbé pontos adat értékes jegyeivel azonos számú értékes jegyre adjuk meg. A hibaszámítást és a hibaterjedést a közoktatásban nem alkalmazzuk, azonban meg kell értetni a diákokkal, hogy ha túl sok számjegyet adunk meg, akkor azt állítjuk, hogy ilyen pontosan tudjuk az eredményt (ami nem igaz), ha pedig túl keveset, akkor fontos információ veszt el. Szükség esetén föl kell hívni a diákok figyelmét arra is, hogy a többféle megoldásból kiszámolt mennyiségek között az alkalmazott kerekítések különbözősége miatt van eltérés.
- j) Mindenképpen szükséges valamiféle ellenőrzés. Ez a legegyszerűbb esetben egy fejben elvégzett durva számítás, becslés, illetve a fizikai vagy kémiai tartalommal való összevetés (pl. az átlagos moláris tömeg nem lehet a legkisebb moláris tömegű komponens moláris tömegénél kisebb vagy a legnagyobbnál nagyobb, és a legnagyobb anyagmennyiség-törtű komponens moláris tömegéhez kell a legközelebb esnie. Ha van rá idő, akkor persze az a legbiztosabb, ha számolással végezzük el az ellenőrzést.

Előfordulhat, hogy a diákok tisztában vannak ugyan az adott feladat elméleti háttérével és lenne elképzelésük a feladat megoldásának menetéről is, de egyszerűen nem tudják elvégezni a kémiai számításokhoz szükséges matematikai műveleteket (vagy általában sem, vagy csak nem tudják kémiai kontextusban alkalmazni a matematikaórán szerzett tudást). Ezért ezt diagnosztikus vagy formatív értékelés során (részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés) ellenőrizni kell és a feltárt hiányosságok pótlásáról egyeztetni kell az osztályban matematikát tanító kollégával. A

közoktatásban előforduló kémiai számítási feladatok megoldásához a következő matematikai műveletek alkalmazásképes ismerete szükséges:

- számok normál alakja (pl. az anyagmennyiséggel kapcsolatos számítások, vagy nagyon kicsi, ill. nagyon nagy mennyiségek esetén, környezetkémiai vagy egyéb feladatokban);
- törtek, százalékok, ezrelékek (pl. elegyösszetételek megadáskor);
- egyenes arány (pl. bármilyen kémiai reakción alapuló sztöchiometriai feladat kapcsán);
- fordított arány (pl. a Boyle–Mariotte-törvény alkalmazásakor);
- számtani közép, illetve súlyozott átlag (pl. az átlagos moláris tömeg számításakor);
- elsőfokú többismeretlenes egyenletek (pl. gáz- és folyadékelegyek, illetve porkeverékek összetételének számításakor);
- másodfokú egyenletek (pl. bizonyos kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos számításokkor);
- logaritmus (pl. a nem egész számú pH-k kiszámolásához).

A fenti felsorolásban a legnagyobb gondot az jelenti, hogy diákok a logaritmus fogalmát csak 11. évfolyamon tanulják, miközben a kémiában már a 9. évfolyamon szükség lenne rá a pH számításához. Ez még akkor is probléma, ha diákok megtanulják, hogy hogyan lehet a zsebszámológéppel vagy a számítógéppel (esetleg a mobiltelefonjukkal) kiszámoltatni egy szám negatív logaritmusát. Ugyanis ettől még nem biztos, hogy értik, mit jelent a koncentrációk tekintetében a pH-skála logaritmikus jellege. Ennek a problémának a kikerülésére van a gyakorlatban bevált módszer, amelyet a pH számításával kapcsolatos 7.6. alfejezetben ismertettünk.

7. A közoktatásban tanított kémiai számítások témakörei

7.1. Anyagmennyiséggel kapcsolatos feladatok

Az anyagmennyiség fogalmának és mértékegységének bevezetése már általános iskolában megtörténik. Az így szerzett alapvető tudást a 9. évfolyamon az atomszerkezethez a relatív atomtömeg fogalmán keresztül kapcsolható moláris atomtömeg és molekulatömeg, továbbá a halmazok témakörében a gázok (moláris térfogat), valamint az oldatok (anyagmennyiség-koncentráció) és később a különféle kémiai reakciók (sztöchiometriai feladatok) témáinál kell kibővíteni és elmélyíteni. (Megjegyzés: a 7-8. évfolyam számára készített „A” jelű kerettanterv²¹⁸ alapján már ebben az életkorban tanítandó a neutron, az izotóp és a relatív atomtömeg fogalma.)

Miért volt szükség az SI-rendszerben az anyagmennyiség és ennek mértékegysége a mól bevezetésére? Ennek megválaszolásához az alábbi számolási feladatot és a hozzá tartozó gondolatmentet érdemes megbeszélni a tanulókkal (részletesebben lásd az 5.3. alfejezetet):

Feladat: Számítsd ki 1 db szén-dioxid-molekula tömegét (kg-ban), majd indokold meg, hogy milyen szempont(ok) alapján praktikus a vegyész számára az anyagmennyiség használata!

Megoldás: $7,3 \times 10^{-26}$ kg – Azaz ha kiírnánk az összes számjegyet, akkor a tizedesvessző után még 25 db nulla következne, és csak aztán jönne a két értékes jegy. Ilyen számokkal nem praktikus dolgozni, még akkor sem, ha normál alakban írjuk fel őket (úgy, mint itt). Mivel egy-egy részecske tömege nagyon kicsi, célszerű nagyon sok, de mindig azonos számú részecskével számolni, hogy a reagáló anyagok tömege, ill. térfogata a laboratóriumi mérőeszközökkel könnyen mérhető, és kevés számjeggyel kifejezhető legyen (a számok normál alakjának használata nélkül). Az „atomsúlyok” megalkotásakor előbb a legkisebb „atomsúlyú” elem, a hidrogén „atomsúlyát” vették egységnyinek. A mérések pontosabbá válása nyomán, illetve az izotópok felfedezésével és a relatív atomtömeg fogalmának megalkotásával kiderült, hogy a hidrogén relatív atomtömege nem is tekinthető 1,0000-nek, és az atomi tömegegység pontosabb definiálására volt szükség. Hozzávetőleges pontosságú számolásokkor azonban 1 mol hidrogénatom tömegét manapság is kb. 1 g-nak vesszük, és ebben mintegy 6×10^{23} db (azaz 1 mol) hidrogénatom van.

²¹⁸ http://kerettanterv.ofi.hu/02_melleklet_5-8/index_alt_isk_felso.html (utolsó letöltés: 2015. 08. 22.)

Másrészt a kémiai reakciók során nem a reagáló anyagok tömege a mérvadó, hanem a reagáló részecskék száma. Például 40 g nátrium-hidroxidot nem 40 g hidrogén-klorid semlegesít, hanem 36,5 g, hiszen az egyenlet szerint 1 mol NaOH-dal 1 mol HCl reagál.

A részecskék darabszámának számítása során a darabszám és az anyagmennyiség közötti egyenes arányt megmutató összefüggés tárgyalásakor lehet azt a hasonlatot használni, hogy az 1 mol olyan, mint az 1 tucat, csak sokkal nagyobb darabszámú. Ekkor problémát okozhatnak a hatványkitevőkkel végzett műveletek, amelyhez át kell ismételni a matematikában erről tanultakat. Még a számok normál alakját kezelni képes számológépekkel is el tudják a diákok rontani a példákat. Ezért itt különösen fontos a végeredmény nagyságrendjének becsléssel való ellenőrzése. Az alábbiakban látható egy példa egy ilyen feladatra, amely alkalmazza az életszerűség elvét is (lásd bővebben a 3.3. alfejezetben):

Feladat: A zsíros kenyereket 2 csipet (azaz kb. 1,2 g) konyhasóval sóztam. Hány darab ion juttattam a kenyereimre?

Megoldás: 1 mol NaCl-ban 2 mol ion van. $M(\text{NaCl}) = 23,0 + 35,5 = 58,5 \text{ g/mol}$

$$\frac{1,2 \times 2 \times 6 \times 10^{23}}{58,5} = 2,5 \times 10^{22} \text{ db ion jutott a kenyereimre.}$$

Az Avogadro-szám nagyságának érzékeltetése kvantitatív módon például az alábbi feladattal történhet:

Feladat: Képzeld el, hogy kimerítettünk a világóceánból egy kis pohár (kb. 100 cm^3) vizet. A pohárban található összes vízmolekulát megjelöljük. A gondolat kísérletben ezután visszaöntjük a pohár tartalmát a világóceánba, majd tökéletesen elkeverjük benne. Ha ekkor kimerítünk az óceánból egy ugyanakkora pohár vizet, mint az első pohár volt, vajon találunk-e benne olyan vízmolekulát, amelyet korábban megjelöltünk?

(A víz sűrűségét vegyük $1,00 \text{ g/cm}^3$ -nek; a Földet tekintsük egy olyan gömbnek, melynek sugara 6380 km. A Föld felszínének 70,8%-át borítja óceán, melynek átlagos mélységét 3000 m-nek becsüljük. Az egyszerűsítés, hogy a Földet gömbnek tekintjük, megengedi azt a nagyvonalúságot, hogy a becsült sugár 3 km-nyi változására a tengerfelszín és a fenék között ne legyünk tekintettel.)

Megoldás:

A Föld sugara: $r = 6,38 \times 10^3 \text{ km} = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$

A világóceán felszíne: $A = 4\pi r^2 = 4 \times 3,14 \times 6,38 \times 10^6 \text{ m}^2 = 5,11 \times 10^{14} \text{ m}^2$

A világóceán térfogata: $V_o = A \times d = 5,11 \times 10^{14} \text{ m}^2 \times 3 \times 10^3 \text{ m} = 1,53 \times 10^{18} \text{ m}^3$

A pohár térfogata: $V_p = 100 \text{ cm}^3 = 100 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 1,00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Tehát a világóceánban tehát kb. $V_o/V_p = 1,53 \times 10^{22}$ pohárnyi víz van.

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g/mol}$

$N_A = 6 \times 10^{23} \text{ db/mol}$

A pohárban: $N = N_A \cdot n = N_A \times m/M(\text{H}_2\text{O}) = N_A \times V_p \cdot \rho/M(\text{H}_2\text{O})$ darab vízmolekula van.

Így $N = 6 \times 10^{23} \text{ db/mol} \times 100 \text{ cm}^3 \times (1,00 \text{ g/cm}^3)/18,0 \text{ g/mol} = 3,33 \times 10^{24} \text{ db}$ vízmolekula van a pohárban.

Vagyis az egy pohárban lévő vízmolekulák száma $3,33 \times 10^{24}/1,53 \times 10^{22} \approx 200$ -szor nagyobb, mint ahány pohár víz van az óceánban. Így a válasz igen, kb. 200 olyan vízmolekula lesz a pohárban, amelyek az eredeti pohár vízben is ott voltak. (A becslések miatt valójában csak annyit mondhatunk, hogy százas nagyságrendben lennének jelzett molekulák a pohárban.)

A fenti feladatnak több különlegessége is van. Egyrészt a megoldásakor szükség van olyan, a matematikában és fizikában tanult képletek alkalmazására, amelyeket kémiaórán ritkán használunk. Ez a matematika, a fizika és a kémia tantárgyak közötti koncentráció szép példája. (A geometriai testek felszínének számolása összeköthető még például az elektrokémiai feladatok megoldása során a különféle tárgyak, például medálok galvanizálással történő fémbevonatának készítésével, lásd a 7.8. alfejezetben.) Másrészt a fenti példa szokatlan azért is, mert a megoldásához szükséges bizonyos adatokat (pl. a világóceán átlagos mélysége) csak becsülni lehet. Nem szokványos a feladat abból a szempontból sem, hogy nem valós kísérleten, hanem csak egy elképzelt „gondolat kísérleten” alapul, ami azonban jól megmozgathatja a diákok fantáziáját. Nehezíthető a feladat, ha azt sem adjuk meg, hogy milyen adatokat és képleteket kell megkeresni, ill. megbecsülni a megoldásához. Sokféle más számolási feladat is van az Avogadro-szám

nagyságának érzékeltetésére, pl. a Földön élő emberek összes hajszálához is lehet viszonyítani az 1 mol-ban lévő részecskék darabszámát.

Az anyagmennyiséggel kapcsolatos számítási feladatok kapcsán fontos felhívni arra is a tanulók figyelmét, hogy a fajlagos mennyiségek mindig tömegre (kg), míg a moláris mennyiségek mindig anyagmennyiségre (mol) vannak vonatkoztatva. Például a három leggyakrabban használt moláris mennyiség kiszámításának képlete, dimenziója és mértékegysége a következő (részletesebben lásd az [5.1. alfejezetben](#)).

Moláris tömeg

$M = \frac{m}{n}$; moláris tömeg = $\frac{\text{tömeg}}{\text{mol}}$; $\frac{\text{kg}}{\text{mol}}$; de azért, hogy ne kelljen mindig tizedes törtként

megadni a kisebb moláris tömegű anyagok moláris tömegét, inkább g/mol mértékegységet

használunk; pl. a $M(\text{CO}_2) = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 2 \cdot 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,044 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$

Azt is el kell magyarázni ezzel kapcsolatban, hogy a relatív atomtömegnek (A_r) és relatív molekulatömegnek (M_r) viszont nincs dimenziója és így mértékegysége sem, mert ezek viszonyszámok. Ezért például $A_r(\text{S}) = 32$. Csak azt adják meg, hogy az adott (1 db) atom vagy molekula tömege hányszorosa az atomi tömegegységnek (azaz 1 db 12-es tömegszámú szénizotóp atom tömege 1/12-ed részének). Az elemeket általában többféle izotóp (azonos rendszámú, tehát anyagi minőségű, de a más-más neutronszám miatt különböző tömegszámú, azaz különböző tömegű) atom építi fel. Hangsúlyozni kell, hogy ezért a relatív atomtömeg egy átlag. Ezt úgy kapjuk, hogy az adott kémiai elem a Földön különböző, de általában közelítőleg állandónak tekinthető arányban előforduló izotópjainak tömegét az előfordulási arányuk szerint, súlyozottan vesszük figyelembe. Amelyik izotópból sok van, azt arányosan nagyobb súllyal, ezért ahhoz esik legközelebb a relatív atomtömeg, ami így természetesen általában törtszám lesz. (Az elemek relatív atomtömegének számítását az izotóparányból lásd még az [7.2. alfejezetben](#).) Csak néhány olyan elem van, amelynek mindössze egyetlen természetes izotópjja van, és ezért a relatív atomtömegük kerek szám. A moláris és a relatív atom-, illetve molekulatömegek számértéke tehát megegyezik, de a mértékegységük nem.

Moláris térfogat

$V_m = \frac{V}{n}$; moláris térfogat = $\frac{\text{térfogat}}{\text{mol}}$; $\frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$; de azért, hogy ne kelljen mindig tizedes törtként

megadni a gázok moláris térfogatát, inkább dm³/mol mértékegységet használunk.

Bizonyos állapotokra érdemes megjegyezni az ideális gázok moláris térfogatát, mert az gyorsítja a számolásokat elvégzését (ezek azonban természetesen az általános gáztörvényből is kiszámíthatók és a Négyjegyű függvénytáblázatokban is megtalálhatók, valamint az olyan számolási feladat szövegében is fel kell őket tüntetni, amelyek megoldásakor szükség van rájuk):

- 25 °C, standard nyomás: 24,5 dm³/mol,
- 20 °C (szobahőmérséklet), standard nyomás: 24,0 dm³/mol,
- 0 °C (normálállapot), standard nyomás: 22,4 dm³/mol.

Gyakorlásként feladható a diákok számára, hogy számítsák ki az általános gáztörvény segítségével, tényleg kb. ekkora térfogatokat kapunk-e 1 mol ideális gázra az adott hőmérsékleteken légköri nyomáson.

Moláris részecskeszám (Avogadro-állandó)

$N_A = 6,02 \times 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ részletesebben lásd az [5.5. alfejezetben](#)

7.2. Sztöchiometriával kapcsolatos feladatok

Ezek közül a feladatok közül a legegyszerűbb (kémiai képletekkel, illetve reakcióegyenletekkel kapcsolatos) példák már a 7. és 8. évfolyamon is megoldhatók. Később tetszés szerint kombinálhatók a gázokkal, elegyek összetételével és bármilyen más kémiai számítással kapcsolatos feladatokkal, egészen a legbonyolultabb példákig. Az alább felsorolt típusokat és altípusokat szoktuk megkülönböztetni.

A vegyületek képlete és összetétele közötti összefüggéseken alapuló feladatok

a) Képletből tömegszázalékban megadott összetétel számítása:

Ez a legkönnyebb feladat típus. Az ilyen példák életközeli tehető, ha valós kontextusba helyezzük a problémát (lásd 3.3. alfejezet). Néhány példa:

- Két vagy három vegyület közül melyiket érdemes leginkább műtrágyaként alkalmazni, ha csak a N-tartalmukat vagy a K-tartalmukat tekintjük?
- Mennyi fém vagy nemfém állítható elő elméletileg egy adott ércből vagy ásványból?
- Mekkora az adott kristályos só kristályvíztartalma?

b) Tömegszázalékban megadott összetételből képlet kiszámítása:

- Életszerű példa az, hogy ásványelemzés vagy szerves sztöchiometriai példák esetén elemanalízis tömegszázalékos eredményéből kell képletet szerkeszteni. Ilyen feladatok esetében a megoldás menete:
 - Felírjuk, hogy az egyes elemekből hány g van 100 g vegyületben.
 - Az elemek anyagmennyiség-arányát úgy kapjuk meg, hogy a fent kapott tömegarányt végig osztjuk az adott elem moláris tömegével.
 - Az anyagmennyiség-arányból úgy kapjuk meg a képletbeli atomarányt, hogy:
 - előbb a legkisebb számmal végig osztjuk (mivel egyetlen atomból sem lehet egy egésznél kevesebb a képletben);
 - ha nem minden atomra kaptunk egész számot, akkor annyival kell az egész atomarányt végig szorozni, hogy mindegyik elemre egész számot kapjunk.
 - Felírjuk a vegyület tapasztalati képletét.
 - A vegyülési törvényeket alkalmazva megszerkesztjük az ionvegyület vagy a molekula képletét (szerves vegyületek esetében a csoportfunkciós, illetve a szerkezeti képletet).

Az elemek izotóparánya és relatív atomtömege (A_r) közötti összefüggéseken alapuló feladatok

a) Törtekben vagy százalékokban megadott anyagmennyiség-összetételből relatív atomtömeg (A_r) kiszámítása:

- A legkönnyebben megérthető az, ha úgy fogalmazzuk meg a feladatot, hogy az adott elem 100 atomja közül ennyi db az egyik tömegszámú izotóp, annyi db a másik tömegszámú izotóp stb.
- Tipikus egyszerű példa a klór relatív atomtömegének kiszámítása az alapján, hogy a természetes elemi klórt $x_1 = 77\%$ ^{35}Cl és $x_2 = 23\%$ ^{37}Cl izotóp alkotja.
- A relatív atomtömeg kiszámításakor
 - vagy a törtekben megadott anyagmennyiség-összetétellel szorozzuk be az egyes izotópok tömegszámait, majd ezeket összeadva egyenesen az A_r -t kapjuk;
 - vagy a százalékokban megadott anyagmennyiség-összetétellel szorozzuk be az egyes izotópok tömegszámait, majd ezeket összeadva az A_r 100-szorosát kapjuk.
- Ez a feladattípus jól használható annak a magyarázatnak a kvantitatív illusztrálására, hogy miért nem egész számok az elemek relatív atomtömegei.

(A fenti témakörrel kapcsolatos további megfontolásokat lásd még a 7.1. alfejezetben.)

b) Tömegszázalékban megadott összetételből relatív atomtömeg (A_r) kiszámítása:

Ez annyiban hasonlít a tömegszázalékból a képlet kiszámítására, hogy itt is először át kell számolni a tömegarányt anyagmennyiség-arányra, a tömegszámnak megfelelő moláris tömegekkel való osztással. Utána már a fentiekben leírtak szerint folytatható a feladat megoldása.

c) Keverékek, ill. ötvözetek összetételének számítása az elemzéskor végzett kémiai reakciók alapján.

d) Kémiai reakciók egyenletei alapján történő számítások, amelyeknek az alábbi főbb altípusai különböztethetők meg:

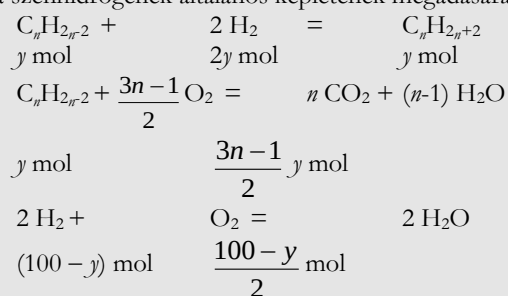
- csapadékképzési reakciók;
- gázképződési reakciók (Avogadro-törvénnyel, ill. gáztörvényekkel kombinálva);
- sav-bázis reakciók (egyenletrendezéssel és sav-bázis titrálással kombinálva);
- redoxireakciók (az egyenletek oxidációs számok alapján való rendezésével és redoxititrálásokkal kombinálva).
- a szerves vegyület képletét a különböző kémiai reakciói alapján kell meghatározni.

e) Összetett (több vegyületből álló) ásványok képletének meghatározása az egyes elemek atomarányai, ill. különböző kémiai reakciói alapján.

Az szerves vegyület képletét a különböző kémiai reakciói alapján kell meghatározni. Álljon itt erre példaként az alábbi feladat és megoldása.

Feladat: Egy alkint és hidrogént tartalmazó gázelegyet katalizátoron átvezetve az alkin egésze alkánná alakul át. A keletkező gázelegy térfogata az eredetinek fele lesz. A kiindulási gázelegy tökéletes elégetéséhez az elegy térfogatával azonos térfogatú (azonos állapotú) oxigén szükséges. Számítsuk ki az eredeti gázelegy összetételét térfogatszázalékban! Mi az alkin összegképlete?

Megoldás: Szerencsére Avogadro törvénye értelmében azonos állapotú – azaz azonos hőmérsékletű és nyomású – ideális gázok azonos térfogatában azonos számú – azaz azonos anyagmennyiségű – részecske van. Ezért ideális gázelegyek esetében: térfogatarány = anyagmennyiség-arány. Így a térfogatarány (φ) és az anyagmennyiség-arány (x) közül mindig azzal számolhatunk, amivel éppen praktikusabb. Most azt célszerű feltételezni, hogy 100 mol gázelegyből y mol alkin és $(100 - y)$ mol hidrogén van. (Az ismeretlen alkin anyagmennyiséget itt azért nem praktikus x -el jelölni, mert a móltört kiszámítására is szükség lesz. Másrészt n -nel sem célszerű jelölni azt, mert az viszont már foglalt a szénhidrogének általános képletének megadására.) A reakcióegyenletek:



Két ismeretlenünk van (y és n), ezért a fentiekből 2 egyenletet kell felírunk.

(Megjegyzés: Mindig annyi egyenlet kell, mint amennyi ismeretlen van. Ha úgy tűnik, hogy ettől eggyel kevesebb az egyenletek száma, akkor vagy föl lehet még egyet írni a kémiai összefüggések alapján, vagy próbálgatni kell, pl. feltételezve, hogy egy, a példában szereplő ismeretlen fém egy vagy kettő vagy három vegyértékű.)

A hidrogénezésre: $50 = y + 100 - y - 2y$, hiszen az eredeti gáz anyagmennyisége 100 mol volt, annak a fele 50 mol, ami a keletkező y mol alkánból és a maradék hidrogénből áll [(100 - y)-ból le kell vonni az elhasznált $2y$ mol hidrogént]. Így $50 = 100 - 2y$; $2y = 50$; $y = 25$; tehát:

$x(\text{alkin}) = \varphi(\text{alkin}) = 25\%$; a többi (75%) pedig a hidrogén volt.

Az alkin képletéhez „ n ”-et kell kiszámolni az égéshez szükséges oxigén mennyiségéből, ami a feladat szövege alapján a mi esetünkben 100 mol. Tehát:

$$\frac{3n-1}{2} \times y + \frac{100-y}{2} = 100 \quad (3n-1) \times y + 100 - y = 200$$

$y=25$ behelyettesítése után:

$$(3n-1) \times 25 + 75 = 200$$

$$75n-25 = 125$$

$$75n = 150$$

$$n = 2$$

Tehát éppen az **acetilénről (C_2H_2)** volt szó.

Érdemes ellenőrizni, hogy jól számoltunk-e. Visszahelyettesítve a kapott eredményt a 25 mol acetilén + 75 mol hidrogén égéséhez szükséges oxigén mennyisége:

$$25 \times 2,5 + \frac{75}{2} = 62,5 + 37,5 \text{ mol; ami összesen valóban 100 mol.}$$

Keverékek összetételének számítása az elemzéskor végzett kémiai reakciók alapján. A következő feladat egy jó példa lehet erre az altípusra.

Feladat: Egy nátrium-kálium ötvözet 20 g-ját 500 g vízbe tesszük. A reakció lejátszódása után olyan oldat keletkezett, amely összesen 6,4 tömegszázalék lúgot tartalmaz. Mi az ötvözet összetétele tömegszázalékban?

Megoldás: $w(\text{Na}) = 75\%$.

7.3. Gázokkal kapcsolatos feladatok

Mindenekelőtt azt érdemes tisztázni, hogy ideális (tökéletes) gáz, amelyben nincs a részecskék között összetartó erő (a kohézió nulla), és a részecskék pontszerűek (a részecskék térfogata nulla), nem létezik. A diákok ekkor joggal kapják fel a fejüket arra a kérdésre, hogy miért kell egy olyan dologgal kapcsolatos számítások elvégzését megtanulni, ami a valóságban nincs is.

A megbeszéléssel és/vagy kérdeve kifejtéssel végzett közös gondolkodás eredményeként kell eljutni ahhoz a megállapításhoz, hogy az ideális gáz csak egy nagyon leegyszerűsített modellje a valóságos gázoknak. A fogalom használata pedig azért fontos mégis, mert elég „ritka” (kis nyomású és magas hőmérsékletű) gázok esetében az ideális gáz modellje alapján megalkotott gáztörvények szerint végzett számítások elég jó közelítéssel adják meg a valóságban mérhető egyes állapothatározókat. (Vagyis az ideális gáz modellje alapján ilyen körülmények között elég jól tudjuk leírni a valóságot.) Minél nagyobb a részecskék közötti másodlagos kölcsönhatás (kohézió), és minél nagyobb a részecskék mérete (térfogata), annál rosszabb közelítést kapunk a mérhető valós eredményhez képest az egyes állapothatározók (anyagmennyiség, nyomás, térfogat és hőmérséklet) kiszámítása során. A reális (valós) gázok állapotegyenlete a reális gázok modelljén alapul, vagyis a fenti két tényezőt (kohézió és részecsketér fogat) nem tekinti nullának (tehát a gáz nyomását a részecskék közötti kohézió növeli, a gáz rendelkezésére álló térfogatot pedig a részecskék saját térfogata csökkenti). Ez azonban nem közoktatási tananyag, csak a tanárok számára fontos háttérismeret.

Az összefüggések tárgyalása előtt át kell ismételni a négy állapothatározót és mértékegységeiket:

- hőmérséklet: a kelvinben kifejezett abszolút hőmérséklet (jele: T és $T/K = t/^{\circ}\text{C} + 273,15$; amely összefüggésben t a Celsius-hőmérséklet jele, amelynek mértékegysége a $^{\circ}\text{C}$)
- nyomás (jele: p ; mértékegysége: Pa)
- térfogat (jele: V ; mértékegysége: m^3)
- anyagmennyiség (jele: n ; mértékegysége: mol)

Ez után érdemes a diákokkal együtt, lehetőség szerint élő vagy felvételnél bemutatott kísérletekre, esetleg a hétköznapi tapasztalatokra vagy előzetes ismeretekre (lásd a [3.4. alfejezet](#)) hagyatkozva levezetni az ideális gázok törvényeit. Ezek áttekintése megkönnyíthető egy táblázat közös kitöltésével ([5. táblázat](#)).

5. táblázat. Összefoglaló az ideális gázok törvényeiről (áll. = állandó, vált. = változik)

n	p	V	T	arány	állandó	törvény	név
áll.	áll.	vált.	vált.	egyenes*	$\frac{V}{T} = \text{áll.}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \dots = \frac{V_n}{T_n}$	Gay-Lussac I.
áll.	vált.	áll.	vált.	egyenes**	$\frac{p}{T} = \text{áll.}$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} \dots$	Gay-Lussac II.
áll.	vált.	vált.	áll.	fordított***	$p \cdot V = \text{áll.}$	$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \dots$	Boyle–Mariotte
áll.	vált.	vált.	vált.	$\frac{p \cdot V}{T} = \text{áll.}$		$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots$	Egyesített gáztörvény
vált.	vált.	vált.	vált.	$\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = \text{áll.} = R^{****}$		$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$	Általános gáztörvény

* Minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a térfogat.

** Minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a nyomás.

*** Minél nagyobb a nyomás, annál kisebb a térfogat.

**** Moláris gázállandó, értéke $8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

A fentiek alapján természetesen (a többi állapothatározó állandó értéken tartása mellett) a térfogat is egyenesen arányos az anyagmennyiséggel (ld. Avogadro törvénye), valamint a nyomás is egyenesen arányos az anyagmennyiséggel. Arra is fel kell hívni a tanulók figyelmét, hogy a fentiekből következően az általános gáztörvény minden ideális gázra vonatkozó feladat esetében használható, hiszen magában foglalja az egyszerű gáztörvényeket (lásd a táblázat első 3 sora) és az összevonásukból adódó egyesített gáztörvényt is. Az egyszerű és az egyesített gáztörvények alkalmazása azonban jelentősen gyorsíthatja a számolást. Nagyon vigyázni kell arra, hogy az adott állapothatározókat csak azonos mértékegységekkel szabad behelyettesíteni (az R fent megadott értékének használata esetén az „alap” SI-egységekben) és T mindig az abszolút hőmérsékletet jelenti.

A kémia szempontjából általános tantervű osztályokban manapság a kémiaórákon többnyire csak az Avogadro-törvény, a moláris térfogat, illetve az egyszerű (esetleg az egyesített) gáztörvények alkalmazásán alapuló számolási feladatok megoldását szokták tanítani. (A gáztörvények egyébként a fizika tananyagban is szerepelnek, de jóval később, mint a kémiában, ahol már 9. osztályban, a halmazok témakörben tanítandó gázok kapcsán sor kerül rájuk.) Emelt szinten érettségiző, illetve versenyző diákoknak azonban meg kell tudni oldani az általános gáztörvény alkalmazását igénylő példákat is.

Kezdők esetében a fokozatosság elvét alkalmazva (lásd bővebben a 3.1. alfejezetben) célszerű először igen egyszerű, fejben számolható feladatokat megoldani.

Feladat: Hogyan változik egy gáz nyomása, ha azonos hőmérsékleten az eredeti térfogatának negyedére nyomjuk össze?

A vizuális típusú tanulók számára megkönnyítheti a megoldást, ha a feladat szövege segíti őket abban, hogy a kísérletet el is képzeljék. Tehát a fenti példát célszerű inkább így megfogalmazni:

Feladat: Hogyan változik egy dugattyús fecskendőben lévő gáz nyomása, ha azonos hőmérsékleten az eredeti térfogatának negyedére nyomjuk össze?

Megoldás: A Boyle–Mariotte-törvény értelmében a térfogat és a nyomás fordítottan arányos. Ezért ha a térfogat a negyedére csökken, akkor a nyomás a négyszeresére nő.

A számításokat pedig úgy célszerű gyakorolni, hogy a végeredmény mértékegységét is le kell vezetni (sőt szóban esetleg a mértékegységek átváltását is). Ennek során rögzíteni kell azt a tényt,

hogy az adatok mértékegységeit a képletbe helyettesítve egyszerűsítés után mindig ki kell jönnie a végeredmény mértékegységének (lásd az 5.6. alfejezet). Ellenkező esetben vagy a képlet rossz, vagy rosszul végeztük a behelyettesítést.

Tanórai gondolkodtató kérdésként vagy házi feladat gyanánt alkalmazhatók az alábbihoz hasonló feladatok.

Feladat: Mi a feltétele annak, hogy két különböző ideális gáz abszolút sűrűsége megegyezzen? Tudnál két közismert gázt mondani az ilyen esetre példaként?

Megoldás: A **moláris tömegüknek kell azonosnak lenni** (mivel a moláris térfogatuk azonos). Például ilyen a CO és a N₂, sőt a C₂H₄ is.

Emelt szintű (az átlagosnál nagyobb óraszámú) képzésben, illetve szakkörön használhatók az általános gáztörvény alkalmazását igénylő, például az alábbihoz hasonló számolási feladatok.

Feladat: Felrobban-e az az 50 dm³ térfogatú gázpalack, amely valamely okból 90 °C-ra melegszik, és benne 0,200 kmol gáz van? A gázpalack fala a légköri nyomás (kb. 10⁵ Pa = 0,1 MPa) tízszeresét képes elviselni.

Megoldás: Először mindig az adatokat írjuk fel, kérdőjellel jelölve azt, amit keresünk.

$V = 50 \text{ dm}^3 = 0,050 \text{ m}^3$ (Kezdők esetében szóban elmondható: a méter a dm-nek 10-szerese, ezért a m³ a dm³-nek 10³ = 1000-szerese. Mivel a mértékegységet ezerszeresére növeltük, a mérőszámot ezredrészt kell csökkenteni ahhoz, hogy a mennyiség nagysága ne változzon.) Ha dm³-ben helyettesítenénk be az alábbi képletbe, akkor nem tudnánk a mértékegységek esetében az alább látható módon egyszerűsíteni. Ez utalna arra, hogy a szám, amelyet eredményként kapnánk, nem jó nagyságrendben volna.

$t = 90 \text{ °C} \rightarrow T = 90 + 273 = 363 \text{ K}$ (Mivel a hőmérséklet csak egész °C pontossággal volt megadva, nem lenne jogos tized, illetve századfoknyi pontossággal átszámolni. A kétféle hőmérséklet skála közötti átváltás közé nem szabad egyenlőségjelet tenni.)

$n = 0,200 \text{ kmol} = 200 \text{ mol}$ (A „kilo” prefixum ezerszerest jelent, tehát ha ennek a „mol” ezredrésze, akkor a mérőszámot ezerrel szorozni kell, hogy ne változzon a mennyiség nagysága. Emlékeztethetjük a tanulókat arra is, hogy az anyagmennyiség mértékegységének jele így, azaz rövid „o”-val írandó, de ha szövegben magyarul kiírjuk a mértékegységet, akkor „mól”).

$$p = ?$$

Ezután jön a felhasznált képlet, amiből kifejezzük a keresett mennyiséget, majd behelyettesítjük az adatokat és mértékegységeket:

$$p \times V = n \times R \times T$$

$$p = \frac{n \times R \times T}{V} = \frac{200 \text{ mol} \times 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \times \text{K}} \times 363 \text{ K}}{0,050 \text{ m}^3} = 1,207 \times 10^7 \frac{\text{mol} \times \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{mol} \times \text{K}} \times \text{K}}{\text{m}^3} = 12,07 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \approx 12 \text{ MPa}$$

A „mol” a „K” és az „m” mértékegységekkel nyilvánvalóan egyszerűsíthetünk, így marad a $\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$, ami a nyomás

mértékegysége, tehát jó volt a képlet és a behelyettesítés is. Másrészt emlékeztetni kell a diákokat arra, hogy a legkevésbé pontos adatunknak 2 értékes jegye van (50 dm³), ezért nem lenne jogos az eredményt a számológép által kiírt, pl. 8 értékes jegy pontossággal megadni. Ezzel ugyanis azt állítanánk, hogy ilyen pontossággal ismerjük a végeredményt, ami egyszerűen nem igaz, ugyanis a végeredmény elvileg sem lehet pontosabb, mint az adatok, amiből kiszámoltuk. A nyomás a légköri nyomásnak kb. 120-szorosa. Célszerű a számolás eredményét egy mondatban mindig rögzíteni a példa végén, a következőképpen:

„A tízszeres légköri nyomás kb. 1 MPa, aminek a fent kiszámított 12 MPa nyomás tizenkétszerese, tehát a palack minden valószínűség szerint **felrobban**.”

Az egyszerű gáztörvényekkel kapcsolatos számolások gyakorlásakor is érdemes olyan feladatokat adni, amelyeknek az a megoldása, hogy egy gázpalack vagy tartály felrobban, mert ez kicsit érdekesebbé teszi a számolást a diákok számára. Továbbá motiváló hatású lehet a feladatot egy kis kerettörténettel életszerűbbé tenni, például a fenti feladatot ilyen módon átfogalmazva:

Feladat: Egy falusi disznóölés során a perzselést propán-bután (PB) gázpalack segítségével végzik. Azonban a nagy hidegben a palack nem működik rendesen, így forró vízbe állítják. Felrobban-e az az 50 dm³ térfogatú gázpalack, ami 90 °C-ra melegszik, és benne 0,2 kmol gáz van? A gázpalack fala a légköri nyomás (kb. 10⁵ Pa = 0,1 MPa) tízszeresét képes elviselni.

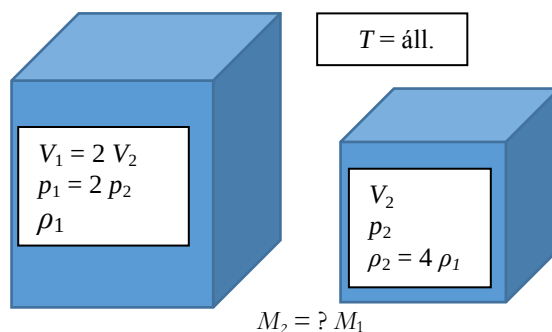
A fenti feladat megoldása után gondolkodtató kérdésként föl lehet tenni azt, hogy vajon miért nem robban fel akkor mégsem a PB-gázpalack a perzseléskor, ha forró vízbe állítják. A válasz összetett. Nagyon tanulságos a tanulókkal összegyűjteni és megbeszélni a következő elemeket:

- Lehet, hogy a gázpalackban kevesebb gáz van.
- Valószínű, hogy a gázpalack fala a légköri nyomás tízszeresénél jóval nagyobb nyomást is kibír.
- Nem az egész palackot melegítik fel kb. 90 °C-ra amikor forró vízbe állítják, hanem csak egy részét.
- Ilyen nagy nyomású (és nagy sűrűségű) gáz már nem tekinthető jó közelítéssel ideális gáznak. Az adott körülmények között a gáz egy része cseppfolyós állapotban van. Ezt tapasztalhatjuk is, ha egy PB-palack tartalmát óvatosan megrázzuk.

Ha a tanulók megkérdezik, hogy a fentiek fényében mi haszna volt a példa megoldásának, akkor azt válaszolhatjuk, hogy ezáltal szívesebben gyakorolták az ideális gáztörvény alapján végzett számításokat, amelyeket bármely más állapothatározók esetében hasonló módon lehet elvégezni...

Kifejezetten versenyzők számára hasznos az alábbi feladat megoldása, amely az 1995/96-os tanév Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny I. fordulóján szerepelt.

Feladat: Két tartály egy-egy elemi gázt tartalmaz. A két tartály közül a nagyobbik térfogata kétszerese a kisebbiknek. A nagyobb tartályban lévő gáz nyomása – azonos hőmérséklet mellett – kétszerese a kisebb tartályban lévőnek, viszont a kisebb tartályban lévő gáz sűrűsége négyszerese a nagyobb tartályban lévőnek. Hogyan viszonyul egymáshoz a két gáz moláris tömege? Melyik a két elemi gáz? A megoldást segíti, ha (a vizualításra törekvés jegyében, lásd a 3.2. alfejezetben) az adatok feltüntetése a 7. ábrán lévőhöz hasonló rajzon történik.



7. ábra. Egyszerű rajz a két tartályban lévő gázok adatainak feltüntetésére.

Megoldás: Ideális gázok esetében a 4 állapotjelző és a gáz abszolút sűrűsége (ρ) közötti összefüggés az általános gáztörvényből levezethető:

$$p \times V = n \times R \times T = \frac{m}{M} \times R \times T \quad \rightarrow \quad \frac{p \times M}{R \times T} = \frac{m}{V} = \rho$$

Az adott példa esetében az adatokat a következő képletbe helyettesíthetők be:

$$\frac{p_2 \times M_2}{R \times T} = \rho_2 = 4 \times \rho_1 = 4 \times \frac{p_1 \times M_1}{R \times T}$$

Egyszerűsítés után: $p_2 \times M_2 = 4 \times p_1 \times M_1 = 4 \times 2 \times p_2 \times M_1 = 8 \times p_2 \times M_1$. Azaz: $M_2 = 8 M_1$.

Ez az elemi gázok közül csak a **He** és az **O₂** lehet. (A hidrogén és oxigén nem jó megoldás, mert az oxigén elemi gázként kétatomos molekulákat képez.)

7.4. A keverékek és elegyek, illetve oldatok összetételével kapcsolatos feladatok

A többkomponensű rendszerek összetételének megadása többféle módon is történhet. A heterogén többkomponensű rendszerek (pl. porkeverékek) esetében általában csak a komponensek tömegszázalékban (esetleg anyagmennyiség-százalékban) megadott összetételének a számítását lehet gyakorolni. A homogén többkomponensű rendszerek (elegyek) közül a gázelegyeknek a térfogatszázalékban és az anyagmennyiség-százalékban megadott összetételével is foglalkozni kell. Tanórai gondolkodtató kérdésként vagy házi feladat gyanánt alkalmazhatók az alábbi feladatok:

Feladat: Vezesd le, hogy az ideális gázok esetében a térfogatszázalékban megadott összetétel azonos az anyagmennyiség-százalékban megadott összetétellel!

Megoldás: Ideális gázok és gázelegyek esetében a moláris térfogatok azonos körülmények között azonosak. Tehát ha az anyagmennyiség-százalékban megadott összetétel valamely komponensre $x = y\%$, akkor 100 mol elegyben y mol van az adott komponensből. Ekkor pl. standard nyomáson és 25 °C-on $V_0 = 100 \text{ mol} \times 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol} = 24500 \text{ dm}^3$ elegyben $V = y \text{ mol} \times 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol} = 24,5y \text{ dm}^3$ van belőle, azaz a térfogatszázalék

$$\varphi = (24,5y \text{ dm}^3 / 24500 \text{ dm}^3) \times 100\% = y\%.$$

(Ha a diákok absztrakciós képességei megengedik, akkor a megoldásba a konkrét moláris térfogat helyett egyszerűen a V_m is beírható. Ha azonban nagyon konkrét példa alkalmazására van szükség, akkor az x anyagmennyiség-százalék kifejezésben is helyettesíthető az y egy konkrét számmal.)

A gázelegyek átlagos moláris tömegének számítása során érdemes először a levegő átlagos moláris tömegét kiszámoltatni.

Feladat: A levegőben 100 molekulából 78 db nitrogén, 21 db oxigén és 1 db argon. Mennyi a levegő átlagos moláris tömege?

Megoldás: $M(\text{N}_2) = 28,0 \text{ g/mol}$, $M(\text{O}_2) = 32,0 \text{ g/mol}$, $M(\text{Ar}) = 39,9 \text{ g/mol}$.

A gázelegy átlagos moláris tömegét az egyes komponensek móltörtjéből és moláris tömegéből képzett szorzatok összeadásával kapjuk:

$$M(\text{átl}) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot M_i$$

$$M(\text{átl}) = (0,78 \times 28,0 + 0,21 \times 32,0 + 0,01 \times 39,9) \text{ g/mol} = \mathbf{29,0 \text{ g/mol}}.$$

Fel kell hívni a diákok figyelmét arra, hogy az eredményt (a levegő átlagos moláris tömegét, ami kerekítve 29 g/mol) érdemes megjegyezni, mert az ennél nagyobb moláris tömegű gázok abszolút sűrűsége nagyobb a levegőénél (annak minden következményével együtt, tehát pl. a CO_2 -gáz összegyűlik a pincék és a barlangok mélyén, és gázfejlesztéskor csak szájjal felfelé fordított edényben lehet fölfogni). Másrészt az ennél kisebb moláris tömegű gázok abszolút sűrűsége kisebb a levegőénél, annak minden következményével együtt (pl. a H_2 -gázt régebben léghajók fölemelésére és léggömbök megtöltésére alkalmazták, és gázfejlesztéskor csak szájjal lefelé fordított edényben lehet fölfogni).

A gázelegyekkel kapcsolatos számítási feladatok során célszerű levezetni Avogadro törvényéből, hogy az ideális gázok vagy az azokból álló gázelegyek relatív sűrűsége miért csak a moláris tömegüktől, ill. az átlagos moláris tömegüktől függ (hiszen Avogadro törvénye úgy is megfogalmazható, hogy az azonos állapotú és anyagmennyiségű ideális gázok térfogata azonos).

A gázelegyek összetételével kapcsolatos bonyolultabb számításokra példa lehet az alábbi feladat. Ennek esetében megfigyelhető, hogy a fokozatosság elve (lásd a [3.1. alfejezetben](#)) jegyében több részkérdés is szerepel, de a példa szövege nem kérdez rá külön-külön minden lépésre.

Feladat: Szén-monoxidból és hidrogénből álló gázelegy 17 g-já 27 °C hőmérsékleten, 105 kPa nyomáson 47,51 dm³ térfogatú.

- Mekkora a gázelegy átlagos moláris tömege?
- Mi a gázelegy összetétele anyagmennyiség-százalékban és térfogatszázalékban megadva?
- Mi a gázelegy összetétele tömegszázalékban megadva?

Megoldás: Az első ilyen vagy ehhez hasonló feladat megoldásakor érdemes az alábbihoz hasonló megoldási tervet készíteni (lásd a 3.1. alfejezetet). A könnyebb követhetőség érdekében megoldási terv egyes lépéseihez zárójelben beírtuk a részmegoldásokat és a megoldásokat is.

- a) Általános gáztörvénnyel kiszámítjuk a gázelegy összes anyagmennyiségét:

$$n_0 = \frac{p \times V}{R \times T} \quad (n_0 = 2,0 \text{ mol})$$

- b) A gázelegy tömegéből és anyagmennyiségéből kiszámítjuk az átlagos moláris tömeget:

$$M = \frac{m_0}{n_0} \quad (= 8,5 \text{ g/mol})$$

- c) Kiszámítjuk az egyes anyagmennyiség-törtéket:

$$M = x_{\text{CO}} \times M_{\text{CO}} + x_{\text{H}_2} \times M_{\text{H}_2} = x_{\text{CO}} \times M_{\text{CO}} + (1 - x_{\text{CO}}) \times M_{\text{H}_2}$$

$$x(\text{CO}) = 0,25 \quad x(\text{H}_2) = 0,75$$

- d) Az ($X\%$) az anyagmennyiség-törtben és az anyagmennyiség-százalékban megadott összetétel:

$$X(\text{CO}) = 0,25 = 25\% \quad x(\text{H}_2) = 0,75 = 75\%$$

- e) A térfogatszázalékban megadott összetétel megegyezik az anyagmennyiség-százalékban megadott összetétellel:

$$\varphi(\text{CO}) = 25\% \quad \varphi(\text{H}_2) = 75\%$$

- f) A szén-monoxid anyagmennyisége: $n_{\text{CO}} = x_{\text{CO}} \times n_0$

$$(0,50 \text{ mol})$$

- g) A szén-monoxid tömege: $m_{\text{CO}} = n_{\text{CO}} \times M_{\text{CO}}$

$$(14 \text{ g})$$

- h) Az összetétel tömegszázalékban megadva

$$w(\text{CO}) = \frac{m_{\text{CO}}}{m_0} \times 100\% \quad \text{és} \quad w(\text{H}_2) = 1 - w(\text{CO})$$

$$w(\text{CO}) = (14/17) \times 100\% = 82\% \quad w(\text{H}_2) = 18\%.$$

Az oldatok olyan elegyek, amelyeknek az egyik vagy néhány komponense valami miatt kitüntetett szerepben van (oldott anyag/ok/). Az a megfogalmazás, hogy az egyik komponens (az oldószer) túlnyomó többségben van jelen a többihez képest, csak nem nagyon tömény oldatokra igaz. Ez könnyen belátható, ha a $w = 98\%$ tömény kénsavra gondolunk. Ennek esetében nem szoktuk azt mondani, hogy a víz az oldott anyag és a kénsav az oldószer. Hiszen a felhasználásával végrehajtott reakciókban a kénsav a hatóanyag és nem a víz.

Az oldatokat és azok összetételének megadását a tömegszázalék (ill. tömegtört, esetleg térfogatszázalék, ill. térfogattört), illetve az anyagmennyiség-koncentráció segítségével a NAT 2012²¹⁹ szerint a 7-8. évfolyamon is tanítani kell. Az anyagmennyiség-tört (móltört), illetve – anyagmennyiség-százalék és a tömegkoncentráció a 9. évfolyamon kerül sorra, ahol a halmazok és anyagi rendszerek kapcsán mélyebb ismereteket szereznek a diákok az oldatokról. A 9. évfolyamon érdemes egy, az alábbihoz hasonló, összefoglaló jellegű áttekintést adni az elegy- és oldatösszetétel megadásának leggyakoribb módjairól (lásd az 5.6. alfejezetet):

Törttekkel vagy százalékokkal: A százalékok számértéke a megfelelő törték számértékének 100-szorosa (mivel a % jel százdarabot jelent) és azt adják meg, hogy egy elegy vagy oldat (rövidítve: „o.”) 100 egységéből hány egység az általunk kiszemelt komponens vagy az oldott anyag (rövidítve: o.a.):

- tömegszázalék: $w = \frac{m_{\text{o.a.}}}{m_0} \times 100\%$

- térfogatszázalék: $\varphi = \frac{V_{\text{o.a.}}}{V_0} \times 100\%$

- anyagmennyiség-százalék: $x = \frac{n_{\text{o.a.}}}{n_0} \times 100\%$

Koncentrációkkal, amelyek azt adják meg, hogy az elegy egységnyi térfogatában vagy az oldószer tömegegységére vonatkoztatva milyen anyagmennyiségű, illetve tömegű kiszemelt komponens van:

²¹⁹ https://www.ofi.hu/sites/default/files/attachments/mk_nat_20121.pdf (utolsó letöltés: 2015. 08. 23.)

- Anyagmennyiség-koncentráció: $c = \frac{n_{o.a.}}{V_o}$; mértékegysége: $\frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$,

de (itt a kényelmi szempontok alapján) inkább mol/dm^3 mértékegységet használunk a mindennapi életben:

$$1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 1000 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \text{ (mivel ezerszeres térfogatban ezerszer annyi anyagmennyiség van).}$$

- Tömegkoncentráció: $\gamma_B = \frac{m_{o.a.}}{V_o}$; mértékegysége: $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,

de ez nem tévesztendő össze a sűrűséggel, ugyanis a sűrűség esetében a teljes tömeget osztjuk a térfogattal, míg itt csak az adott komponens tömegét osztjuk a teljes térfogattal

• Raoult-koncentráció azt adja meg, hogy 1 kg oldószer mekkora anyagmennyiségű oldott anyagot old. Ez (a fenti koncentrációktól eltérően) nem hőmérsékletfüggő, mivel nem szerepel benne a térfogat. Ezért pl. a híg oldatok törvényeivel kapcsolatos mérésekhez és számolásokhoz használható. Közoktatásban nem, csak vegyipari vagy környezetvédelmi jellegű szakképzésben kell tanítani.

Az egyes oldatösszetétel-megadási módok közötti átváltásokkal kapcsolatban megállapítható ez a két egyszerű összefüggés:

$$\begin{aligned}\gamma_B &= \varrho \cdot w_B \\ \gamma_B &= M_B \cdot c_B\end{aligned}$$

Használatuk azonban csak azok számára javasolható, akik értik a mennyiségek közötti átszámolások és a mértékegységek közötti átváltások módját.

Az oldatok keverésével, hígításával és töményítésével kapcsolatos feladatok megoldásához célszerű használni a keverési egyenletet, amely az m_1 tömegű és w_1 töménységű, valamint az m_2 tömegű és w_2 töménységű oldatok elegyítésére így írható föl:

$$m_1 \times w_1 + m_2 \times w_2 = (m_1 + m_2) \times w_3$$

A keverési egyenlet használatakor a következőket kell szem előtt tartani:

- Tömegtörtek esetén közvetlenül az egyes oldatokban lévő oldott anyag tömegeit adják meg a fenti kifejezések, míg tömegszázalékok alkalmazása esetén az egyenlet 100-zal szorozva van és ki kell tenni a % jeleket.
- Nagyon kell vigyázni arra, hogy az összetartozó oldattömegek és tömegszázalékok azonos indexet kapjanak!
- Hígításkor (kezdők esetében) a vízre: $w_2 = 0$ értéket kell behelyettesíteni.
- Bepárlással való töményítéskor az elpárolgó víz tömegét ki kell vonni.
- Szilárd anyag oldásával való töményítéskor a szilárd anyagra általában $w = 100\%$. Azonban a kristályvizes só oldásakor annak tömegszázalékos összetétele úgy számolható ki, hogy a vízmentes só moláris tömegét osztjuk a kristályvizes só moláris tömegével, és az eredményt szorozzuk százszal. (Ilyen számítási feladatok találhatók a 4.3. alfejezetben.)
- Lehet felírni más összetartozó mennyiségekre is keverési egyenletet. Például a következő az egyes oldatokban lévő oldott anyag anyagmennyiségeket adja meg:

$$V_1 \times c_1 + V_2 \times c_2 = (V_1 + V_2) \times c_3;$$

de ez csak akkor igaz, ha az elegyítéskor elhanyagolható a térfogatváltozás, tehát

$$V_1 + V_2 = V_3$$

A következő versenyfeladatok a differenciált foglalkozások (részletesebben lásd VII. Differenciált oktatás, felszárkóztatás, tehetséggondozás), illetve a tehetséggondozás során használhatók. A részletes megoldások mutatják, hogy hogyan magyarázhatók el az alábbi gondolatmenetek.

Feladat: Három edényben a következő oldatok vannak: az egyikben $0,1 \text{ mol/dm}^3$, a másikban $0,5 \text{ mol/dm}^3$, a harmadikban $0,9 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NaOH-oldat. Válaszd ki a három oldat közül a $0,1 \text{ mol/dm}^3$ NaOH-oldatot úgy, hogy $1,0 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavoldattal csak egy titrást végezhetsz!

Megoldás: Ha a három edény közül kettőből különböző térfogatokat mérünk össze (pl. bürettával), és utána azt titráljuk a sósavoldattal, akkor a fogyások alapján vissza lehet következtetni arra, hogy a két edényben milyen koncentrációjú NaOH-oldat volt (és így a harmadik edényben lévő lúg töménysége is kiderül). Például az egyik NaOH-oldatból $10,0 \text{ cm}^3$ -t és a másikkól $1,0 \text{ cm}^3$ -t összemerve, az $1,0 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavból a következő fogyásokat kaphatjuk annak megfelelően, hogy mely lúgoldatokból történt a kimérés (6. táblázat):

6. táblázat. A lehetséges kombinációknak megfelelő fogyások.

$10,0 \text{ cm}^3$ NaOH-oldat $c \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	$1,0 \text{ cm}^3$ NaOH-oldat $c \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	$1,0 \text{ mol/dm}^3$ HCl $V \text{ (cm}^3\text{)}$
0,1	0,5	1,5
0,5	0,1	5,1
0,9	0,1	9,1
0,1	0,9	1,9
0,5	0,9	5,9
0,9	0,5	9,5

Feladat: Ha $V_1 = x \text{ dm}^3$ térfogatú, $c_1 = x \text{ mol/dm}^3$ anyagmennyiség-koncentrációjú kénsavoldathoz $V_2 = y \text{ dm}^3$ térfogatú, $c_2 = y \text{ mol/dm}^3$ anyagmennyiség-koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatot öntünk, akkor a keletkezett oldat pH-ja **7,0**. Ha $V_3 = y \text{ dm}^3$, $c_3 = x \text{ mol/dm}^3$ anyagmennyiség-koncentrációjú kénsavoldathoz $V_4 = x \text{ dm}^3$, $c_4 = y \text{ mol/dm}^3$ anyagmennyiség-koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatot öntünk, akkor az így kapott oldat közömbösítéséhez 250 cm^3 szükséges a nagyobb koncentrációjú oldatból.

- Állapítsd meg, hogy melyik a nagyobb koncentrációjú oldat. A megállapításodat indokold is!
- Számítsd ki a kénsav- és a nátrium-hidroxid-oldatok koncentrációját, vagyis az x és y értékét!

Megoldás: Az $n = c \times V$ képlet alapján az

$x \text{ dm}^3$, $x \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kénsavoldatban $x^2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ van;

$y \text{ dm}^3$, $y \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatban $y^2 \text{ mol NaOH}$ van.

Az egyenlet: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$

1 mol 2 mol
 $x^2 \text{ mol}$ $2x^2 \text{ mol}$,

tehát $2x^2 = y^2$, vagyis $y > x$ (tehát a lúg a töményebb).

$x \text{ dm}^3$, $y \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatban $x \times y \text{ mol NaOH}$ van, ami $0,5 \times x \times y \text{ mol}$ kénsavval reagál.

$y \text{ dm}^3$, $x \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kénsavoldatban is $x \times y \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ van, aminek tehát csak a fele fogy el az $x \times y \text{ mol}$ nátrium-hidroxiddal való reakcióban, a másik fele, azaz $0,5 \times x \times y \text{ mol}$ kénsav fölöslegben marad, ami kétszer ennyi, tehát $x \times y \text{ mol}$ NaOH-dal közömbösíthető. Ez a mennyiség éppen 250 cm^3 $y \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatban van, ami $0,25y \text{ mol}$ formájában is kifejezhető. Tehát

$x \times y = 0,25y$, vagyis $x = 0,250$ és ezt a $2x^2 = y^2$ kifejezésbe visszahelyettesítve: $y = 0,354$.

Tehát $c_1 = c_3 = 0,250 \text{ mol/dm}^3$, $c_2 = c_4 = 0,354 \text{ mol/dm}^3$

Ellenőrzés: $2x^2 = y^2 \rightarrow 2 \times 0,0625 = 0,125$.

7.5. Tútelített oldatokkal kapcsolatos számítások

A tútelített oldatokból kikristályosodó, illetve a kristályos sók oldódásával kapcsolatos feladatok a 9. évfolyamon, az egyéb oldatokról szóló feladatok megoldásának gyakorlása után taníthatók. Ezt célszerű a kristályvízmentes sók oldatból való kiválásához kapcsolódó feladatokkal kezdeni, mivel ezek matematikai értelemben az oldatok töményítésének ellentétei. Sokkal nehezebb azonban megoldani az olyan feladatokat, amelyekben kristályvizes sók szerepelnek (lásd a 3.2. alfejezetben). Ezekben az esetekben a tipikus hiba az szokott lenni, hogy a tanulók a példák megoldásakor figyelmen kívül hagyják a kristályvízzel kristályosodó szilárd anyagok kristályvizét. Ennek kiküszöbölésében segíthet, ha a kristályvizes anyagot matematikailag úgy kezeljük, mint egy tömény oldatot (hiszen a kristályvizes anyag is vízmentes sóból és vízből áll). Ilyenkor kiszámíthatjuk a kristályvizes szilárd anyag tömegszázalékos összetételét. Ezután pedig úgy számolhatunk vele, mint egy (nagyon tömény) oldattal, és a kristálykiválásra vagy a kristályos só oldódására is egyszerűen felírhatunk egy keverési egyenletet (lásd a 4.3. alfejezetben). Segítheti az ilyen feladatok megoldását egy kis egyszerű, de szemléletes rajz is (lásd a 3.2. alfejezetben).

A kristályvizes szilárd anyagokkal kapcsolatos számítások közül a legnehezebbek általában azok, amelyek esetében pl. azt kell kiszámolni, hogy hány mól vízzel kristályosodik a szilárd anyag, vagy mi a kristályvízmentes só képlete. Ezeket paraméteres feladatként kell megoldani, ahol az ismeretlennel (ami lehet például az ismeretlen kristályvízmentes só moláris tömegének számértéke) mint paraméterrel írjuk föl az összefüggéseket, és így közönséges, egy ismeretlenes algebrai egyenletté transzformáljuk a problémát. Ha a vízmentes só képletét is meg kell adni, akkor föl kell használni a feladat szövegében erre vonatkozóan megadott információkat, majd az ismert kémiai (sztöchiometriai) összefüggések felhasználásával kell megoldani a feladatot. Előfordulhat, hogy még próbálgatásra is szükség van. Egy ilyen korábbi MOL Junior Freshhh²²⁰ versenyfeladat ebben a témakörben az alábbiakban látható, az egyik lehetséges megoldásával együtt.

Feladat: Egy vegyület 1 mol-ja 1 mol aniont, 1 mol kationt és 2 mol kristályvizet tartalmaz. Egyik ion sem összetett. 296,0 g vízmentes sóból és 100,0 g vízből készítünk 80 °C-on telített oldatot. Ezt lehűtjük 20 °C-ra, és ekkor 254,8 g kristályos só válik ki. 20 °C-on 100,0 g víz 178,7 g vízmentes sót old. Mekkora az anion moláris tömege?

Megoldás: A 20 °C-os telített oldat tömege: $296,0 + 100,0 - 254,8 = 141,2$ g

A 20 °C-os telített oldatban maradt vízmentes só tömege:

$$141,2 \cdot \frac{178,7}{278,7} = 90,54 \text{ g}$$

A 296,0 g vízmentes sóból a kristályos sóba került: $296,0 - 90,5 = 205,5$ g

Jelöljük a vízmentes só moláris tömegét M -mel, ekkor a kristályos só moláris tömege: $M + 36$ g/mol.

A 254,8 g kristályos sóban lévő vízmentes só: $254,8 \cdot \frac{M}{M+36} = 205,5$ g

Ebből: $M = 150,0$ g/mol

Ha egyetlen egyszerű anionból és egyetlen egyszerű kationból áll a vízmentes só, akkor az lehet pl.:

- halogenidion és alkálifémion vagy egyszerűen pozitív töltésű egyéb fémion vegyülete;
- oxidion, ill. szulfidion és alkáliföldfémion vagy kétszeresen pozitív töltésű egyéb fémion vegyülete (de az alkáliföldfémek oxidjainak vízzel szemben mutatott reakciókészsége, ill. az oxidok és a szulfidok rossz oldékonysága miatt ez nem valószínű);
- azidion és háromszorosan pozitív töltésű fémion vegyülete (de az azidok robbanékonsága miatt ez nem valószínű).

Tehát célszerű először a halogenidionok moláris tömegét sorra kivonva a vízmentes só moláris tömegéből megvizsgálni, hogy valamelyik esetben megkapjuk-e eredményként valamely egyszerűen pozitív fémion moláris tömegét, azaz $M(\text{Me}^+)$ -t:

F⁻: $M(\text{Me}^+) = 150 - 19 = 131$ g/mol (ilyen fémion nincs)

Cl⁻: $M(\text{Me}^+) = 150 - 35,5 = 114,5$ g/mol (ilyen fémion nincs)

Br⁻: $M(\text{Me}^+) = 150 - 80 = 70$ g/mol (ilyen fémion nincs)

I⁻: $M(\text{Me}^+) = 150 - 127 = 23$ g/mol; és ez a Na⁺.

(Analitikai zsebkönyvben vagy az internetes adatbázisokban ellenőrizhető, hogy a NaI valóban 2 mol vízzel kristályosodik: $\text{NaI} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.) Tehát az anion a jodidion, aminek a moláris tömege **127 g/mol**.

Könnyen belátható, hogy hasonló feladatokat mindenki könnyen szerkeszthet saját maga is. Szakkörön esetleg lehet házi feladatként adni ilyen példák megalkotását a diákoknak, amelyeket aztán egymásnak feladva gyakorolhatják a megoldásukat. (Akár egymással versenyezve is, olyan módon, hogy ki tudja a másik tanuló által szerkesztett feladatot a leghamarabb megoldani.)

7.6. Oldategyensúlyokkal kapcsolatos számolási feladatok

Az egyensúlyokkal kapcsolatos számítások az általános iskolában egyáltalán nem szerepelnek. Gimnáziumban a normál tantervű osztályokban csak az anyagmennyiségekkel, illetve az anyagmennyiség-koncentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandó (K_c) és a disszociációfok (α), fogalmát alkalmazó gázegyensúlyokkal és oldategyensúlyokkal, valamint ez utóbbi kapcsán a gyenge savak és bázisok egész számú pH-jával kapcsolatos számítási feladatok kerülhetnek szóba. A logaritmus fogalmának ismeretében, emelt szintű érettségire és/vagy az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyre felkészítő kurzusokon (a 11.-12. évfolyamon) már lehet számoltatni olyan

²²⁰ <http://mol.hu/hu/karrier/junior-freshhh/mol-junior-freshhh-2013> (utolsó letöltés: 2015. 08.23.)

feladatokat, amelyekben nem egész számú oldat pH-k fordulnak elő. Az anyagmennyiség-törttekkel (K_x) és a parciális nyomásokkal (K_p) kifejezett egyensúlyi állandók kiszámítását, illetve pufferek pH-jával kapcsolatos példákat pedig csak a vegyipari szakképzésben kell tanítani (a fizikai kémia tantárgy keretén belül).

A tanulók figyelmét fel kell hívni arra, hogy az egyensúlyi állandó dimenziója mindig az adott kémiai reakciótól függ. Ezért K mértékegységét mindig úgy kapjuk meg annak a mennyiségnek a mértékegységéből, amellyel ki van fejezve, hogy az egyenletben a jobb oldalon szereplő sztöchiometriai számok összegéből kivonjuk a bal oldalon szereplő sztöchiometriai számok összegét és az így kapott különbségnek megfelelő hatványon vesszük (vagyis, pl. ha a kémiai reakció egyenletében 2 mol anyaggal több van a jobb oldalon, mint a bal oldalon, akkor a négyzetet). A táblázatokban a mértékegységet nem jelölik, mert dimenziója és mértékegysége (a fentiekből következően) az egyes reakciók esetében eltérő. K_p , K_x és K_p számértéke akkor egyezik meg, ha az adott kémiai reakció során nincs anyagmennyiség-változás (vagyis pl. 3 mol kiindulási anyagból 3 mol termék keletkezik), és ekkor ez egy dimenzió nélküli szám.

Általános iskolában a pH-fogalom csak egy, az oldatok kémhatását jellemző számskálán lévő értékekkel összefüggésben tanítandó. Ezért ott csak az erős savakat és bázisokat tartalmazó oldatok tömegszázalékos összetételének, valamint anyagmennyiség-koncentrációjának számítása, továbbá az ilyen oldatok közömbösítésével kapcsolatos feladatok oldhatók meg, természetesen a megfelelő fogalmak ismeretében.

A középiskolában a kémiai egyensúlyok tanítása után oldhatunk meg ilyen példákat, a következő témakörökhöz kapcsolódva.

a) Sav-bázis reakciók

- Általános tantervű osztályokban csak egész számú pH-kat számoltatunk, mivel 9. osztályban a diákok még nem tanulják matematikából a logaritmust. Technikailag úgy oldható meg könnyen az egész számú pH ilyen értelmezésének a bevezetése, hogy egy egyértékű erős (azaz közelítőleg 100%-ban disszociáló) sav (pl. sósav) oxóniumion-koncentrációját normál alakban felírva (pl. 10^{-3} mol/dm³), a hatványkitevőt színes krétával bekarikázzuk, de a negatív előjelet kihagyva, és így épp a pH-t kapjuk (pH = 3). Ha ezt többféle koncentrációjú sav esetében elvégezzük, akkor látszik, hogy minél hígabb a sav, annál jobban közelít a pH-ja a semleges 7-hez. Egyértékű erős lúgok esetében célszerű bevezetni a pH analógiájára a pOH-t, és azt mondani, hogy a pH + pOH összege (a vízionszorzat miatt) 14. Az 1-14 pH tartományon kívüli pH-jú oldatokkal nem foglalkozunk, mert ezek annyira tömények, hogy már erős savak és lúgok esetén sem tekinthető 100%-osnak a disszociáció. A 10^{-7} mol/dm³ koncentrációjú oldatoknál hígabb oldatok pH-jával normál tantervű órán szintén nem foglalkozunk 9. osztályban, de tehetséggondozásban feltehető problémafelvető kérdésként (ilyenkor a víz saját ionjainak jelenléte miatt a pH 7 közelében van, de a savaké természetesen 7 alatti, a lúgoké pedig 7 fölötti érték). Gyenge savak és bázisok egész számú pH-jának számítása a szokásos módon, célszerűen a táblázatos módszer (lásd alább, az első gázegyensúlyos mintafeladatnál) és a tömeghatás törvénye alkalmazásával történik.
- A hidrolizáló sók pH-jának számolása legfeljebb tagozaton vagy fakultáción, illetve vegyipari szakképzésben fordulhat elő. Matematikailag csak abban különbözik a gyenge savak/bázisok pH-jának számításától, hogy az első lépésben ki kell számolni a hidrolízisállandót (a vízionszorzat és a sav/bázis disszociációállandójának hányadosaként – hogy miért így, az matematikailag könnyen levezethető), és utána ezzel meg a hidrolízis egyenletével ugyanúgy dolgozhatunk tovább, mint a gyenge savak/bázisok esetében.
- A pufferek pH-jának számítása is kizárólag a tehetséggondozásban (versenyfelkészítésben), illetve vegyipari szakképzésben szerepelhet. Bevezetésekor azt kell ezzel kapcsolatban elmagyarázni, hogy a só jelenléte visszaszorítja a gyenge sav vagy a bázis disszociációjának egyensúlyát, a gyenge sav vagy a bázis jelenléte pedig visszaszorítja a só hidrolízisét. Ezért az

egyensúlyi sav/bázis, ill. só koncentráció jó közelítéssel egyenlőnek tekinthető a bemért (kiindulási) koncentrációkkal.

Feladat: Ha az általános „lúgosítás” elve alapján „diétázó” hiszékeny ember 1 nap alatt 2 liter pH = 9 enyhén lúgos ivóvizet fogyaszt el, aminek ára 345 Ft, akkor:

- a) hány cm³ pH = 1 gyomorsava használódik el fölöslegesen a lúgos víz semlegesítésére naponta?
- b) hány forintot dob ki ezzel az ablakon egy átlagos, 30 napos hónap alatt?

Megoldás:

a) A pH = 9 víz pOH-ja $14 - 9 = 5$. Vagyis $[\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, tehát 1 dm³ ilyen vízben 10^{-5} mol OH^- van, 2 liter, azaz 2 dm³ lúgos vízben pedig $2 \times 10^{-5} \text{ mol OH}^-$. A pH = 1 gyomorsav $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$, tehát 1 dm³, azaz 1000 cm³ gyomorsavban $10^{-1} \text{ mol H}_3\text{O}^+$ van, 1 cm³ gyomorsavban pedig $10^{-4} \text{ mol H}_3\text{O}^+$ (ami így is felírható: $10 \times 10^{-5} \text{ mol}$). $2 \times 10^{-5} \text{ mol OH}^-$ -t $2 \times 10^{-5} \text{ mol H}_3\text{O}^+$ semlegesít, ami 1 cm³ gyomorsav ötödében, azaz **0,2 cm³** gyomorsavban van.

b) $30 \times 345 \text{ Ft} = \mathbf{10\,350 \text{ Ft}}$.

A fenti egyszerű számolás már általános iskolában is elvégezhető (még a pOH fogalmának bevezetése nélkül is, csak akkor negatív hatványkitevőjű számokkal kell műveleteket végezni, ami jó alkalmat ad a matematikával való tantárgyi koncentrációra) és többszörös haszna van. Egyrészt a lúgos víz és a semlegesítéséhez szükséges gyomorsav térfogatarányaival érzékelteti a pH-skála logaritmikus jellegét. Másrészt tudatosítja és magyarázza a lúgosítás általános jellegét. Harmadrészt lerántja a leplet a csalók üzemeiről, amelyekkel anyagilag kihasználják a tudatlan és hiszékeny embereket. Negyedrészről fölhívja a figyelmet arra, hogy a lúgosítás még káros is, hiszen a gyomorsavra szükség van az emésztéshez és ezért a szervezetnek az elfogyasztott gyomorsavat újra kell termelnie. (Ezzel egyben kitűnő alkalmat szolgáltat a biológiával való tantárgyi koncentrációra is.) A valóságban persze elképzelhető, hogy a vízben oldott anyagok (pl. hidrogén-karbonátok és foszfátok) pufferhatása miatt ettől több gyomorsavat is fölemészt az elfogyasztott lúgos víz, de azzal csak annál nagyobb kárt okoz, hiszen akkor még több gyomorsavat kell ehelyett újra előállítani. Haladó szinten (pl. középiskolában szakkörön vagy érettségire készülő csoportokban) a pH = 9 helyett szerepelhet a példában pH = 9,3 is, és akkor kicsit nehezebb a számolás.

b) Oldhatósági egyensúlyok

- A csapadékképződési reakciók kapcsán végezhetünk ilyen számolási feladatokat, de inkább csak tagozaton, fakultáción vagy tehetséggondozásban, illetve vegyipari szakképzésben. Azt kell megértetni a diákokkal, hogy a csapadékok rossz oldhatósága miatt a csapadék kation- és anionkoncentrációja olyan kicsi, hogy hozzá képest a víz koncentrációjának változása elhanyagolható, ezért az összevonható a disszociációs állandóval, és így kapjuk meg a csapadék oldhatósági szorzatát.
- Összetettebb feladatok esetében nagyon tanulságos vizsgálni a sajátlíthatást, illetve a hidroxidcsapadékok oldékonyságának pH-függését is. Ez jó példája annak, amikor a számolási feladatok nagyon hatékonyan segíthetik az elméleti és gyakorlati tudás rögzítését (lásd [2.1. alfejezet](#)). Hiszen a kvantitatív analitikában a keletkezett csapadékok tömegének mérésén alapuló meghatározásokkal kapcsolatos (gravimetriás) számolási feladatok már középiskolás szinten is megérthetők. Ilyenkor a sajátlíthatás miatt kell a lecsapószeret fölöslegben alkalmazni. A kvalitatív analitikában pedig a hidroxidsapadékok leválása és oldhatósága érthető meg jobban a pH-számítással kombinált oldhatósági szorzatos példák megoldása révén. Az alábbiakban látható erre egy példa.

Feladat: A telített mangán(II)-hidroxid-oldat pH-ja 9,63.

- Mekkora az oldatban az egyensúlyi hidroxid-, ill. mangán(II)-ion-koncentráció?
- Mekkora a csapadék oldhatósági szorzata?
- Csökken-e vagy nő a telített oldattal érintkező szilárd fázis tömege, ha az oldat pH-ját növeljük (részletes magyarázat oldódási egyenlet alapján!)
- Hány g-mal változik a szilárd fázis tömege, ha a fölötte lévő 1 dm³ térfogatú oldat pH-ját 0,8-del növeljük?

Megoldás: $L = 3,88 \times 10^{-14} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^3$; $\Delta m = 1,85 \text{ mg}$

c) Az észterképződés egyensúlya

- Értelemszerűen a 10. évfolyamon sorra kerülő szerves kémiában, az észterek tanításához kapcsolódva oldhatók meg ilyen feladatok.
- Érdekes az egyensúly észterképződés irányába való eltolási módjainak megbeszéléséhez kötni a számolási példa megoldását, mert akkor ismét fellép az elmélet tanulásakor és a számolási feladat megoldása kapcsán a szinergikus hatás (lásd 2.1. alfejezet).

7.7. Gázegyensúlyokkal kapcsolatos számítások

Matematikai szempontból nem különböznek a gázegyensúlyos és az oldategyensúlyos feladatok. Mindegyiket a táblázatos felírással a legkönnyebb vizualizálni. Néhány gázegyensúlyokkal kapcsolatos feladat és megoldásuk látható az alábbiakban. A fokozatosság elve jegyében (lásd a 3.1. alfejezet) érdemes először olyan számolási feladatokkal kezdeni az ilyen feladatok megoldását, ahol nincs szükség a másodfokú egyenlet megoldóképletének alkalmazására.

Feladat: A $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ folyamat egyensúlyi állandója adott hőmérsékleten és nyomáson 1,0. Mekkora az egyensúlyi anyagmennyiségek, ha a kiindulási elegyben szén-monoxidból 1 mol, vízgőzből pedig 2 mol van?

Az egyensúlyi állandó az ún. tömeghatás törvénye alapján:

$$K_c = \frac{\frac{n(\text{CO}_2)}{V} \cdot \frac{n(\text{H}_2)}{V}}{\frac{n(\text{CO})}{V} \cdot \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{V}}$$

egyszerűsödik, mivel az egyenlet két oldalán azonos (2-2 mol) az anyagmennyiségek összege:

$$K = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}$$

Az alábbi táblázatban az egyszerűség kedvéért az anyagmennyiségeknek csak a mérőszámait tüntetjük föl. A CO(g) , illetve $\text{H}_2\text{O(g)}$ átalakult anyagmennyiségei az egyenlet alapján egyenlők és ezek mérőszámát jelöljük x -szel:

Példa a kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos feladatok megoldásakor az adatok táblázatos megjelenítésére.

	$\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$			
Kiindulási:	1	2	0	0
Átalakult:	- x	- x	+ x	+ x
Egyensúlyi:	1- x	2- x	x	x

A szén-dioxid és a hidrogén kezdeti mennyisége egyaránt 0 mol, az egyensúlyi pedig azonos, amely a fenti módon jelölve x mol. (A negatív előjel a kiindulási anyagok fogyását, a pozitív pedig a termékek keletkezését mutatja. Ennek az az előnye, hogy az egyensúlyi anyagmennyiségek ilyenkor a kiindulási és az átalakult anyagmennyiségek algebrai összegeként írhatók föl.)

$$K = \frac{x \cdot x}{(1-x) \cdot (2-x)}$$

$$K = 1 \text{ esetén: } (1-x) \times (2-x) = x^2$$

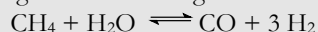
$$x = 2/3 = 0,67$$

$$1 - x = 1/3 = 0,33; 2 - x = 4/3 = 1,33$$

Mindebből az egyensúlyi anyagmennyiségek: $n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2) = 0,67 \text{ mol}$, $n(\text{CO}) = 0,33 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2\text{O}) = 1,3 \text{ mol}$.

Az alábbi feladat bonyolultabb, és csak több lépésben oldható meg. Az (itt nem részletezett) megoldás menetét azonban sugallhatja a kérdések sorrendje.

Feladat: Egy 0,1665 m³-es tartály 0,05 mol metánt és 0,90 g vizet tartalmaz. Ha 540 °C-ra hevítjük az elegyet 60 térfogatszázalék hidrogént tartalmazó egyensúlyi gázelegy keletkezik. A lejátszódó folyamat egyenlete:



- Mekkora a kiindulási anyagmennyiség-koncentrációk?
- Mekkora az egyensúlyi anyagmennyiség-koncentrációk?
- Mi az egyensúlyi gázelegy térfogatszázalékban megadott összetétele?

- Mekkora a K_c egyensúlyi állandó?

Megoldás: Pl. $K_c = 4,32 \times 10^{-6} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^2$

Az alábbi feladat még több lépésben oldható meg, de a szövege az előző példához hasonló módon vezeti végig a tanulót a megoldás gondolatmenetén, mint hogyan azt a fokozatosság elvének tárgyalásakor láttuk (a 3.1. alfejezetben). A számolást itt nem közöljük, de a példa szövegéből is nyilvánvaló, hogy az ilyen feladatok alkalmasak arra, hogy a tanár meggyőződjön róla, minden diákja ismeri-e a megoldásukhoz szükséges fogalmakat és összefüggéseket. Ha egy ilyen feladatot már meg tudnak oldani a tanulók, akkor lehet áttérni a nehezebb (verseny)feladatokra.

Feladat: Egy $2,00 \text{ dm}^3$ térfogatú zárt edénybe $3,18 \text{ g}$ szén-dioxidot vezetünk. 3000 K hőmérsékleten az egyensúlyi nyomás $1,01 \text{ MPa}$. A végbemenő termikus disszociáció egyenlete: $2 \text{ CO}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ CO} + \text{O}_2$. Számítsuk ki a CO_2 kiindulási anyagmennyiségét, az egyensúlyi összes anyagmennyiséget, az egyensúlyi móltörtet, az egyensúlyi gázelegy anyagmennyiség-százalékban és térfogatszázalékban megadott összetételét, a disszociációfokot és a K_p (K_x , K_c) értékét a helyes mértékegységek megadásával!

Megoldás: Pl. $K_c = 4,37 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

(Megjegyzés: 3000 K irreálisan magas hőmérséklet, de a számolás menetét ez nem befolyásolja.)

A gázegyensúlyokkal kapcsolatos számolási feladatok is nehezíthetők, ha:

- csak anyagmennyiség-arányokat adunk meg (paraméteres feladatok);
- a gázelegeknél használt mennyiségekkel (pl. átlagos moláris tömeg, abszolút vagy relatív sűrűség) kombináljuk őket.

Az alábbi számolási feladat az utóbbi esetre mutat be egy példát.

Feladat: Az ammóniaszintézis reakcióját $458 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten és $3,60 \times 10^7 \text{ Pa}$ nyomáson hajtják végre. Az egyensúlyi gázelegy sűrűsége: $56,67 \text{ g/dm}^3$.

- Mekkora a gázelegy átlagos moláris tömege az egyensúlyban?

Megoldás: $9,57 \text{ g/mol}$

- Milyen az egyensúlyi gázelegy összetétele térfogatszázalékban, ha sztöchiometrikus összetételű szintézisgázból indulunk ki?

Megoldás: $\varphi(\text{N}_2) = 21,9\%$; $\varphi(\text{H}_2) = 65,6\%$; $\varphi(\text{NH}_3) = 12,5\%$

7.8. Elektrokémiával kapcsolatos feladatok

E témakör számolási feladatai a közoktatási kémiatanításban csak a középiskolában fordulnak elő. A példák a galvánelemek elektromotoros erejének standard elektródpotenciálokból való kiszámítási módján túl kizárólag a Faraday-törvények ismeretére szorítkoznak. Ezek alkalmazásához azonban főlegesen bevezetni az elektrokémiai egyenérték fogalmát. Pusztán azt kell a tanulóknak tudniuk, hogy 1 mol elektron átmenetéhez 96500 C töltés kell (mivel a Faraday-állandó 96500 C/mol), ez könnyen ki is számítható az Avogadro-állandó és az elektron töltésének szorzataként.) Érdemes egyszer ezt egy problémafelvető feladatként elvégeztetni a diákokkal is. Az 5.1. alfejezetben látható a Faraday-állandó Ah mértékegységre való átszámítása, a mértékegység-váltás gyakorlásaként.)

Az elektrokémiai témájú számolási feladatok a következő csoportokba sorolhatók:

a) Az elektrokémiát előkészítő redoxifeladatok (fémek és fémionok oldatainak reakciói, fémek oldódása és kiválása).

b) Galváncellák esetében csak az elektromotoros erő kiszámításával kapcsolatos számítási feladatok fordulhatnak elő a közoktatásban. Az elektromotoros erő mindig pozitív, ezért mindig a pozitívabb standardpotenciálból kell kivonni a negatívabbat.

c) A fémek kiválásával kapcsolatos feladatok altípusai:

- Adott töltés hatására mennyi válik ki az adott fémből?

- Adott fém adott mennyiségének kiválása ismert áramerősség esetén mennyi idő alatt érhető el (vagy fordítva)?
- Sorba kapcsolt cellák esetében mennyi fém válik ki az egyes cellákban?
- A levált fém mennyiségéből és az áthaladt töltésmennyiségből kell meghatározni a fém anyagi minőségét.
- Fémek együttes leválásakor az áthaladt töltésmennyiségből kell kiszámítani a levált fém tömegszázalékban vagy anyagmennyiség-százalékban megadott összetételét.
- Gondolkodtató, számolás nélkül is megoldható feladatok, mint például az alább olvasható második példa.

Feladat: Mennyi ideig tart egy kis, kerek, nyakláncra tehető medál galvanizálással történő ezüstözése, ha a medál sugara 0,8 cm, a felületén előállítandó ezüstréteg vastagsága 0,05 mm és az elektrolízis 20 mA áramerősséggel, 85%-os hatásfokkal (áramkihasználással) folyik? A medál olyan vékony, hogy a peremének bevonásához szükséges ezüst mennyisége elhanyagolhatóan kevés.

Megoldás: Ha $r = 0,8$ cm, akkor a medál egyik oldala $r^2 \times \pi = 2,0$ cm², és két oldala összesen 4,0 cm². A szükséges ezüst térfogata: $V = 4,0$ cm² $\times$ 5×10^{-5} cm = $2,0 \times 10^{-4}$ cm³, aminek tömege: $m = 2,0 \times 10^{-4}$ cm³ $\times$ $10,5$ g/cm³ = $2,1 \times 10^{-3}$ g. A katódfolyamat: $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ alapján 1 mol, azaz 107,9 g ezüst leválasztásához 96 500 C töltés kell, tehát $2,1 \times 10^{-3}$ g ezüst leválasztásához:

$$Q = \frac{2,1 \times 10^{-3}}{107,9} \times 96500 = 1,9 \text{ C}$$

töltés szükséges. Mivel az elektrolízis hatásfoka 85%, az azt jelenti, hogy a kiszámított, elméletileg szükséges elektromos töltésnél **több** kell a művelet kivitelezéséhez a gyakorlatban, vagyis a kapott töltést az **1-nél kisebb számmal osztani** kell:

$$\frac{1,9}{0,85} = 2,2 \text{ C}$$

$I = 20$ mA erősségű áram esetén tehát $t = \frac{Q}{I} = \frac{2,2 \text{ As}}{0,020 \text{ A}} = \mathbf{110 \text{ s}}$. (A végeredmény csak egy értékes jegyre adható meg, mivel a legkevésbé pontos adatoknak is csak egy értékes jegye volt.)

Megjegyzés: A feladat kicsit könnyíthető az ezüst sűrűségének megadásával, mert az ráirányítja a figyelmet a tömeg és a térfogat (és ezen keresztül a felszín, valamint a kör sugara) közötti összefüggésre. Ez a példa jó alkalmat kínál az elemi geometriai ismeretekkel való tantárgyi koncentrációra is. Ráadásul életközeli (lásd 3.3. alfejezet) és valószínűleg jobban fölkelte a diákok érdeklődését, mintha egy meg nem nevezett tárgy galvanizálásáról szólna. Mi több, le lehet belőle azt a tanulságot is vonni, hogy „nem mind arany (ezüst), ami fénylik”...

Feladat: FeCl₂-oldaton 3 A erősségű egyenáramot vezetünk át 28 percre. FeCl₃-oldaton 4 A erősségű egyenáram halad át ugyanennyi ideig. Melyik oldatból válik le több vas az elektrolízis során?

Megoldás: A **FeCl₂-oldatból**, mert 1 mol Fe²⁺-ion semlegesítéséhez elegendő az 1 mol Fe³⁺-ion semlegesítéséhez szükséges töltés 2/3-a, de a FeCl₂-oldaton áthaladt töltés mennyisége a 3/4-e a FeCl₃-oldaton áthaladt töltés mennyiségének.

c) A gázfejlődéssel járó feladatok altípusai

- Adott töltés áthaladásakor milyen térfogatú (adott állapotú) gáz keletkezik az egyik vagy mindkét elektródon?
- Adott térfogatú gáz adott áramerősség mellett mennyi idő alatt keletkezik (vagy fordítva)?
- Adott tömegű és ismert minőségű fém leválásakor mekkora térfogatú gáz keletkezik a másik elektródon?
- Adott térfogatú és állapotú gáz mellett adott tömegű, de ismeretlen minőségű fém válik le. Mi az ismeretlen fém? Ezek jellemzően nehezebb, a tehetséggondozásban alkalmazható feladatok, mint az alább olvasható példa is (részletesebben lásd VII. Differenciált oktatás, felzárkóztatás, tehetséggondozás).

Feladat: 16,84 g fém-klorid elektrolízisekor az anódon 12,25 dm³ 25 °C hőmérsékletű és standard nyomású klórgáz keletkezik. Melyik fém kloridját elektrolizálták?

Megoldás: A részeredményeket a pontosságot kifejező nullák nélkül feltüntetve 0,05 mol Cl_2 keletkezett, ami 3,54 g tömegű. Így a levált fém tömege $16,83 - 3,54 = 13,29$ g. 0,05 mol Cl_2 keletkezéséhez 0,1 mol elektronra volt szükség. Mivel a fémion töltését nem tudjuk, a feladat megoldása innen csak (szisztematikus) próbálgatással folytatható. Ha feltételezzük, hogy a fémion töltése (+1), akkor 0,1 mol elektron hatására 0,1 mol fém vált le, ami 13,29 g tömegű. Az ismeretlen fém moláris tömege tehát 132,9 g/mol, ami a periódusos rendszer tanúsága szerint a **cézium** moláris tömegének felel meg.

Megjegyzés: A tanulmányi versenyeken természetesen a feladatok megoldásának gyorsasága is számít. Ezért ott nagy valószínűséggel nem (+1) töltésű fém lenne a megoldás, hogy a próbálgatás több időt vegyen igénybe.

a) Az elektrolit koncentrációjának változásával számoló feladatok:

- Az ilyen feladatok általában a bonyolultabb példák közé tartoznak, amelyek inkább csak szakkörökön és versenyeken szerepelnek. Esetükben a nehézséget az szokta okozni, hogy az oldat új tömegének kiszámításakor figyelembe kell venni a kivált anyagok és az eltávozott gázok tömegét is. Hidrogén fejlődésekor a távozó gáz tömege lehet nagyon kicsi, aminek a figyelmen kívül hagyása csak egészen minimális eltérést okoz a végeredményben. Ennek ellenére a megoldásra onnan kezdve nem adható pont, ahol a távozó gáz tömegét a diák figyelmen kívül hagyta, hiszen ezzel egy elvi hibát követett el. Erre mindig föl is kell hívni a tanulók figyelmét az ilyen típusú példák megoldásakor.
- Ha csak vízbontás történik, akkor lényegében töményítési feladatról van szó. Ez matematikailag a bepárlással és a kristályosítási feladatokkal analóg, vagyis keverési egyenlettel is számolható az elbontandó víz tömege. 2 mol, azaz 36 g víz elbontásához 2 mol elektron átmenetére van szükség, azaz ehhez 2×96500 C töltés kell. Ez a legegyszerűbb módon úgy látható be, ha fölírjuk és az oxidációs számok alapján rendezzük a vízbontás egyenletét.
- Egyes esetekben az oldott anyag koncentrációja csökken (pl. HCl), és azt kell kiszámolni, hogy mennyi lesz a hígabb oldat tömegszázalékos összetétele.
- Mászor sav vagy lúg keletkezik valamelyik elektródon, és az így létrejött oldat koncentrációját vagy pH-ját kell kiszámolni. Ennek altípusa az olyan feladat, amikor az elektrolízis befejeztével összekevert oldat egy bizonyos hányadát titrálják savval vagy lúggal, és annak fogyásából kell visszaszámolni az áthaladt töltésmennyiségre, illetve az elektrolízis áramerősségére vagy idejére. Álljon itt erre példaként egy egykor az Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny döntőjén szereplő feladat a Maleczkiné Szeness Márta: „Kémiai feladatok és megoldások” című gyűjteményéből²²¹:

Feladat: 1000 g CuSO_4 -oldatot elektrolizálunk 10 A-rel. Utána az oldat 1,00 g-já 10,00 cm³ 0,100 mol/dm³ koncentrációjú NaOH -oldattal semlegesíthető. Írja fel az elektrolízis bruttó egyenletét és számítsa ki, hogy

- hány percre tartott az elektrolízis?
- hány mmol Cu , illetve O_2 keletkezett az elektródokon?

(Az áramkihasználás 100%-os volt.)

Megoldás: Az elektrolízis **155 percig** tartott, s közben **480 mmol Cu** és **240 mmol O_2** keletkezett.

Megjegyzés: Azzal is nehezíthetők az elektrolízises példák, ha az áramkihasználás hatásfoka nem 100% (ld. az egyik fenti mintafeladatban). Ha azonban a hatásfok nincs feltüntetve, akkor 100%-nak kell tekinteni.

7.9. Termokémiával kapcsolatos feladatok

Ezek értelemszerűen a 9. évfolyamon, a kémiai reakciókat kísérő hőfelszabadulás, illetve hőelnyelés számolásakor kerülnek először szóba. A későbbiekben pedig a szerves kémia tanításakor, főként az égéshők számítása kapcsán lehet gyakorolni az ilyen feladatok megoldását.

²²¹ Maleczkiné Szeness M. (2000): Kémiai feladatok és megoldások, Veszprém, 120. old., 108. feladat

Sok előjelhibát megelőzhet, ha arra szoktatjuk a diákokat, hogy a képződéshőkből és a reakcióhőből a következő összefüggés szerint írják föl az algebrai egyenletet:

kiindulási anyagok képződéshőinek összege + reakcióhő = termékek reakcióhőinek összege

$$\sum \Delta_{\text{képz}} H(\text{kiindulási anyagok}) + \Delta_r H = \sum \Delta_{\text{képz}} H(\text{termékek})$$

Ez egyszerűen megoldható úgy, hogy az egyes anyagok halmazállapotát (esetleg kristálmódosulatát és ha ismert, akkor a reakcióhőt is) feltüntető termokémiai egyenlet alá beírjuk az ismert képződéshők előjeles számértékét és a bal oldalra a reakcióhő előjeles számértékét is. Az így megalkotott algebrai egyenlet megoldásával az ismeretlen képződéshő vagy reakcióhő előjeles számértéke meghatározható (lásd alább, a gázszámláról szóló példa megoldását). A szokásos felírásmód esetében (amikor a reakcióhőt a termékek reakcióhőinek összegéből a kiindulási anyagok képződéshőinek összegét kivonva kapjuk) azért nagyobb az előjelhiba kockázata, mert akkor a kivonás miatt az összes kiindulási anyag képződéshője számértékének az előjelét meg kell fordítani. Ezt pedig a diákok az első kiindulási anyag esetében általában még megteszik, de a második és a többi kiindulási anyag esetében már gyakran elfelejtik.

A következő altípusokat különböztetjük meg:

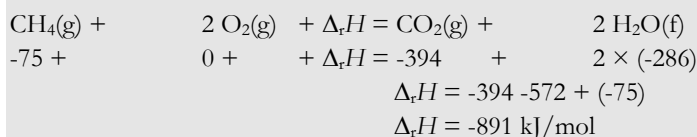
- Képződéshőkből ismeretlen reakcióhő számítása.
- Ismeretlen képződéshő számítása ismert képződéshőkből és a reakcióhőből.
- Adott reakcióban felszabaduló vagy elnyelődő hő számítása. [Megjegyezzük, hogy a nem hő formájú energiatermelést (pl. a galvánelemekben) nem így számoljuk ki.]
- A legnehezebb típusú feladatok ismeretlen képződéshő(k) vagy reakcióhő(k) meghatározását kéri több kémiai reakció alapján, de a szükségesnél kevesebbnek látszó adat megadásával. Ilyenkor a termokémiai egyenleteket többismeretlenes algebrai egyenletrendszerként kezelve, bizonyos vegyületek képződéshői kiesnek. Ekkor marad elegendő számú összefüggés a kérdéses képződéshő(k) vagy reakcióhő(k) meghatározásához. Jó példa erre az alábbi feladat, amely Maleczkiné Szeness Márta: „Kémiai feladatok és megoldások” című könyvében²²².

Feladat: Ha sok vízben oldjuk az alábbi szilárd anyagok 1-1 g-ját, kálium, kálium-oxid, kálium-hidroxid, akkor sorrendben 5,0240 kJ, 3,3494 kJ, 0,9555 kJ hő szabadul fel. Mekkora a szilárd kálium-oxid és kálium-hidroxid képződéshője? (A cseppfolyós víz képződéshője -286,17 kJ/mol.)

Megoldás: $\Delta_f H(\text{KOH}) = -482,1 \text{ kJ/mol}$ és $\Delta_f H(\text{K}_2\text{O}) = -363,2 \text{ kJ/mol}$.

Feladat: Életszerű termokémiai feladat (lásd 3.3. alfejezet) adható úgy a diákoknak, ha projektorral kivetítünk egy beszkenelt gázszámlát (vagy egyszerűen dokumentumkamera alá tesszük, és úgy vetítjük ki a projektorral), majd annak az adatait kell célzottan föltett kérdések alapján értelmezniük. Ha például az olvasható egy gázszámlán, hogy a földgáz fűtőértéke 34,0 MJ/m³, akkor meg lehet kérni a tanulókat arra, hogy próbálják meg számolással ellenőrizni, valóban lehetséges-e ez. A megoldáshoz természetesen meg kell határozni, hogy milyen adatokra van szükség és milyen közelítésekkel kell élni. Ezeket vagy meg kell beszélni a diákokkal a számolás elkezdése előtt vagy a diákoknak (ill. csoportjaiknak) saját maguknak kell minderre rájönniük úgy, hogy csak a Négyjegyű függvénytáblázatok által tartalmazott képződéshő adatokat használhatják.

Megoldás: Ha a földgázt egyszerűen metánnak tekintjük, s úgy vesszük, hogy az égésekor keletkező víz teljes egészében lecsapódik és folyékony lesz, akkor 1 mol metán égéshője jó közelítéssel megadja az 1 mol földgáz égéshőjét:



Ha föltételezzük, hogy a földgáz 20 °C-os és standard nyomású, akkor a moláris térfogat $V_m = 24,0 \text{ dm}^3/\text{mol}$. Tehát:
 24,0 dm³ földgáz égésekor közelítőleg -891 kJ hő szabadul föl, akkor
 1000 dm³ (= 1 m³) földgáz égésekor közelítőleg **-37 MJ** hő szabadul föl.

²²² Maleczkiné Szeness M. (2000): Kémiai feladatok és megoldások, Veszprém, 126. old., 167. feladat

Az eredmény és a gázszolgáltató által megadott fűtőérték között kevesebb mint 10% a különbség. Ezután magától adódik az a problémafölvető kérdés, hogy miért olyan „jóságos” a gázszolgáltató, hogy a kapott mennyiségtől kisebb fűtőértékkel számol. A válaszok (a valós összetétel, hőmérséklet, nyomás eltér a számolási példában alkalmazott közelítésektől stb.) pedig újabb megfontolásokra ad lehetőséget, mert végig lehet gondolni, hogy milyen irányú eltéréseket okoznak ezek a különbségek.

Irodalom

- Kémia versenyfeladatok általános iskolásoknak (szerk.: Villányi A.) (2008), Kemavill Bt., Budapest
- Maleczkiné Szeness M. (1995): Kémiai számítások – kémiai gondolatok, Veszprémi Egyetem
- Rózsahegy M., Wajand J. (1992): Rendszerező kémia mintapéldákkal, feladatokkal, Mozaik Kiadó, Szeged
- Villányi A. (2004): Kémiai feladatgyűjtemény a kétszintű érettségire, Kemavill Bt., Budapest
- Villányi A. (1995, 2005): Ötösöm lesz kémiából, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

VII. DIFFERENCIÁLT OKTATÁS, FELZÁRKÓZTATÁS, TEHETSGGONDOZÁS

Balázs Katalin, Szalay Luca

Tartalom

1. Differenciált oktatás
2. A differenciált oktatás gyakorlati megvalósítása
 - 2.1. Differenciálás tanórai csoportmunka szervezésével
 - 2.2. Differenciálás a tantárgy, illetve a téma iránti érdeklődés szerint
 - 2.3. Képességek szerinti differenciálás – felzárkóztatás, fejlesztés, tehetséggondozás
 - 2.4. Differenciált felzárkóztatás
3. Tehetséggondozás
- Irodalom

1. Differenciált oktatás

Szerencsére sokfélék vagyunk, és ez igaz a tanulókra is. Egy adott korcsoportú osztályközösségbe különböző érdeklődésű, képességű diákok tartoznak, akiknek nem feltétlenül ugyanúgy kell megtanítani valamely tananyagrészt. Egy téma, egy feladat, egy probléma felvetése az egyik tanulónak kihívás lehet, és ezért ő szívesen foglalkozik vele, míg a másik számára az adott formában unalmas és érdektelen. A cél az, hogy minden tanuló motivált legyen a tananyag valamilyen formában és mélységben történő elsajátításában. Ehhez meg kell találni a megfelelő tananyagtartalmakat és a megfelelő módszereket, eszközöket – az utat minden gyermekhez az adott csoporton belül.

Érdemes feltérképezni a csoportot a tanítási folyamat elején. Diagnosztikus eljárásokkal feltárhatjuk a csoport tagjainak előzetes tudását, érdeklődését, azt, hogy milyen kompetenciaterületen szükséges fejleszteni az adott tanulókat, illetve azonosíthatjuk a különböző területeken tehetséges gyermekeket. (részletesebben lásd *XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés*). A tehetség definiálásának, összetevőinek és típusainak meghatározásának, azonosítási módszereinek és a tehetséggondozás lehetőségeinek könyvtárnyi irodalma van. Már magának a tehetség meghatározásának is számtalan elmélete és modellje ismert, amelyek mind igyekeznek a tehetség összetevőit feltárni. Ezek különféle csoportokba sorolhatók, de minden modern elmélet megegyezik abban, hogy a teljesítmény létrejöttében a különféle komponensek interakciójára van szükség. A tehetség vizsgálatakor, azonosításakor a következő három alkotórész mindig kiemelt szerepet kap: az értelmi képességek, a kreativitás és a motiváció. A szakértők legnagyobb része mára már elvetette azt a nézetet, hogy a tehetséges ember mindenben jó. A legtöbb tehetség ugyanis egy-egy speciális területen kiemelkedő.²²³

Az intelligencia (értelmesség) központi szerepet játszik a tehetségek összetevőinek vizsgálatakor. „WECHSLER szerint az intelligencia egy egyén azon általános képessége, hogy megbirkózzon a körülötte lévő világgal.”²²⁴ E nagyon általános definíció kizárja, hogy az intelligencia alatt kizárólag az IQ tesztekkel mérhető képességeket értsük (bár a gyakorlatban ezeket jelenleg is elterjedten használják például a pedagógiai szakszolgálatok a különböző vizsgálatok során). HOWARD GARDNER szerint az intelligencia olyan képesség, illetve potenciál, amelyek a segítségével kreatív, az adott kultúrában értékes produktumok hozhatók létre, illetve problémák oldhatók meg. GARDNER 1983-ban írt könyvében²²⁵ publikálta az ún. „többszörös intelligencia elmélet”-et.

A példákat szürke kiemeléssel jelöljük.

²²³ Gyarmathy É. (2006): A tehetség, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 39-40.

²²⁴ U.o.

²²⁵ Gardner, H. (1983): *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, New Horizons

Ennek jelenlegi értelmezése szerint az intelligencia nem mérhető egyetlen (IQ) skálán, hanem több komponense van (logikai-matematikai, zenei, természeti, intraperszonális, egzisztenciális, vizuális-térbeli, testi-kinesztetikus, interperszonális, verbális-nyelvi). Mindeniben megtalálható az összes komponens, de ezek arányai egyediek. Ez azt jelenti, hogy nem egyetlen Gauss-görbe van, amelyen a diákjaink elhelyezhetők, hanem sok. Tehát ha minden tanítványunk számára meg akarjuk adni a fejlődés lehetőségét, akkor gondoskodnunk kell arról, hogy a hagyományosnak tekinthető feladatokon túl más jellegű, változatosabb megközelítéseket, oktatási módszereket is használjunk. (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*). Reálisan csak így biztosítható az, hogy a kevésbé fejlett matematikai-logikai és/vagy természettudományi intelligenciával rendelkező diákok is kapjanak lehetőséget arra, hogy a maguk módján sajátítsák el és dolgozzák föl a kémia tananyagot.

A tanulók megismerésének és egyéni fejlesztésének, a differenciált oktatásnak természetesen megvannak a maga objektív korlátai (például az idő- és munkaigény). Ezeket fokozottan figyelembe kell venni egy olyan, kis óraszámú tantárgy esetében, mint a kémia. Azonban ha igyekszünk a lehető legkülönbözőbb módszerekkel oktatni és értékelni, akkor lehetőséget teremtünk arra, hogy a más-más téren tehetséges diákok mindegyike sikerélményhez juthasson. Érdemes ezért a megszokott, tankönyvi, illetve munkafüzeti munkán túl rendhagyó feladatokat is adni. A tanult kémiai témával kapcsolatos vers, novella, dalszöveg írása, eléneklése, eltáncolása, modellek építése, képek, rajzok, prezentációk készítése, játékok kitalálása és eljátszása mind-mind más intelligenciaterületeket és kreativitást igényelnek, s mindegyik más típusú diákok számára kínál lehetőségeket (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*). Ezek egyrészt segíthetik a tananyag megértését, rögzítését, másrészt pedig motivációs erejüknél fogva erőfeszítésre, tanulásra sarkallnak, s ezért élvezetesebbé és sikeresebbé tehetik a tanulást. Emiatt felzárkóztatásra és (nem hagyományos, nem versenycentrikus) tehetséggondozásra is alkalmasak lehetnek. Ha néhány előzetes felmérés, illetve különféle intelligenciaterületeket igénylő feladat során képet kapunk a csoportról, megtervezhetjük a csoportra szabott oktatási stratégiánkat.

2. A differenciált oktatás gyakorlati megvalósítása

2.1. Differenciálás tanórai csoportmunka szervezésével

A hagyományos, kémiaórákon gyakran alkalmazott feladatok megoldása is szervezhető úgy, hogy az többféle képességű és előképzettségű diák számára biztosítson fejlődési lehetőséget. A tehetséggondozásban manapság divatos kifejezések a „gazdagítás” és a „gyorsítás”. A gazdagítás (vagy más szóval „dúsítás”) célja az ismeretek és a műveletekre épülő képességek tananyagban túllépő fejlesztése.²²⁶ A gazdagítás történhet a tudás *mélységének és kiterjedtségének*, illetve az *elsajátítás sebességének* tekintetében (ez utóbbi a „gyorsítás”), valamint az *egydi tartalmi igények és a különböző képességek* fejlesztése területén.

A tanulás párhuzamos, többszintű szervezése segíthet abban, hogy minden diák a maga egyéni sajátosságai szerint kerüljön kapcsolatba a tananyaggal. Egy csoporton belül lehetnek olyan tanulók, akik szívesebben dolgozzák fel a témát egy probléma köré csoportosítva, amelyet nekik kell megoldaniuk. Lehetnek olyan tanulók, akik csoportban kooperálva képesek a legjobban elsajátítani a tananyagot. Vannak, akik az internet segítségével szívesen végeznek kutatómunkát. Továbbá természetesen lehetnek, akik egyedül szeretnek dolgozni, és még egyéb, egyedi módok is szóba jöhetnek. Nagy segítséget jelenthet a fejlődésben annak a módszernek az alkalmazása, amikor egy komplexebb és/vagy nehezebb feladatot elemi lépésekre bontunk. Ez történhet egyszerűen részkérdések megfogalmazásával, amelyek mintegy végig vezetnek a tanulókat a megoldáson (ezáltal biztosítva számukra egy implicit megoldási tervet). A másik módszer szerint

<http://howardgardner.com/multiple-intelligences/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 20.)

²²⁶ Balogh L.: Gazdagítás, gyorsítás a tehetséggondozásban,

www.mateh.hu/.../Gazdagitas_gyorsitas_a_tehetséggondozásban.ppt (utolsó letöltés: 2015. 04. 20.)

viszont fokozatosan nehezedő „rávezető” jellegű feladatokkal lehet fejleszteni a tanulók készségeit abba az irányba, hogy a magasabb szintű műveleteket igénylő feladatokat is meg tudják oldani. Ilyen típusú, számolási példákból álló fejlesztő feladatokat a fokozatosság elvének tárgyalásakor mutatunk be a feladatok megoldásának tanítása kapcsán (részletesebben *lásd VI. A kémiai számítások tanítása*).

A differenciált oktatásra azonban a diákokat is fel kell készíteni. Tudniuk kell, hogy a különböző csoportok átjárhatók. Elképzelhető, hogy valamely témakör feldolgozása során egy diák a kooperatív csoportmunkában történő feldolgozást választja, míg más esetben jobban motiválja, ha önálló, egyéni kutatómunkát végezhet. Az önálló csoportválasztás egyben fejleszti az önismeretet is. A feladatok megoldása előtt és után beiktathatók olyan, önértékelő kérdések, amelyek segítenek felmérni a tanulóknak, hogy hol tartanak az adott ismeretanyag, műveletsor stb. elsajátításában. Ez feltárhatja a problémákat, mert világossá teszi a diák és a tanár számára, hol akadt el a fejlődésben, milyen segítségre van szüksége.

1. példa. „Komponensek és fázisok”(7. osztályos óravázlat, csoportmunkán alapuló differenciált oktatásban)²²⁷

Idő perc	Óravázlat: Komponensek, fázisok (7. évfolyam, kémiaóra)		
9	Közös nyitás Fogalmak megbeszélése: anyagi halmaz, elem, vegyület, keverék, kémiai tisztaság, komponens, fázis. <i>Frontális megbeszélés.</i>		
12	A) csoport A későbbi feladatokban szereplő anyagok jellemzése, csoportosítása: I₂, NaCl. Milyen kísérletekben használtuk már ezeket az anyagokat? Milyen anyagszerkezetű anyagok? Milyen az anyagszerkezetük? Hány komponensű, hány fázisú rendszer? <i>Gyűjtőmunka csoportmunkában, a meglévő ismeretek és a tankönyv használatával, tanári segítséggel.</i> <i>[A I₂ kétatomos elemmolekulákból álló szilárd, kristályos anyag. Egy komponensű, egyfázisú anyag. A NaCl szilárd, kristályos ionvegyület. Egykomponensű, egyfázisú anyag.]</i>	B) csoport A későbbi feladatokban szereplő anyagok jellemzése, csoportosítása: H₂, KNO₃. Milyen kísérletekben használtuk már ezeket az anyagokat? Milyen anyagszerkezetű anyagok? Milyen az anyagszerkezetük? Hány komponensű, hány fázisú rendszer? <i>Gyűjtőmunka kooperatív csoportmunkában, a meglévő ismeretek és a tankönyv használatával.</i> <i>[A H₂ kétatomos elemmolekulákból álló gáz. Egy komponensű, egyfázisú anyag. A KNO₃ szilárd, kristályos ionvegyület. Egykomponensű, egyfázisú anyag.]</i>	C) csoport A későbbi feladatokban szereplő anyagok jellemzése, csoportosítása: olaj. Milyen kísérletekben használtuk már ezt az anyagot? Milyen anyagszerkezetű anyagok? Milyen az anyagszerkezetük? - halmazállapot, - összetétel, - vízzel való keveréke, - vízhez viszonyított sűrűség szerint? Hány komponensű, hány fázisú rendszer? <i>Internetes kutatómunka, adatgyűjtés. Az összegyűjtött információk megbeszélése.</i> <i>[Az olaj vízrel nem elegyedő több komponensű, egyfázisú folyadék. Többféle vegyület keveréke.]</i>
9	Közös bemutatás Minden csoport röviden bemutatja gyűjtő/kutató munkájának eredményét a többieknek.		
9	A bemutatott anyagokból tervezetek 1 fázisú, 2 komponensű rendszer(ek)e!	A bemutatott anyagokból tervezetek 2 fázisú, 2 komponensű rendszer(ek)e!	A bemutatott anyagokból tervezetek 2 és 3 fázisú, 2-nél biztosan több komponensű rendszereket!
6	Közös ellenőrzés A feladatok megoldásának ellenőrzése.		

A színes háttér a tanár jelenlétét jelenti

A) csoport: Elsősorban tanári segítséggel tanuló, alaposabb magyarázatra, értelmezésre igényt tartó diákok csoportja. Felzárkóztatásra alkalmas lehet.

B) csoport: Elsősorban csoportban, együttműködve tanuló diákok csoportja, a feladatok megoldásának közös ellenőrzésével. A tanár csak facilitátor szerepet játszik.

C) csoport: Elsősorban önállóan tanuló (csoportban vagy egyénileg), önfejlesztésben szívesen részt vevő, tehetséges diákok csoportja, (a tehetséggondozás része lehet).

Csoportalakítás: Előre meghatározott (a tanár jelöli ki) vagy lehetőséget kapnak a tanulók a szabad feladatválasztásra (önismeret, motiváltság).

²²⁷ Balázs K.: Kémiai implementációs tananyagok, OFI, TÁMOP 3.1.1-11/1-2012-0001; <http://www.ofi.hu/tanmenet-oravazlatok-0> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)

2. példa. „Alkánok fizikai tulajdonságai” (10. osztályos óravázlat) a csoportmunkán alapuló differenciált oktatásban²²⁸

Idő perc	Óravázlat: Alkánok fizikai tulajdonságai (10. évfolyam, kémiaóra)		
	Közös nyitás Vajon mitől függ a forráspont? <i>Az ábrát modellként értelmezve, az eddigi ismeretek részecskeszemléletű alkalmazása (frontális, kérdve kifejtő óravetítés).</i> - Ha egy részecskét a folyadéktérből a gáztérbe akarunk juttatni, mikor kell nagyobb energiát befektetni (mikor „nehezebb” a részecskét a gáztérbe juttatni): - ha kisebb/nagyobb a részecske tömege? - ha gyengébb/erősebb a részecskék közötti kölcsönhatás? Függhet esetleg még valamitől a forráspont? [A forráspont tehát annál magasabb, minél erősebbek a másodrendű kötések, minél nagyobb a moláris tömeg.] Vajon mitől függ az olvadáspont? - Ha a folyadékrészecskéket szabályos rendbe akarjuk rendezni, mikor kell több energiát elvonnunk tőlük (mikor „nehezebb” rendre kényszeríteni a részecskéket): - ha kisebb/nagyobb a részecskék tömege? - ha gyengébb/erősebb a részecskék közötti kölcsönhatás? Függhet esetleg még valamitől az olvadáspont? [Az olvadáspont tehát annál alacsonyabb, minél gyengébbek a másodrendű kötések, minél kisebb a moláris tömeg.]		
7	A) csoport 1. feladatlapot egyénileg, tanári segítség mellett tölti ki minden tanuló <i>[ismeretet, megértést ellenőrző szintű feladatok]</i>. 2. feladatlapot csoportban oldják meg a tanulók, tanári segítség mellett <i>[alkalmazás szintű feladatok]</i>. Forráspont és olvadáspont adatok értelmezése: - különböző moláris tömegű alkánok esetén (metán, pentán, dekán); - azonos moláris tömegű alkánok esetén (pentánizomerek); A molekula alakjának szerepe a forráspont alakulásában <i>[elemző feladat]</i>.	B) csoport 1. feladatlapot egyénileg, önállóan tölti ki minden tanuló <i>[ismeretet, megértést ellenőrző szintű feladatok]</i>. 2. feladatlapot csoportban oldják meg a tanulók <i>[alkalmazás szintű feladatok]</i>. Forráspont és olvadáspont adatok értelmezése: - különböző moláris tömegű alkánok esetén (metán, pentán, dekán); - azonos moláris tömegű alkánok esetén (pentánizomerek); A molekula alakjának szerepe a forráspont alakulásában <i>[elemző feladat]</i>.	C) csoport 1. feladatlapot egyénileg, önállóan tölti ki minden tanuló <i>[ismeretet, megértést ellenőrző szintű feladatok]</i>. C/2. feladatlapot egyénileg vagy csoportban oldják meg <i>[alkalmazás szintű feladatok]</i>. Forráspont és olvadáspont adatok értelmezése: - különböző moláris tömegű alkánok esetén (metán, pentán, dekán, eikozán); - azonos moláris tömegű s alkánok esetén (pentánizomerek), a tendencia megállapítása <i>[elemző feladat]</i>; - a molekula alakjának szerepe a forráspont alakulásában <i>[elemző feladat]</i>.
6	Közös ellenőrzés és megbeszélés		Önálló javítás megoldókulcs alapján.
5	A feladatlapban megadott molekulák modellezése: pentán; metilbután; dimetil-propán. Anyagi halmaz modellezése: pálcikaalakú és gömb alakú molekulákkal.		
10	3. feladatlap: ellenőrző tesztfeladatok (egyéni) <i>[formatív értékelés]</i>	3. feladatlap: ellenőrző tesztfeladatok (egyéni) <i>[formatív értékelés]</i>	C/3. feladatlap: ellenőrző tesztfeladatok (egyéni) <i>[formatív értékelés]</i>
5	Közös megbeszélés		
5	Alkánok egyéb fizikai tulajdonságai: vízben való oldhatóság, vízhez viszonyított sűrűség.		
5	Közös zárás		
5	Rögzítjük a füzetben az alkánok fizikai tulajdonságait.		

A színes háttér a tanár jelenlétét jelenti

²²⁸ Balázs K.: Kémiai implementációs tananyagok, OFI, TÁMOP 3.1.1-11/1-2012-0001;
<http://www.ofi.hu/tanmenet-oravazlatok> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)

A) csoport: Elsősorban tanári segítséggel tanuló, alaposabb magyarázatra, értelmezésre igényt tartó diákok csoportja. Felzárkóztatásra alkalmas lehet.

B) csoport: Elsősorban csoportban, együttműködve tanuló diákok csoportja, a feladatok megoldásának közös ellenőrzésével. A tanár csak facilitátor szerepet játszik.

C) csoport: Elsősorban önállóan tanuló (csoportban vagy egyénileg), önfejlesztésben szívesen részt vevő, tehetséges diákok csoportja, (a tehetséggondozás része lehet).

Csoportalakítás: Előre meghatározott (a tanár jelöli ki) vagy lehetőséget kapnak a tanulók a szabad feladatválasztásra (önismeret, motiváltság).

1. feladatlap: Alkánok fizikai tulajdonságai

1. Húzd alá a dőlt betűs szavak közül azt, amely igazzá teszi a mondatot!

Minél *kisebb/nagyobb* egy molekula tömege, annál *kisebb/nagyobb* energiát kell befektetni ahhoz, hogy a folyadéktérből a gáztérbe kerüljön.

Minél *kisebb/nagyobb* egy molekula tömege, annál *kisebb/nagyobb* energiát kell befektetni ahhoz, hogy kristályrácsba rendeződjön.

Minél *gyengébbek/erősebbek* a molekulák közötti összetartó erők, annál *kisebb/nagyobb* energiát kell befektetni ahhoz, hogy a folyadéktérből a gáztérbe kerüljön.

Minél *gyengébbek/erősebbek* a molekulák közötti összetartó erők, annál *kisebb/nagyobb* energiát kell befektetni ahhoz, hogy kristályrácsba rendeződjön.

2. Az előző feladatban adott válaszok alapján határozd meg, hogy mitől függ a forráspont és az olvadáspont!

A forráspont függ:..... Az olvadáspont függ:.....

.....

.....

Vajon mi befolyásolhatja még a forráspontot?.....

Vajon mi befolyásolhatja még az olvadáspontot?.....

2. feladatlap: Alkánok fizikai tulajdonságai

3. Rajzold le a megnevezett alkánok szerkezetét, majd párosítsd az adott szénhidrogénhez a megfelelő forráspont és olvadáspont adatot! Indokold válaszodat!

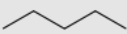
Forráspont adatok: $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$; $36\text{ }^{\circ}\text{C}$; $174\text{ }^{\circ}\text{C}$; olvadáspont adatok: $-182,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$; $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

	Metán	Pentán	Dekán
Szerkezeti képlet vagy vonalábra:			
Összegképlet:			
Moláris tömeg:			
Forráspont:			
Olvadáspont:			
Halmazállapot ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10^5 Pa):			

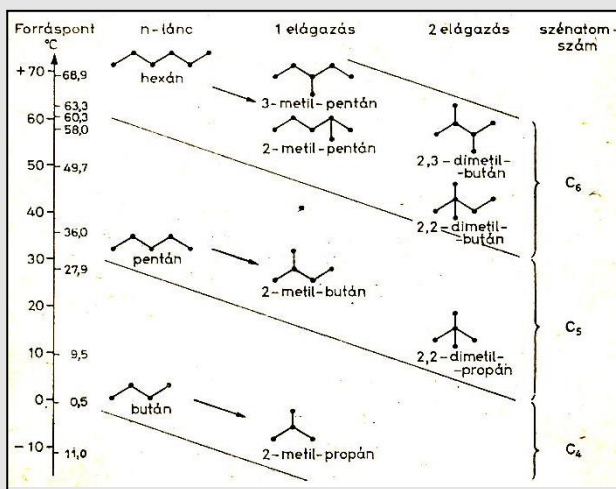
4. Nevezd el a megfelelő pentánizomert a vonalábra alapján! Fogalmazd meg, hogy mi a különbség az izomerek között - a molekulák közötti másodrendű kötések típusában?.....

- a moláris tömegben?.....

- a molekulák alakjában?.....

Pentánizomerek neve:			
Vonalábra:			
Összegképlet:			
Moláris tömeg:			
Forráspont:	$36\text{ }^{\circ}\text{C}$	$28\text{ }^{\circ}\text{C}$	$10\text{ }^{\circ}\text{C}$
Olvadáspont:	$-130\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-160\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-17\text{ }^{\circ}\text{C}$
Halmazállapot ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10^5 Pa):			

5. Fogalmazd meg a grafikon értelmezésével, hogy mitől függ a forráspont!



C/2. feladatlap: Alkánok fizikai tulajdonságai

3. Rajzold le a megnevezett alkánok szerkezetét, majd párosítsd az adott szénhidrogénhez a megfelelő forráspont és olvadáspont adatot! Indokold válaszodat!

Forráspont adatok: -162 °C; 36 °C; 174 °C; 205 °C; olvadáspont adatok: -182,5 °C; -130 °C; -30 °C; 37 °C.

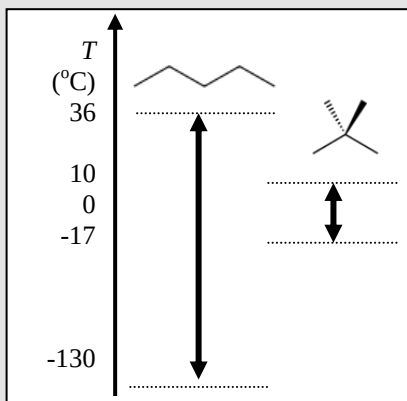
	Metán	Pentán	Dekán	Eikozán
Szerkezeti képlet vagy vonalábra:				
Összegképlet:				
Moláris tömeg:				
Forráspont:				
Olvadáspont:				
Halmazállapot (25 °C, 10 ⁵ Pa):				

4. Írd fel a pentán izomerjeinek vonalábráját, majd párosítsd hozzájuk a megfelelő forráspont és olvadáspont adatot! Indokold válaszodat!

Forráspont adatok: 10 °C; 28 °C; 36 °C; olvadáspont adatok: -17 °C; -13 °C; -160 °C.

Pentánizomerek neve:	Pentán	(2-)metilbután (izopentán)	(2,2-)dimetil-propán (neopentán)
Vonalábra:			
Összegképlet:			
Moláris tömeg:			
Forráspont:			
Olvadáspont:			
Halmazállapot (25 °C, 10 ⁵ Pa):			

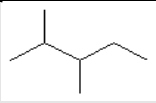
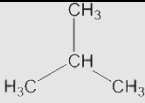
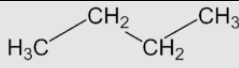
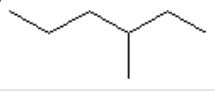
Az adatok ismeretében értelmezd az alábbi ábrát!



5. feladat ugyanaz, mint a 2. feladatlapon lévő 5. feladat.

3. feladatlap: Alkánok fizikai tulajdonságai

Egészítsd ki a táblázatot a hiányzó részletekkel: írd be az alkán szabályos kémiai nevét vagy félkonstitúciós képletét!

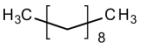
A)	B) heptán	C)	D) etán
			
E)	F) 5,6-dietil-3,4,6-trimetil-nonán	G)	
			

Állítsd sorrendbe növekvő forráspont szerint a fenti alkánokat, és írd a betűjelét a megfelelő sorszámmal!

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.

C/3. feladatlap: Szénhidrogének fizikai tulajdonságai

A 3. feladatlap feladatai az alábbi kiegészítéssel:

H)	I) eikozán	J)	K) 5,6-dietil-7-propil-3,4,6,7-tetrametil-dekán
		$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_3$	

Állítsd sorrendbe növekvő forráspont szerint a fenti alkánokat, és írd a betűjelét a megfelelő sorszámmal!

1. ... 2. ... 3. ... 4. ... 5. ... 6. ... 7. ... 8. ... 9. ... 10. ... 11. ...

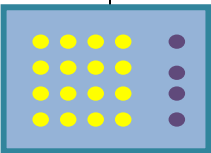
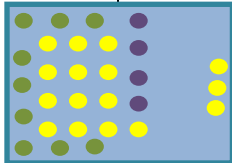
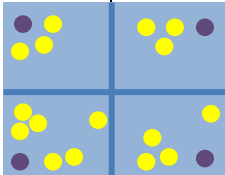
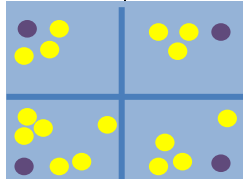
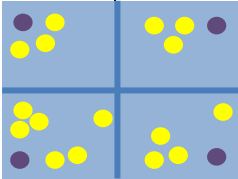
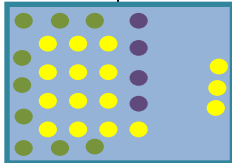
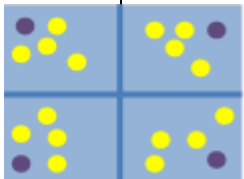
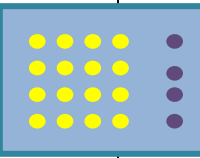
2.2. Differenciálás a tantárgy, illetve a téma iránti érdeklődés szerint

Ha a csoportban különböző mélységben érdeklődnek a tanulók a tantárgy, illetve az adott téma iránt, megadhatjuk a lehetőséget arra, hogy érdeklődésüknek megfelelően vegyenek részt a tananyag feldolgozásában. A motiváció pedig a tehetséggondozásnak is fontos része. Egy projektmunka vagy kooperatív csoportmunka keretén belül más-más részfeladatot vállalva differenciálhatjuk a tanulókat érdeklődési körük szerint. (részletesebben *lásd III. Oktatási módszerek*). Lehetnek, akik a téma képzőművészeti vonatkozásait tárják fel, vagy olyan tanulók, akik az irodalmi kapcsolatoknak néznek utána, akik a technikai-műszaki megvalósítással kapcsolatos ismereteken keresztül jutnak el a tananyaghoz, illetve akiket a matematikai megközelítés, a számok és adatok világa érdekel inkább.

3. példa. Egy projektorientált témahét tervezetének áttekintő táblázata a természettudományos tantárgyak körében²²⁹

A téma feldolgozása: egy témahéten 4 tanulócsoport 4 tantárgy - biológia, földrajz, kémia, fizika - közös projektjét valósítja meg a **modellezés** témaköréből.

(Az ábrák az időszakos csoportmegosztást mutatják: tanár: ● gyerek: ● vendég: ●); 7. évfolyam.

Idő	1. nap: ÖTLETELÉS		2. nap: VÁLASZTÁS, TERVEZÉS		3. nap: MEGVALÓSÍTÁS		4. nap: MEGVALÓSÍTÁS		5. nap: BEMUTATÁS, ÉRTÉKELES	
	Tartalom	Szervezés	Tartalom	Szervezés	Tartalom	Szervezés	Tartalom	Szervezés	Tartalom	Szervezés
1. óra	Mi a makett és a modell közötti különbség? Együttgondolkodás tanári segítséggel. 	Minden tanuló jelen van egy nagy teremben, a projektet vezető tanárokkal együtt.	Melyik modell megvalósításában vegyék részt?	A tanulók egyénileg választanak maguknak helyszínt, ahol az ott kitalált modellt fejlesztik még tovább, és valósítják meg.	A modell elkészítése	Mind a 4 helyszínen legalább 1-1 különböző modellt készítenek a gyerekek csoportban vagy akár egyénileg.	A modell elkészítése	Mind a 4 helyszínen legalább 1-1 különböző modellt készítenek a gyerekek csoportban vagy akár egyénileg.	Projekt-bemutató A csoportok kiállnak, és előre megbeszélt időkeretben bemutatják és értelmezik az elkészített modellt. 	Mind a 4 tanulócsoport jelen van egy nagy teremben. Akár a szülőket, vagy a tantestület tagjait is meg lehet hívni a bemutatóra.
2. óra	Mit modellezzünk a természet-tudományok témaköréből? - Egy részecske (pl. atom, molekula), - egy anyagi halmaz (pl. kristályrács), - egy működő szerkezet (pl. hidraulikus emelő makettje), - egy jelenség (pl. a víz halmazállapot-változásai), - egy természeti képződmény (pl. egy hegység domborzatának makettje) stb. modellezésének megválasztása helyszínenként.	A 4 tanulócsoport különválnak 4 terembe. Mindenhol külön-külön ötletelhetnek a tanulók, hogy mit és hogyan modellezzenek (az egyes helyszínek kapcsolódhatnak egy-egy tantárgyhoz is). A 4 tanulócsoport forgószínpadszerűen járja végig mind a 4 helyszínt, ezzel megismerik és továbbfejleszthetik a diákok az előző csoport választott modelljének ötletét.	Hogyan készítsük el a modellünket? - Milyen anyagok, milyen eszközök szükségesek? - Honnan szerezzük be az anyagokat, eszközöket? - Kinek mi lesz a feladata?	Mind a 4 helyszínen az a cél, hogy a tanulók a lehető legjobban megtervezzék azt a modellt, amit az adott helyszínen előző nap kitaláltak. Nem szükséges a különböző helyszíneken egyforma létszám, és az is lehetséges, hogy egy helyszínen több produktum (modell) készül. 				Projekt értékelése - Önértékelés - A csoportmunka értékelése - Az ötlet / a feladat értékelése	Minden gyerek egyénileg egy kérdőívet tölt ki.	
3. óra										
4. óra										
5. óra									Eredmény-hirdetés A „legkek” díjazása 	Oklevelek kiosztása, a közös munka értékelése

²²⁹ Balázs K.: Kémiai implementációs tananyagok, OFI, TÁMOP 3.1.1-11/1-2012-0001; <http://www.ofi.hu/feladatok-egyeb-tanuloi-tevekenysegek-5> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)

2.3. Képességek szerinti differenciálás – felzárkóztatás, fejlesztés, tehetséggondozás

A különböző képességek és készségek egy adott tanuló esetében vizsgálva sem egyforma szinten állnak. Előfordulhat, hogy egy diák matematikai kompetenciája a korosztályához képest nagyon fejlett, azonban például a szociális kompetenciák tekintetében elmaradást mutat. Ebben az esetben a szociális érzékenységet, a másokkal való együttműködést fejleszteni érdemes, míg abban, amiben kiemelkedő teljesítményt nyújt, tehetséget mutat, ennek megfelelő, magasabb szintű feladatokkal kell támogatni a fejlődését.

2.4. Differenciált felzárkóztatás

Differenciált felzárkóztatás azon tanulók részére szervezendő, akik életkoruk átlagához képest bizonyos kompetenciaterületeken lemaradást mutatnak. A feladat a lemaradt terület fejlesztése annak érdekében, hogy a tanuló lehetőleg minden területen elérje az „átlagszintet”. Kérdés persze, hogy mit tekintünk átlagnak. Mérhetjük a tanulókat a saját korosztályuk, vagy egy adott csoport (tanulócsoport vagy társadalmi csoport) átlagához is (részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés). A hátrányos helyzetű (HH) vagy halmozottan hátrányos helyzetű (HHH) tanulókkal, a sajátos nevelési igényű (SNI), a beilleszkedési, tanulási, magatartási nehézségekkel küzdő (BTM) gyerekekkel külön kell foglalkozni. Az ilyen fejlesztő munka speciális képzettséget igényel.

Felmerülhet a kérdés: integráljunk vagy szegregáljunk-e, azaz a különböző képességű, szociokulturális háttérrel rendelkező diákokat együtt tanítsuk, vagy szétválasszuk egy kijelölt szempont szerint. Tanítási tapasztalat szerint, ha egy osztályon belül nincsenek túl nagy képességbeli, érdeklődésbeli különbségek a tanulók között, és alkalmazni tudjuk a differenciálás módszerét, akkor az integráció szociális kompetenciákat is fejleszthet, segíthet az egymásra való odafigyelés megerősítésében, a másik elfogadásában. Egy jól működő csoportnak van „húzóereje”, a tanulási célt hatékonyabban érik el a diákok egymással együttműködve (és csak korlátozott mértékben versengve).

Az utóbbi évtizedekben a nemzetközi szakirodalomban és hazánkban is nagyon heves szakmai viták folynak az integrált oktatásról, az inkluzív nevelésről és a komprehenzív iskoláról. Az ezek bevezetését szorgalmazók egyik prominens magyar képviselője NAHALKA ISTVÁN, a PISA²³⁰ vizsgálatok eredményeit felhasználva érvel az inkluzív nevelés mellett²³¹. Azt olvassa ki az adatokból, hogy azokban az országokban jobb a tanulók átlagos teljesítménye, ahol a családi háttér nem annyira meghatározó az iskolaválasztás során, mint nálunk. (Természetesen nagyon fontos kérdés a sérült, vagyis különféle, egészségügyi okokra visszavezethető problémákkal élő gyermekek nevelése²³², de e helyen kimondottan csak a szociális helyzet és a családi háttér szerinti kiválasztódás, szegregáció társadalmi szinten jóval több embert érintő kérdéséről szólunk.) CSAPÓ BENŐ és munkatársai²³³ szerint: „*A nemzetközi felmérések szerint Magyarország azok közé az országok közé tartozik, ahol a legnagyobbak az iskolák közötti különbségek. A tanulók közötti válogatás, a társadalmi háttér szerinti szelekció korán elkezdődik és a teljes közoktatást áthatja. A családi háttér teljesítményt meghatározó hatása igen nagy, a magyar iskola kevésbé képes az esélyek kiegyenlítésére, alacsony a reziliens tanulók aránya.*”

Másrészt viszont gyakran olvashatók és hallhatók sikeres emberek vallomásai (pl. a Középiskolai Kémiai Lapok²³⁴ „Mi lett belőled ifjú vegyész?” című rovatában, illetve a „Rátz Tanár Úr

²³⁰ http://www.oktatas.hu/koznevelas/meresek/pisa/pisa_2012_meres (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

²³¹ Nahalka I.: Az integrált nevelés pedagógiai alapjai, <http://www.okm.gov.hu/eszmecsere/Nahalka.htm> (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

²³² Réthy Ené. (2002): A speciális szükségletű gyermekek nevelése, oktatása Európában, Az integráció és inklúzió elméleti és gyakorlati kérdései, Magyar Pedagógia 102. évf. 3. Sz. 281–300.

http://www.magyarpedagogia.hu/document/endrene_rethy-the_education_of_children_with_special_needs_in_the_eu.pdf (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

²³³ Csapó B. és mts.-i: Az iskolai teljesítmények alakulása Magyarországon nemzetközi összehasonlításban, <http://www.tarki.hu/adatbank-h/kutjel/pdf/b327.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

²³⁴ <http://www.kokel.mke.org.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

*Életműdíj*²³⁵ és a „Magyar Kémia Oktatásért” Díj²³⁶ díjkiosztó ünnepségein elhangzó laudációk során arról, milyen sokat számított és mennyire meghatározó volt az az iskolai közeg, amelyben felnőttek, egyes tanárok egyénisége és műhelyteremtő munkája. Nem csoda, hogy nagyon sok szülő az ilyen, már kialakult és hírnévre szert tett intézményekben szeretné tudni a saját gyermekeit. Kétségtelen tény az is, hogy a magyar iskolarendszer az utóbbi évtizedekben a szinte teljesen szabad iskolaválasztással sokkal több teret adott annak, hogy a gyermekeiket erre tudatosan készítők a tehetséggondozásban és a felsőoktatásra való felkészítésben legjobb eredményeket elérő iskolákba próbálják meg eljuttatni a gyermekeiket (ellentétben például a szigorúan területi alapon beiskolázó finn iskolarendszerrel). Sajnos ez óhatatlanul annak kockázatával jár, hogy elvben két, azonos képességű gyermek közül a szociálisan hátrányos helyzetben lévőknek van kisebb esélye bejutni egy ilyen intézménybe. Ezt igazolni látszanak az eddigi magyar PISA eredmények.²³⁷

A természetes igazságérzet és humánus, valamint a pusztán józanésszel is kikalkulálható társadalmi érdek viszont egyaránt azt diktálná, hogy az iskolarendszer minden tanulót a képességei által megengedett legmagasabb szintre próbáljon eljuttatni. Ráadásul a leszakadó térségekben élő családok ördögi körbe kerülnek, amelyből önértékelésük igen keveseknek sikerül csak kitörni. Ez hosszú távon óriási társadalmi feszültségeket generál, ami kiszámítható módon konfliktusokhoz, vagy akár robbanáshoz vezethet. Az oktatás elsődleges szerepét az ördögi kör megtörésében manapság már komoly szakember nem tagadja. Nehéz azonban megteremteni annak intézményi és pénzügyi hátterét, hogy jól képzett és tetterre kész kollégák naponta megújuló erővel és energiával szálljanak szembe a generációkon átívelő átokkal és segítsék a lemaradókat, valamint eljuttassák a siker csúcsaira az adott területen legtehetségesebbeket. Ebben segítséget jelenthetnek a tehetséggondozó programok, a tehetségfejlesztést szolgáló hálózatok²³⁸ és a különböző, a tehetségek felkarolását zászlójukra tűző alapítványok. E rendkívül komplex oktatáspolitikai kérdésekről nem feladatunk ettől többet szólni, de biztosak vagyunk benne, hogy minden jóéremű tanár igyekszik a lehető legtöbbet kihozni az összes tanítványából. Ahhoz, hogy segíteni tudjunk az empátia és szociális érzékenység mellett fejlett módszertani kultúrára és kitartó munkára is szükség van.

Belátható továbbá, hogy a gyermekek személyiségét komplex módon kell fejleszteni. Az iskolai működésének és a tanári munka minőségének megítélésénél nem csak az egyes tantárgyakban elért eredmények számítanak, hanem ezen túl a tanuló teljes iskolai élete, tevékenysége, más diákcsoportokkal, tanárokkal való kapcsolata.

3. Tehetséggondozás

Mint a fejezet elején említettük, a tehetségnek a szakirodalomban rendkívül sokféle definíciója van. A hétköznapi szóhasználatban tehetségesnek azt szokták nevezni, aki valamilyen tevékenységben az átlagosnál magasabb szintű teljesítményre képes. Ezzel a meghatározással azonban a tudományos kutatásban nem sok mindent lehet kezdeni. A tehetség négy különböző felfogás szerinti leírását adja meg MÖNKS és YPENBURGS²³⁹:

1. A tehetség képesség szerinti értelmezése

²³⁵ <http://www.ratztanarudij.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

²³⁶ <http://www.richter.hu/hu-HU/felelossegvallalas/alapitvanyok/Pages/Alapitvany-Magyar-Kemia-Oktatasert.aspx> (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

²³⁷ http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/pisa/pisa2006_jelentes.pdf; https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/pisa/pisa_2009_osszfogl_jel_110111.pdf; http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/pisa/pisa2012_osszefoglalo_jelentes.pdf (utolsó letöltés: 2015. 06. 06.)

²³⁸ <http://tehetseg.hu/tehetsegpontok> (2015. 08. 30.)

²³⁹ Mönks, F. J., Ypenburg, I. H. (1998): A nagyon tehetséges gyerek, Akkord Kiadó, 17-21.

Abból a feltételezésből indul ki, hogy már a korai életkorban megvannak a kiemelkedő szellemi képességek, amelyek az élet folyamán lényegesen nem változnak. Meglehetősen stabil tulajdonságnak feltételezik, amely kevésbé függ a kulturális-társadalmi feltételektől. Elképzelhető azonban, hogy ezek csak felnőtt korban manifesztálódnak. Ennek alapján fogalmazta meg MARLAND képviselő az Egyesült Államokban az ún. Marland-definíciót: *„A rendkívüli tehetségű egyén már manifesztálódott, vagy potenciális képességekkel rendelkezik. Ez intellektuális, kreatív, művészi (zenei és ábrázoló) vagy elméleti területen nagy teljesítményekben vagy rendkívüli vezetői képességekben fejeződik ki. Vannak gyermekek, akiknek differenciált tanulási feladatokra és követelményrendszerre van szükségük, akik az átlagos iskolában, átlagos nevelés-oktatás mellett nem jutnak hozzá abhoz, hogy önmagukat, illetve társadalmi szerepüket megvalósítsák.”* E meghatározás nem utal sem a motiváció jelentőségére, sem a szociális környezet hatására.

2. A tehetség kognitív komponensek szerinti értelmezése

A tehetséget a kognitív természetű képességei szerint próbálják beazonosítani. Azt vizsgálják elsősorban, hogy az információfeldolgozás minőségében, sebességében milyen különbségek mutatkoznak az átlagos képességű gyermekektől. Nem az intelligenciatesztekben mérhető teljesítményekkel hozzák összefüggésbe a tehetség felismerését. Például, amikor egy két és fél éves kisgyermek kijelenti, hogy *„ha valaki alszik, akkor nem tudja, hogy alszik”*, akkor ez egy metakognitív teljesítmény (gondolkodik, és reflektál saját gondolataira).

3. A tehetség teljesítményorientált modell szerinti értelmezése

Ebben az elméletben megkülönböztetik a lehetőséget és a megvalósult tehetséget, azaz a tehetséges embernek az adottságait, készségeit és a ténylegesen kialakult képességeket. Fontos az adottság kibontakoztatásának folyamata is. Sokszor, elsősorban a hátrányos helyzetű gyermekek estében, a potenciális adottságok nem realizálódnak, mert az adott környezetnek nincs igénye az adott képesség kibontakoztatására, nem motiválja a tehetséget. Egy kiváló adottságú, de motiválatlan egyénben negatív énkép alakul ki. Ebben a modellben a tehetség megkülönböztető jegye elsősorban a teljesítmény.

4. A tehetség szociokulturális modell szerinti értelmezése

E modell hívei abból a feltételezésből indulnak ki, hogy a tehetség az egyéni adottságok és a szociokulturális tényezők együttműködése alapján válogatódnak ki. A „rendkívüli teljesítményt” elsősorban gazdasági-társadalmi feltételek függvényének tekinti – csak akkor fedezik fel a tehetségeket, ha van rájuk társadalmi igény és vannak diagnosztizáló programok is a felkutatásukra. Ha egy ország oktatáspolitikája az átlagos képességekre figyel, akkor a kiemelkedő tehetségek kevésbé bontakozhatnak ki, - sokszor elkülönítve, „elitképzésben” tanulnak, ahol az elit néha pejoratív besorolást is kaphat.

A felsorolt meghatározások nem mondanak ellent egymásnak, csak más nézőpontból szemlélik a tehetséget. Valószínűleg a több faktorból álló modell: a képesség, a kreativitás és a motiváció együttese közelebb hoz a tehetség értelmezéséhez. Egy tehetséges tanuló általában szereti az intellektuális kihívásokat, nagyon kíváncsi a világra, széles érdeklődésű, tanulékony, sajátos megoldásokat talál ki, tökéletességre törekszik, összefüggéseket ismer fel stb.

A tehetséggondozás „kiindulópontja”: az érdeklődés felkeltése és a tehetség mozgósítása. Ehhez célszerű egyéni szorgalmi feladatokat adni. Ezek között nem csak kontextus alapú (azaz alkalmazásközpontú) érdekes és/vagy kihívást jelentő számolási példák lehetnek, hanem különféle gyűjtőmunkák, modellépítések, posztterek, prezentációk, kiselőadások készítése adott, a tananyaghoz kapcsolódó témákról. Ezek kombinálhatók esetleg veszélytelen otthoni kísérletek elvégzésével és lefényképezésével vagy filmezésével (részletesebben lásd IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok), amelyek aztán az erre a célra létrehozott zárt Facebook csoportba, blogra vagy wikire is föltehetőek (részletesebben lásd VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a

kémiaoktatásban). Gondolni kell azokra a tanulókra, akik szeretnek szerepelni és azokra is, akik nem. Az előbbieket (megfelelő, a tanárral közös előkészítés után, és a balesetvédelmi szabályok szigorú betartása mellett) tarthatnak kiselőadásokat, elméleti magyarázattal kísért kísérletbemutatókat. Az utóbbiak munkájának eredményét inkább poszterként, blogbejegyzésként stb. lehet megosztani, hogy a többi diák is tanulhasson belőlük.

A többletmunkára vállalkozó diákok számára tanórai foglalkozásokon kívül szervezhetők különféle gazdagító programok. Lehetőség van szakkörök, példamegoldó levelezős vagy más versenyek, vetélkedők szervezésére, illetve ilyenekre való benevezésre, önképzőkörök tartására, különféle, tematikus táborokban, diákszimpoziumokon, projektversenyeken stb. való részvételle, illetve szereplésre. A lehetőségek tárháza folyamatosan bővül, de a kihasználásuknak sajnos vannak korlátai (főként idő és az anyagi finanszírozás)²⁴⁰ Sok munkát levesznek azonban a tanárok válláról a Középiskolai Kémiai Lapok (KÖKÉL) feladatmegoldó versenyei. A KÖKÉL számai az e célra létesített honlapon²⁴¹ a nyomtatott változat megjelenésével egy időben, bárki számára szabadon elérhetők. A szerkesztők már három feladatmegoldó pontversenyt hirdetnek meg, összesen öt kategóriában. A beküldött feladatokat a szerkesztők javítják és pontozzák, majd a helyes megoldásokat is közlik a lapban. A pontverseny legjobbjai és felkészítő tanáraik minden évben ünnepélyes díjkiosztón fogadhatják az elismeréseket.

A hátrányok kompenzálását célzó fejlesztésekhez *egyéni fejlesztési tervet* kell készíteni.

4. példa. Egy tehetséges tanuló egyéni fejlesztési terve

A fejlesztésbe bevont tanuló: B. P.

A tanuló osztálya: 8. B

Az egyéni fejlesztés indoka: kiemelkedő tehetségű és a kémia tantárgy iránt különösen érdeklődő tanuló, aki nem kedveli az írásbeli munkát. Mindent megjegyezni igyekszik, semmit nem ír le.

Az egyéni fejlesztés szükségessége, azonosításának módja: saját tapasztalat, illetve a szülőktől, kollégáktól szerzett ismeret alapján.

A fejlesztés területe: a tehetséggondozás keretein belül a tantárggyal kapcsolatos tevékenységek, írásbeli és szóbeli feladatok.

Az egyéni fejlesztés formái és gyakorisága: tanítási órán kívüli szakkör és egyéni foglalkozás.

Az egyéni fejlesztéshez használt eszközök: szakkönyvek, versenyfeladatok, saját készítésű feladatlapok, internetes forráskeresés, szakanyag feldolgozása.

A fejlesztés során elért eredmény mérésének, értékelésének eszközei: versenyeken való részvétel és eredményesség, illetve egy kísérleteket tartalmazó, jegyzőkönyvszerű füzet, amit a tanuló önállóan vezet.

A tanév feladatai:

	A feladat leírása	A megvalósítás módja
1.	Külön kémia feladatokat kap, melyeket adott határidőig bead.	E-mailes, levelezős rendszerben.
2.	Folyamatosan beszámol az országos kémiaversenyre felkészítő tananyagról.	Szóban, alkalomszerűen.
3.	Látványos, különleges kísérletekkel készül a következő tanév végére is, melyet közösen kitalálunk, kipróbálunk, értelmezünk.	Kísérleti jegyzőkönyvet készít, melyben mindent szakszerűen, írásban vezet.
4.	Versenylelkészítő szakkörre jár tanulás és tanítás céljából is.	A saját szintjének megfelelő tananyagot elsajátítja, a kisebbeknek pedig segít a felkészülésben.

²⁴⁰ Bohdaneczky Schág J., Balogh L. (2010): Tehetséggondozás a közoktatásban a kémiatudományban, Géniusztár Könyvtár, Magyar Géniusztár Integrált Tehetségsegítő program – Országos Tehetségsegítő Hálózat Kialakítása,”

TÁMOP 3.4.4-A/08/1-2009-0001 projekt, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége, Budapest

²⁴¹ A KÖKÉL honlapja: <http://www.kokel.mke.org.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 22.)

A kémiatanárok körében közismert és több évtizedre visszatekintő, nagy hagyományokkal rendelkező, országos korosztályos kémiaversenyek mellett az utóbbi években-évtizedekben megjelentek az iskolafenntartó egyházak és a különféle egyéb szervezetek, intézmények, cégek, vállalatok által országos szinten szervezett, valamint a regionális, sőt akár egy-egy iskolához kötődő (lényegében a beiskolázást segítő) kémia tárgyú, illetve komplex természettudományos vagy környezetvédelemre fókuszáló versenyek, vetélkedők is. Az alábbi felsorolás a teljesség igénye nélkül készült és csak a tájékozódást igyekszik segíteni. Sok információ található ezzel kapcsolatban a Magyar Kémikusok Egyesülete Kémiatanári Szakosztályának honlapján is.²⁴² (Az alább megadott webcímeken elérhető honlapok utolsó látogatásának ideje: 2015. 04. 21.)

1. Hazai országos korosztályos kémiaversenyek:

- Hevesy György Országos Kémiaverseny a 7-8. évfolyamos tanulók számára (<http://www.mtte.hu/hu/content/hevesy-gy%C3%B6rgy-verseny-201415>)
- Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny a 9-10. évfolyamos tanulók számára (<http://www.irinyiverseny.mke.org.hu/>)
- Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny (OKTV), kémia a 11-12. évfolyamos tanulók számára (http://www.oktatas.hu/cimke_lista?keyword=OKTV)
- A Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal tanulmányi versenyei: https://www.nive.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=521
- A Középiskolai Kémiai Lapok feladatmegoldó versenyei (<http://www.kokel.mke.org.hu/>)

2. Felekezeti alapon szervezett versenyek:

- Evangélikus iskolák Szent-Györgyi Albert természettudományos verseny: <http://www.gimnazium.mezobereny.hu/index.php/eredmenyeink/eredmenyeink-2012-2013/87-szentgyorgyi-albert-termesztudomanyi-verseny>
- Katolikus iskolák természetismeret versenye (http://www.szentimre-ejer.sulinet.hu/gal_piliscs.html)
- Református Iskolák Országos Kémiaversenye (<http://szilady.net/hireink/117-reformatus-iskolak-kemiaversenye>)

3. Egyéb hazai versenyek és vetélkedők:

- Kémikus Diákszimpozium (<https://www.mke.org.hu/osszes-hir/733-9-kemikus-diakszimpozium-2.html>)
- Országos Diákvegyész Napok (<http://www.reformatus-sp.sulinet.hu/srkg/nagyrefi/dok/diakvegyesz.pdf>)
- Curie emlékverseny (<http://www.curicalapitvany.hu>)
- Bugát Pál Országos Középiskolai Természetismereti Műveltségi Vetélkedő (http://www.tit.hu/studio/bugat_pal_xxx_felhivas.pdf)
- Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Verseny (Magyar Innovációs Szövetség, http://www.innovacio.hu/3a_hu_24_felhivas.php)
- A BASF (Badische Anilin- und Soda-Fabrik) vetélkedői (<http://www.chemgeneration.com/>)
- MOL Junior Freshhh (www.junior.freshhh.net)
- Kaán Károly Országos Természetismereti Verseny 5. és 6. évfolyamos tanulók számára (http://www.borsod-ped.hu/dokumentumok/versenyek/2014_2015/kaan_2015.pdf)

²⁴² <http://www.kemtan.mke.org.hu/kezdolap/24-a-kemiatanitas-szemontjabol-fontos-versenyek-honlapjai.html> (utolsó letöltés: 2015. 04. 21.)

- VegyÉsztorna feladatmegoldó verseny (<http://www.sci.u-szeged.hu/chem/kkfv>)
- Hlavay József Országos Környezettudományi és Műszaki Diákkonferencia (<http://diakkonferencia.mk.uni-pannon.hu/>)
- Környezetvédelmi Diákkonferencia (<http://www.ipariszakkozep.hu/?q=node/474>)
- Mozaik Kiadó tanulmányi versenye (http://www.mozaik.info.hu/verseny/index.php?cmd=setmenu_12)
- ELTE Bolyai Kollégium levelezős csapatversenye (<http://www.bolyai.elte.hu/dyn/verseny/>)

4. Nemzetközi versenyek és diákolimpiák:

- Nemzetközi Kémiai Diákolimpia (<http://olimpia.chem.elte.hu>)
- Nemzetközi Junior Természetudományi Olimpia (<http://www.ujeuropaalapitvany.hu/cikk/magyarok-a-nemzetkozi-junior-termesztudomany-olimpian>)
- Mengyelejev Diákolimpia (<http://www.bekesifi.hu/magazin-2345.html>)
- Természetudományos Diákolimpia (<http://mono.eik.bme.hu/~vanko/fizika/euso.htm>)
- Grand Prix Chimique (GPCh) vegyésztechnikusi diákolimpia (<http://www.chem.elte.hu/w/gpch/index.htm>)
- Osztrák Kémia tanárok Egyesületének meghívásos versenye (<http://hirmagazin.sulinet.hu/hu/tudomany/nemzetkozi-kemiaaverseny>)
- International Conference of Young Scientists (<http://metal.elte.hu/~icys/>)

5. Tehetséggondozó táborok:²⁴³

- Magyar Kémikusok Egyesülete Kémia tanári Szakosztály: „Varázslatos Kémia Tábor” (<http://www.varazslatos-kemia-tabor.mke.org.hu/>)
- MTA Természetudományi Kutatóközpont „AKI Kíváncsi Kémikus” nyári kutatótábora (<http://www.ttk.mta.hu/intezetek/anyag-es-kornyeztkemiai-intezet/nyari-kutatotabor-2/>)
- Országos Műszaki Múzeum Vegyészeti Múzeuma: „ALKIMISTA” tábor (<http://www.vegyeszetimuzeum.hu/index.php/alkimista-tabor/category/1>)
- ELTE TTK és Eötvös József Collegiuma: Eötvös Természetudományos Tábor (<http://termtudtabor.eotvos.elte.hu/2015/>)

6. Hazai tehetségsegítő szervezetek:

- Nemzeti Tehetségsegítő Tanács (<http://www.tehetsegpont.hu/>)
- Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége (<http://geniuszportal.hu/>)
- Kutató Diákok Országos Szövetsége (<http://www.kutdiak.hu>)
- Kutató Tanárok Országos Szövetsége (<http://www.kuttanar.hu/>)
- Nyugat-magyarországi Egyetem Regionális Pedagógiai Szolgáltató és Kutató Központ: „Science Learning Center”-e (<http://slc.pszk.nyse.hu/>)

7. Nemzetközi tehetségsegítő szervezetek:

- Network of Youth Excellence (<http://www.talentcentrebudapest.eu/content/new-programs-network-youth-excellence-nyex>)
- European Council of High Ability (<https://giftedphoenix.wordpress.com/europe/the-european-council-for-high-ability-echa/>)

²⁴³ <http://www.kemtan.mke.org.hu/component/content/article/61-tehetseggondozo-taborok.html> (utolsó letöltés: 2015. 04. 23.)

Irodalom

- Bohdaneczky Schág J., Balogh L. (2010): Tehetséggondozás a közoktatásban a kémia tudományban, Géniusztár, Magyar Géniusztár Integrált Tehetségsegítő program – Országos Tehetségsegítő Hálózat Kialakítása, TÁMOP 3.4.4-A/08/1-2009-0001 projekt, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége, Budapest
- Gardner, H. (1983): Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences, New Horizons
- Gyarmathy É. (2006): A tehetség, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 39-40.
- M. Nádasi M. (2010): A projektoktatás elmélete és gyakorlata, Géniusztár Könyvek, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége
http://geniuszportal.hu/sites/default/files/06_kotet_net.pdf (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- Maleczkiné Szeness M. (1995): Kémiai számítások – kémiai gondolatok, Veszprémi Egyetem
- Mönks, F. J., Ypenburg, I., H. (1998): A nagyon tehetséges gyerek, Akkord Kiadó, Budapest
- Orsós P., Rózsahegyi M., Wajand J. (1994): Versenyezni jó! Gyakorlati feladatok kémia versenyre készülő középiskolásoknak, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged
- Rózsahegyi M., Wajand J. (1992): Rendszerező kémia mintapéldákkal, feladatokkal, Mozaik Kiadó, Szeged
- Kémia versenyfeladatok általános iskolásoknak (szerk.: Villányi A.)(2008), Kemavill Bt., Budapest
- Villányi A. (2005): Ötösöm lesz kémiából, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- <http://tanmester.tanarkepzo.hu/differencialas> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- http://old.wekerle.gov.hu/download.php?doc_id=2343 (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- www.mateh.hu/publikaciok/Sarka_differencialt_oktatas.ppt (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- http://edutech.elte.hu/multiped/ped_09/ped_09.pdf (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- http://old.wekerle.gov.hu/download.php?doc_id=2065 (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- <http://www.ofi.hu/tanmenet-oravazlatok-0> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- <http://www.ofi.hu/tanmenet-oravazlatok> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- <http://www.kemtan.mke.org.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)
- <http://kemia.blog.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 13.)

VIII. INFOKOMMUNIKÁCIÓS TECHNOLÓGIÁK ALKALMAZÁSA A KÉMIAOKTATÁSBAN

Főző Attila

Tartalom

1. A digitális kompetencia fejlesztése és a kémiaoktatás
 2. A kémiaoktatás helyzete a digitális írásbeliség tükrében
 3. Kémiai kísérletek és mérések IKT eszközökkel
 4. Számítógépes molekulamodellek a kémiaoktatásban
 5. Kémiai alkalmazások mobil eszközökön
 6. Web 2.0 alkalmazások az oktatásban
 7. A webes tartalmak hitelessége
 8. Kémiai tartalmak megszerkesztése
- Irodalom

1. A digitális kompetencia fejlesztése és a kémiaoktatás

A tanulás aktív folyamat, amelyben sok tényező mellett fontos szerepet játszanak a diákok személyes tapasztalatai. Gyakran találkozunk jó tanulmányi eredményű diákokkal, akik a megszerzett tudást nem tudják átültetni a gyakorlatba, nem tudják helyesen értelmezni a hétköznapi életben előforduló jelenségeket. A tapasztalatok szerint a kémiaórákon megismert savak és bázisok fogalma és tulajdonságai a diákokban például ritkán kapcsolódnak a háztartásban használt savas és bázikus anyagokhoz.

Az Európai Parlament 2006 decemberében a digitális kompetenciát is felsorolta a kulcskompetenciákat tartalmazó ajánlásában (2006/962/EC). Ez a kulcskompetencia a Nemzeti alaptanterv 2007-es módosításában is szerepel, valamint a 2012-ben megjelent új dokumentum is tartalmazza. Ez a kulcskompetencia ma már megkérdőjelezhetetlen fejlesztési cél, azonban nagyon sokféle módon jelenhet meg az oktatásban.

A kémia tanításában különösen hangsúlyos a konstruktivista pedagógia egyik jól ismert megállapítása, miszerint az új fogalmak beépüléséhez szükséges az is, hogy az új ismeretek hasznosnak ígérkezzenek a diákok számára (részletesebben lásd *II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái*). Az osztálytermi tudomány és a hétköznapi világ között tehát szoros kapcsolatokat kell kiépíteni. E tekintetben az info-kommunikációs technológia (IKT) komoly segítséget nyújthat és erre az elmúlt másfél évtized számos példát is szolgáltatott (FŐZŐ és RIEDEL²⁴⁴). Az információs társadalomban ma már számos olyan tartalom, adat, tanítási és tanulási lehetőség érhető el, ami korábban nem volt lehetséges, illetve ma sem az, ha kizárjuk a korszerű technológiát az iskolából.

A pedagógiai kutatók nagy része egyetért abban, hogy a digitális írástudást magába foglaló digitális kompetencia meglehetősen komplex, szoros kapcsolatban és összefüggésben áll a többi kulcskompetenciával, nagyban függ a szocio-kulturális háttértől és nehezen mérhető egyetlen teszt segítségével. ANTONIO CALVANI és társai egy 2008-as tanulmányukban a digitális kompetenciát három dimenzió együtteseként definiálják (CALVANI és tsai²⁴⁵) (1. ábra):

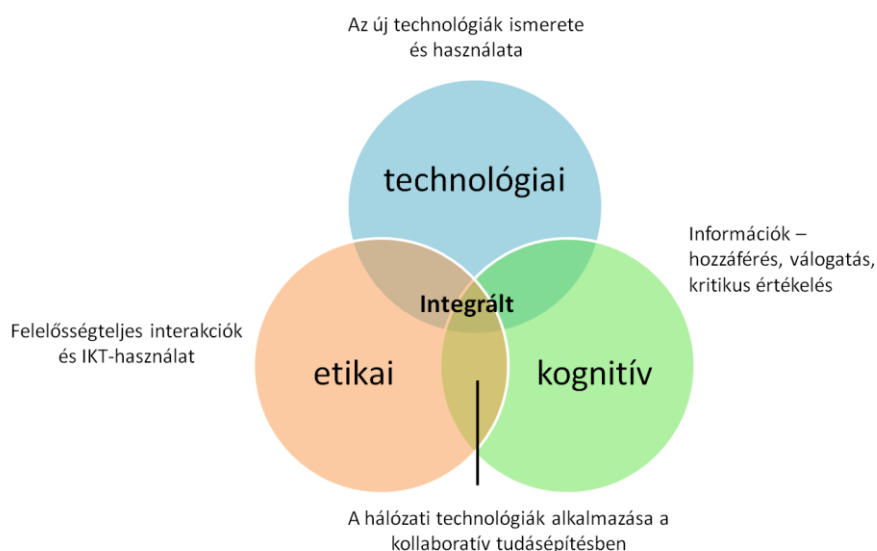
- technológiai dimenzió, amelyben a problémamegoldás képessége és a változó technológiai környezethez való rugalmas alkalmazkodás kap elsősorban szerepet,

²⁴⁴ Főző A. L., Riedel M. (szerk.) (2003): Informatikai eszközök a kémia oktatásában. Sorozatszerkesztő: Kárpáti A., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

²⁴⁵ Calvani, A., Cartelli, A., Fini, A., Ranieri, M. (2008): Models and Instruments for Assessing Digital Competence at School, Journal of e-Learning and Knowledge Society - Vol. 4, n. 3, September 2008, 183 - 193

- kognitív dimenzió, melynek lényege az információk „olvasása”, szelekciója, értelmezése, értékelése és bemutatása,
- erkölcsi dimenzió, másokkal való kapcsolat és kommunikáció a technológia felelősségteljes alkalmazásával.

Természetesen e három dimenzió együttesen és egymást kiegészítve járul hozzá a tudás felépüléséhez és annak megosztásához.



1. ábra. A digitális kompetencia dimenziói (CALVANI és tsai.)

A tanulók digitális kompetenciájának fejlesztése Magyarországon már nem csupán az informatika tantárgy keretein belül történik, hiszen a kerettantervek²⁴⁶ a többi tantárgynál is, mintegy horizontális célként jelölik meg ezt. Elegendő, ha az információs társadalom olyan vonatkozásaira és következményeire gondolunk, amelyek a biztonságos médiahasználat, a szerzői jogok problematikájával, az adatok, hírek, közlemények értelmezésével kapcsolatosak. A kémia szempontjából különösen fontosak az anyagok, készítmények, élelmiszerek stb. összetételére vonatkozó, az elektronikus médiából özönlő információk, a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos kérdések, illetve a mikrovilág vizualizációját érintő informatikai eszközök.

Attól függően, hogy mely tantárgyról van a szó, a digitális kompetencia más-más dimenziója kaphat nagyobb hangsúlyt a tanítás/tanulás során. Az IKT eszközrendszerét alkalmazó, diákcentrikus módszerek részeként szereplő feladattípusok a következő kategóriákba sorolhatók:

- Technológiai feladatok: az info-kommunikációs technológia elemeinek kezelése, tudatos használata, amely jelenleg elsősorban az informatika tantárgy hatáskörébe tartozik, de minden valószínűség szerint megjelenhet a kémiatanításban is a táblázatkezelő (pl. titrálás eredménye), a prezentációkészítő vagy más szoftver használata.
- Szimulációs feladatok: adatok, információk kezelése és értelmezése, valós helyzetek modellezése, amellyel a tanórákon elsősorban a problémaalapú tanítás során találkozhatunk. Ez a módszer a kémiaoktatásban nagyon sok témánál megjelenhet (pl. egy patak vizének kémiai elemzésénél).
- Kutatási feladatok: információk gyűjtése, rendszerezése és kritikus válogatása, amelyeknek egyik gyakorlati megvalósulása a projektalapú tanítás/tanulás lehet. A projekt módszer egyik

²⁴⁶ A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről szóló 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet mellékletei letölthetők a következő oldalról: <http://kerettanterv.ofi.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

nagy előnye, hogy egyik fő ismérve a kapcsolat a világgal, azaz a tanulás valós kontextusba helyezése. A projektmódszer egyre elterjedtebb a kémia tanításában is, azonban számos, együttműködésben zajló diákmunka nem teljesíti a projekt kritériumait²⁴⁷. Az IKT eszközrendszerének használatára a projektalapú tanulásban egy európai program, az eTwinning²⁴⁸ rendkívül sok érdekes és követendő példát nyújt.

- Tartalomfejlesztés: tartalom létrehozása egymással együttműködésben, amelynek technológiai háttérét az együttműködést támogató online irodai szoftverek (pl. Google Drive, Office 365), illetve a wiki típusú rendszerek biztosítják (pl. PBworks²⁴⁹, MediaWiki²⁵⁰, Wikispaces²⁵¹ stb.).

A pedagógiai gyakorlatban számos esetben találkozhatunk azzal a helyzettel, hogy az informatika eszközeit, módszereit a tanárok csupán a tanítás folyamatában használják, míg a számonkérés a klasszikus módon történik. Az értékelés és visszajelzés még klasszikus eszközökkel sem mindig van jelen, az IKT eszközeivel pedig elvéve fordul elő (KÁRPÁTI és DORNER, 2008²⁵²). A technológiai fejlődés olyan új kommunikációs kultúrát teremtett, amelyben lehetőségünk van eddig nem alkalmazott értékelési, számonkérési módokra is. Ezek közül sorolunk fel néhány példát (1. táblázat):

1. táblázat. Értékelés, számonkérés az IKT eszközeivel

értékelés	kémiaoktatási példák
tudásteszt számítógépes környezetben (online vagy offline módon)	számításos feladatok, molekulamodellek rajzolása
kommunikáció és vita elektronikus felületen	környezetvédelmi téma megvitatása
szerepjáték online fórumon, chat-en	lakossági fórum, kémiai elemek megszemélyesítése
az információk gyűjtése, értékelése, szelekciója a keresés során	élelmiszerek összetétele és összehasonlítása
valós helyzetek kezelése, szimulációja	víz-, talajminta elemzése, ásványvízzé nyilvánítás
tartalom készítése és előadása	anyagok, jelenségek, folyamatok bemutatása
tartalmak kritikus elemzése és módosítása wiki rendszerben	kémiai kislexikon létrehozása

2. A kémiaoktatás helyzete a digitális írásbeliség tükrében

Az IKT eszközrendszere a társadalomban bekövetkezett változások után megjelent az oktatás különböző területein is. Megváltozott a tanár-diák kommunikáció, az információk kezelése és az azokhoz fűződő viszony, valamint végérvényesen megszűnt a papír alapú tartalmak monopóliuma. Az info-kommunikációs technológia eszköztára nagymértékben jelen van a tanári felkészülésben, azonban a tanórákon még sok kiaknázatlan lehetőség van. A kémiaoktatásban az IKT eszközei támogatást nyújtanak a természettudományos kompetencia fejlesztéséhez, miközben mind a tanulók, mind pedig a tanárok digitális kompetenciája fejlődhet. Természetesen

²⁴⁷ Nem minden projekt projekt <https://komposzt.wordpress.com/2011/02/19/nem-minden-projekt-projekt/>

²⁴⁸ eTwinning – <http://www.etwinning.net> és <http://www.etwinning.hu> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁴⁹ PBworks – <http://www.pbworks.com> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁵⁰ MediaWiki szabad szoftverű wiki csomag – <http://www.mediawiki.org> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁵¹ Wikispaces wiki felület – <http://www.wikispaces.com> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁵² Kárpáti A., Dorner H. (2008): Mentorált innováció virtuális tanulási környezetben. Magyar Pedagógia. **108** (3) 225-246

az IKT kémiaoktatási alkalmazásai is megfelelő szakértelmet igényelnek, ahogyan más médiumok esetében is így van ez. Néhány ígéretes alkalmazási terület:

- Folyamatok, tulajdonságok modellezése, melynek során a jelenségek térbeli és időbeli korlátai megváltoznak és áthidalható méretek közötti hatalmas szakadék. Példák: atomok, molekulák szerkezete, kötések kialakulása, reakciómechanizmusok stb.
- Laboratóriumi eszközök, kémiai reakciók, vegyszerek „kezelése” virtuális környezetben, nem veszélyes, tiszta, környezetkímélő módon. Példák: laboratóriumi eszközök helyes használata, műveletek végrehajtása, berendezések kezelése stb.
- Kísérletek tervezése, kísérleti szituációk tesztelése, megjelenítése a szabadon variálható körülmények között. Példák: titrálás tetszőlegesen választható savakkal és lúgokkal, illetve indikátorokkal stb.
- A nem hozzáférhető jelenségek megjelenítése, bemutatása és elemzése, a mikrovilág szimulációkon keresztül való megismerése. Példák: a radioaktivitás, atomenergia, kémiai egyensúly értelmezése stb.
- A hagyományos médiumokkal szemben a számítógépes grafikai ábrázolások és az adatelemzés gyors, szemléletes. Példák: kémiai reakció kinetikájának tanulmányozása, molekulamodellek ábrázolása stb.
- A digitális taneszközök használatával az interaktivitás nagymértékben növeli a tanuló egyéni részvételét saját tudásának felépítésében, készségei, képességei fejlesztésében. Ezt támogatja a kérdésekre gyorsan érkező válasz, az azonnali visszajelzés lehetősége (pl. az angolul „*trial and error*”-nak nevezett, azaz a „próba-szerencse” módszer alkalmazása esetén).
- Az IKT lehetőséget biztosít a kémia tanulásában is a csoportos együttműködésre, az építő egymásra utaltságra a kompetencia fejlődése érdekében (részletesebben lásd III. Oktatási módszerek).
- A tudományos adattárak, információs bankok, vegyület-adatbázisok könnyen hozzáférhetők az informatika technológiai eszközeivel. Példák: molekulák adatai és modelljei, fizikai és kémiai tulajdonságok táblázatai stb.
- A prezentációkészítő eszközök széles spektruma révén mind a tanár, mind pedig a diák lehetőségei is látványosan bővülnek, így az ismeretek reprezentációja lényegesen könnyebb, adekvátabb.
- Az IKT eszközei szinte minden pedagógiai módszert teljes körűen kiszolgálhatnak és megfelelő technológiai alapot szolgáltatnak.
- Számítógéppel segített kémiai kísérletezés hidat ver a valóság és a virtuális valóság közé, a közvetlen és kvantitatív ismeretszerzést szolgálva. A mobileszközök (pl. szenzoros mérőeszközök, okostelefonok, GPS-vevők stb.) révén a tanulás és az iskola színterei egyre kevésbé esnek egybe.
- Az Internet révén a tanuló és a tanár is egy kapcsolati háló részévé válik, amely új dimenziót ad a tanulás/tanítás folyamatának. Ebben a megközelítésben a tanulók, tanárok és az információforrások közötti kapcsolatok épp oly fontosak és szövevényesek, mint a vegyületeknél megtalálható kémiai és fizikai kötések.

Az IKT adta lehetőségek mellett fontos megemlíteni a korlátokat is, illetve azokat a helyzeteket, amelyekben az informatika jelenléte nem segíti a kémia tantárgyi céljainak teljesülését.

- Gyakori probléma a valódi kísérletezés helyettesítése virtuális megoldásokkal olyankor is, amikor a jelenségek bemutathatók, a biztonsági kritériumok, a laboratórium felszereltsége vagy az eszközök hozzáférhetősége megengedné azt.
- A számítógépes grafikai vagy animációs megoldások egyes esetekben inkább esztétikai szempontok, mintsem tudományos kritériumok alapján készülnek. Emiatt a modellek bár látványosak, szemléletesek, hamis információt közölhetnek (pl. nem megfelelő színek, szerkezetek).

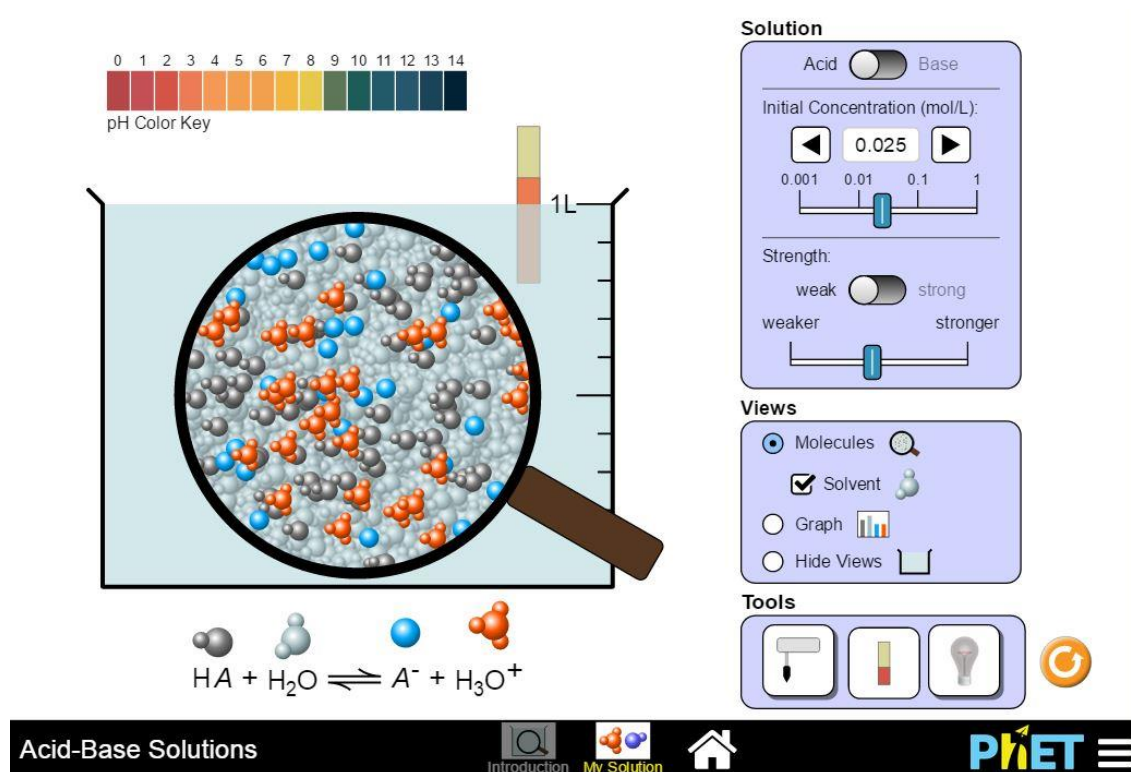
- A világhálón elérhető hatalmas információs dzsungelben sok ellenőrizetlen adat (pl. élelmiszerekkel kapcsolatban), tudományosan nem megalapozott elméletek (pl. homeopátia, pi-víz) és tudományosan látszó, megtévesztő tartalom érhető el (részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*). Hasonló probléma a túlságosan nagy mennyiségű adat és információ. Mindezek új pedagógiai célok kitűzését teszik szükségessé a kémiatanár számára is.
- A tanulói feladatok (pl. dolgozatok, kiselőadások, diákmunkák) teljesítése során megjelenik a tartalmak ollózása, meggondolatlan és a megértést mellőző használata, az ún. *copy-paste* tudás. Ez a számonkérés és az értékelés rendszerének változását és egyben megújulását vonja maga után annak érdekében, hogy a feladatok során valóban készségfejlesztés történjen, és egyben etikusan használjuk fel a tartalmakat.

World Wide Web alapú (webes) módszerek és eszközök a kémiaoktatásban

Az informatikai eszközök kémiaoktatásban történő használatát, azon belül a webes tartalmak és alkalmazások beillesztését, a kémiatanítás néhány specialitásának figyelembe vételével lehet megérteni és alátámasztani.

- Az iskolák rendszerint szűkös anyag- és eszközellátottsága mellett kiemelendő a jó hozzáférhetőség (nincs vegyszerigény és kevés eszköz szükséges) a már meglévő informatikai infrastruktúrára építve (amennyiben ez erre a célra használható és megfelelő).
- A webalapú multimédiás tartalom használata a folyamatok modellezése során számos előnnyel jár. A hosszadalmas eljárások rövidíthetők, a jelenségek térbeli és időbeli korlátjai lecsökkennek.
- Eszközök, reakciók, vegyszerek „működtetése” nem veszélyes (mint például egy mérgező gázok keletkezésével járó kísérleté, egy vegyi üzemé vagy egy atomreaktoré), ismételhető, használata pedig tiszta, környezetkímélő.
- Lehetőség van a kísérletek megtervezésére a körülmények variálható megválasztásával. A tervezéssel kiválaszthatjuk a megfelelő mérőeszközöket, szükséges vegyszereket például egy terepmunkára készülve. A virtuális kísérlet befejeztével lehetőség van az újraindításra.
- Fontos alkalmazási mód a valódi kísérleti eszközökkel nem hozzáférhető jelenségek megjelenítése (mint például az atomi méretek és mozgások szimulációja, molekuláris szintű jelenségek, reakciómechanizmusok).
- A hagyományos táblai rajzzal szemben a grafikai ábrázolások számítógéppel igen gyorsak, szemléletesek, könnyen változtathatók, valamint a gyors adatfeldolgozás lehetősége is előnyös lehet.
- Az interaktivitás élményszerűvé teszi az informatikai eszközök használatát, az egyéni adatok és kérdések személyes jelleget adnak a tanulás folyamatának. A kérdésekre adott válaszok kiértékelhetők, a válaszok és a személyre szóló eredmények kinyomtathatók, és így a későbbi tanulás során újra felidézhetők.
- Mivel nemcsak egy tanuló munkáját, hanem egy csoportot, esetleg egy egész osztályt is értékelni lehet, a világháló lehetőségei gyors pedagógiai eredménymérésre is alkalmasak lehetnek. Az értékelés és a számonkérés területén az internet közösségi lehetőségeinek használata további lehetőségeket biztosít.
- A nagy memóriakapacitás sok adat bevitelét és őrzését teszi lehetővé, ezek bármikor előhívhatók, és így a számítógép a saját, testre szabott adatbank szerepét is betöltheti.
- A multimédiás és prezentációkészítő szoftverek lehetőséget adnak a tanárnak arra, hogy elkészítse saját, a nyomtatott könyvektől, főlírasorozatoktól független prezentációját. Mindezt látványosan és a világháló segítségével naprakészen. A világháló naprakészségének előnye a papír alapú tartalmakkal szemben vitathatatlan. (A sokszor említett hitelesség kérdése immár a nyomtatott könyvekkel szemben is felmerül, nem csupán az elektronikus médiával kapcsolatban, mivel a nyomtatás technológiájának elterjedésével egyre több ellenőrizetlen tartalmú kiadvány születik.)

- A céltudatos böngészés, az adatfeldolgozás, prezentációkészítés, a munkaszervezés eszközei lehetővé teszik, hogy a diákok projektmunkákat is készítsenek, illetve az egyéni tanulásban is több lehetőséggel éljenek (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*).
- A számítógéppel kiegészített kémiai kísérletezés feloldja a valóság és a virtuális valóság konfliktusát, a közvetlen és kvantitatív ismeretszerzést szolgálja (pl. 2. ábra. Virtuális kísérlet a PhET oldalán).
- Az Internet segítségével a tanár és a diák hatalmas adatbázisból meríthet.
- A tele-kollaboráció oktatási használatára is lehetőség van: némi szervezéssel megvalósítható a kétoldalú vagy többoldalú kommunikáció távoli iskolákkal, sőt kutatóhelyekkel.



2. ábra. Virtuális kísérlet a PhET oldalán²⁵³ A PhET oldal sok szimulációja már magyar nyelvre is le van fordítva.²⁵⁴

3. Kémiai kísérletek és mérések IKT eszközökkel

Az informatikai eszközök alkalmazásának egyik jellegzetessége, hogy csatolni tudja a természettudományos megismerés két módját, a közvetlen és a modelleken keresztül való információszerzést.

A kísérletek egy része kvalitatív jellegű tanári (vagy tanulói) bemutató, másik része kvantitatív jellegű, azaz mérés. Az informatikai eszközök segítségével olyan méréseket, számításokat vagy éppen grafikus megjelenítést is meg tudunk valósítani, amelyeket az iskolai kémiaszertár hagyományos eszközeivel nem lehetne megtenni. Ez esetben is érdemes feltenni a kérdést, hogy miért előnyös az IKT eszközeit alkalmazni. A számítógépes kémiai kísérleteket olyan területeken érdemes alkalmazni, ahol az a jelenlegi demonstrációs módszerekhez képest új lehetőségeket nyitnak meg, illetve lényegesen csökkentik a mérés idejét vagy a méréshez kapcsolódó számítási időt.

²⁵³ <https://phet.colorado.edu/en/simulation/acid-base-solutions> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁵⁴ <http://phet.colorado.edu/hu/simulations/category/chemistry> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)



3. ábra. Elektromos vezetés mérése kézi műszerrel

Íme néhány lehetőség

- Kvalitatív demonstrációk kvantitatívvá tétele. Például: elektromos vezetés mérése, pontos hőmérsékletmérés, titrálás a pH egyidejű kijelzésével stb. (3. ábra)
- Nagyon gyors és nagyon lassú folyamatok követése és kiértékelése. Például reakciókinetikai vizsgálatok, alkoholos erjedés, diffúzió.
- Több vizsgálandó paraméter egyidejű észlelése. Például a hőmérséklet és a nyomás, vagy a reakciókinetikában a koncentráció, a hőmérséklet, az idő mérése; az egyensúlyok vizsgálatánál több anyag koncentrációjának egyidejű észlelése; a titrálásoknál a térfogat függvényében a pH vagy a vezetés mérése stb.
- Megfelelő érzékelőkkel olyan folyamatokról is kaphatunk mennyiségi információt, amelyek nem látszanak. Például: folyamatos pH-mérés, nyomásmérés, koncentráció változásának követése, levegőszennyezettség vizsgálata stb.
- A számítógép gyorsítja és egyszerűsíti egy-egy mérés kiértékelését és bonyolultabb számításokra is lehetőségek ad (pl. átlagszámítás, görbeillesztés, adatok szórása stb.)
- Vannak olyan, az iskolai gyakorlatban is használható kisműszerek, amelyek számítógéphez csatolva lehetővé teszik a távolról való mérést. Az internetes kommunikáció segítségével akár arra is mód nyílik, hogy egy mérést távoli diáktársak, kollégák is figyelemmel kísérhessenek. Hasonló alkalmazási terület a meteorológiai megfigyeléseknél működő webkamera hálózat.
- A hagyományos kísérleteknél nehézséget okozhat a műszerek által mutatott adatok nagyméretű, az egész teremben jól látható megjelenítése (pl. egy hőmérő leolvasása). Egy dokumentumkamera és/vagy kivetítő megoldást jelenthet az ilyen esetekben.

Virtuális kísérletek

A számítógépes szemléltetés és szimuláció eszköztárához különösen akkor érdemes fordulni, ha olyan témakört vagy jelenségeket mutatunk be, amelyek veszélyesek, esetleg különleges biztonsági intézkedéseket, felszerelést igényelnek, amelyek az iskolában nem adóttak; az iskolai laboratóriumban nem reprodukálható természeti vagy egyéb jelenségek; a mikrovilág szereplői.

A kémiai szimulációk egyre nagyobb számban érhetők el elsősorban a Flash²⁵⁵, a HTML5, a Shockwave²⁵⁶, Java²⁵⁷ vagy a Silverlight²⁵⁸ technológia révén a weben vagy adathordozón. Sajnos

²⁵⁵ Adobe Flash, korábban Macromedia Flash multimedia-fejlesztő alkalmazás - <http://www.adobe.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁵⁶ Adobe Shockwave, korábban Macromedia Shockwave multimédia lejátszó - <http://www.adobe.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁵⁷ Java, programozási környezet – <http://www.java.com> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁵⁸ Microsoft Silverlight, interaktív multimédiás web-alkalmazás - <http://www.silverlight.net/> (letöltés: 2015. 04. 19.)

sokszor előfordul, hogy a pedagógusok a kísérletezés rovására vagy éppen az élő kísérletezés helyett használnak látványos szimulációkat. *A kémia tanítása akkor lehet igazán hatékony, ha a kísérletezés, a diákok személyes élményei és a számítógépes módszerek által alkotott „virtuális” kémialaboratórium együttesen van jelen.*

A számítógépes szimulációk feladata, hogy egy bonyolult kémiai folyamatot egyszerűen, érzékletes látvánnyal, de ugyanakkor valóságként mutassanak be. A szimulációk egyik legfontosabb fokmérője az interaktivitás, amely mögött a valós folyamatok matematikailag helyes modelljei működnek.

A szimulációknak tartott digitális tartalmak jelentős része egy rajzfilmhez hasonlatos animáció, ahol a tanuló passzív szemlélője a látványnak. Ezek (az interaktivitás hiánya miatt) ugyan nem nevezhetők szimulációnak, de alkalmazásuk jól kiegészítheti a tanári magyarázatot vagy a szakmai anyag illusztrációját. Ilyenek nagy számban találhatók az egyszerűbb programozhatóság, az alacsonyabb készítési költségek miatt is. Magyar nyelvű animációk és szimulációk érhetők el a Sulinet Tudásbázisban vagy a Realika foglalkozásgyűjteményben.

Az elektronikus tanulásban és tanításban sikeresebben alkalmazhatók azok a szimulációk, melyek interakciót, beavatkozást kívánnak a tanulóktól. Az interaktív szimulációk sok esetben a tanuló által változtatható paramétereket tartalmaznak, így az irányítás a tanuló kezében van. A tanuló aktív részvétele a tanulás folyamatában társul azzal a lehetőséggel, amit a számítógépes technológia az ismétlések, a gyakori próbálgatások és az egyéni útvonalak használatában nyújt.

A természettudományos elektronikus tananyagok egyik jellemzője, hogy animációk és szimulációk is segítik a nehezen értelmezhető, kísérletileg nem bemutatható fogalmakat. Az interaktivitás mértéke a vizualizáció fokával együtt jelentősen befolyásolja a megértést, az új fogalmak beépülését.

A *nem interaktív* animációk jól használhatók illusztrációként vagy egy tanári magyarázat részeként, azonban a legcsekélyebb interaktivitást sem tartalmazzák, és gyakran nem találunk olyan rövid magyarázatokat, amelyek segíthetnék a tanulókat a megértésben. Hasznosíthatók azonban például a gyakorlás és számonkérés folyamán, amikor egy animációt kell a tanulóknak narrációval ellátni.

Az *interaktív animációk* egy része egyben valós folyamatok szimulációja. Ezek a tananyagelemek nem csupán kezelésüket tekintve jellemezhetők interaktivitással, hanem abban is, hogy a felhasználó befolyásolhatja a bemutatott kémiai tartalmat. Ekkor a látvány és a mögötte levő természettudományos vagy matematikai törvények egyaránt fontosak és egymással összhangban működnek. Az interaktív elemeknél a látványnak nem szükséges okvetlenül felvonultatnia a technika minden vívmányát, de elegendően részletesnek kell lennie ahhoz, hogy a jelenséget pontosan bemutassa.

Az interaktivitás lehetővé teszi, hogy a tanuló egyéni tanulási stratégiákat alkalmazzon, és aktív szereplője legyen a tanulásnak. (4. ábra)



4. ábra. A radioaktív bomlás szimulációja²⁵⁹ (Sulinet Tudásbázis)

A szimulációk sok esetben egy komplett elektronikus tananyagegység részei. Egy ilyen tananyagegység nemcsak egy kémiai jelenség bemutatását, a tanulást célozza, hanem egyúttal az ellenőrző modult és a számonkérést is tartalmazhatja (5. ábra)²⁶⁰.



5. ábra. Képernyőkép: Az s-mező elemeinek kémiai tulajdonságai²⁶¹ (Realika)

Térképen a kémiaoktatás

Az „élő kémiai kísérlet” fogalmát először RIEDEL MIKLÓS használta az 1980-as években az „élő zené” (*live music*) mintájára²⁶² és bizony ma is aktuális, ha a kémiaoktatásra vonatkoztatjuk. A

²⁵⁹ <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/fizika-kepek-animaciok-videok/modern-fizika/magfizika-atomfizika> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁶⁰ Ilyen tananyagegységekre láthatunk példát Realika – Kémia tananyagban - <http://realika.educatio.hu/ctrl.php/unregistered/preview/coursesec?c=41&pbka=0&pbk=/ctrl.php/unregistered/courses> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

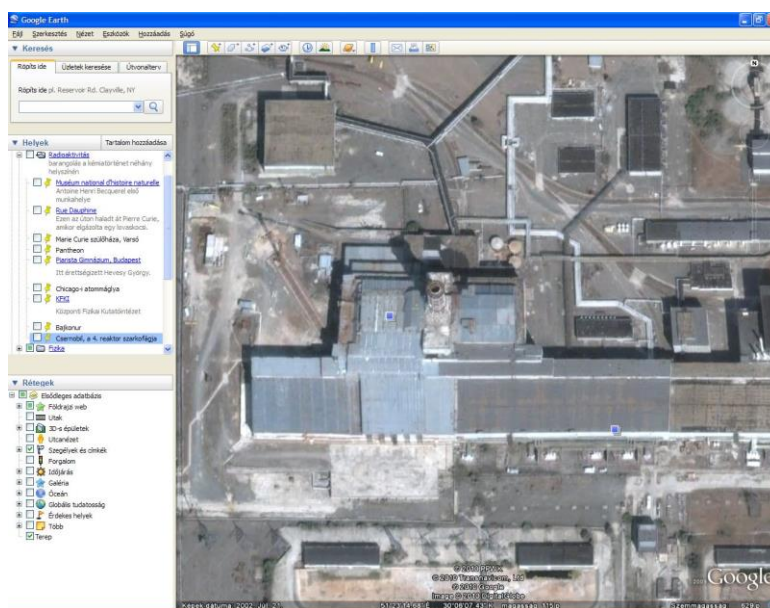
²⁶¹ <http://realika.educatio.hu/ctrl.php/unregistered/preview/preview?userid=0&store=0&pbk=%2Fctrl.php%2Funregistered%2Fcourses&c=41&node=a67&pbka=0&savebtn=1> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

digitális írástudás állandóan bővülő világában ugyanis az élő, igazi tapasztalat mellett jelen vannak a kémiai szimulációk, az ismeretterjesztő filmek, a videómegosztók filmjei és az Internet további tartalmai.

Az elmúlt évtizedben több olyan internetes alkalmazás is napvilágot látott, mely a műholdas megfigyeléseket, a térinformatikát és a térképészetet új, a felhasználók számára érdekes módon kapcsolta össze. Ezek közé tartozik a NASA World Wind²⁶³, a Google Föld²⁶⁴ és a Bing Maps²⁶⁵ is. A legnépszerűbb, a Google Föld nem csupán egy részletes, interaktív földgömb. Az internetezők tömeges részvétele és virtuális kapcsolatokból épülő hatalmas hálózata számtalan fotó, információ és speciális alkalmazás formájában gazdagítja a szoftver képességeit.

A világtérkép a kémia iránt érdeklődők számára is tartogat érdekességeket, így a Google Föld program használata nem csupán a földrajzórán indokolt. Érdekes kémiatörténeti vagy tematikus barangolásokat szervezhetünk a Google Föld eszközeivel, hiszen minden kiválasztott földrajzi helyet rögzíthetünk, majd automatikus „berepüléssel” vagy kézi irányítással bejárhatjuk ezeket. A tankönyvekhez vagy a tanórákon használt „klasszikus” elektronikus tartalomhoz új dimenziót nyit a virtuális barangolás a Földön. Érdekes „séta” lehet bejárni a radioaktivitás történetének fontosabb helyszíneit, például a chicagói atommáglya helyszínét, ahol a műholdról is látható Henry Moore híres szobra vagy éppen a csernobili 4-es számú reaktor, a Google Föld programmal is megnézhető szarkofágját²⁶⁶ (6. ábra).

A Google Föld segítségével a tanárok és a diákok is készíthetnek világkörüli „sétákat”, melyek minden pontja ellátható saját megjegyzésekkel, további információkkal, valamint mappákba csoportosíthatók. A program az ilyen koordinátacsomagokat .kmz kiterjesztésű állományokba menti, melyeket szabadon terjeszthetünk egymásnak. A témák és a földrajzi helyek tárháza tekintélyes, így kitűnő kiindulópontot adnak házi dolgozatokhoz, projektmunkákhoz, a diákok által végzett kutatómunkához.



6. ábra. Az egykori Csernobili Atomerőmű 4-es reaktorának szarkofágja

²⁶² Hobinka I., Riedel M., Vámos I. (1987): Élő kémiai kísérletek iskolaszámítógéppel, a kémiai kísérletek és a számítógép. in "Játékos atomok", szerk. Tóth E. és Sükösd Cs. OOK, Veszprém, 115-122

²⁶³ NASA World Wind - <http://worldwind.arc.nasa.gov/java/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁶⁴ Google Föld - <http://earth.google.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁶⁵ Bing Maps - <http://www.bing.com/maps/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁶⁶ Radioaktivitás a Föld körül - <http://hirmagazin.sulinet.hu/hu/pedagogia/radioaktivitas-a-fold-korul> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

A földrajzi helyeken túl a Google Föld programhoz elérhető a felhasználók által készített, kisebb-nagyobb tematikus térképek, melyek valójában a földgömbre kerülő rétegek. A kémiaórákon is szóba kerülő szennyezések, levegőminőségi adatok, környezeti katasztrófák kapcsán számos ilyen térképet találunk és ezek kínálata az internet jellegéből adódóan folyamatosan változik, leginkább bővül. Ebben az esetben a világháló egyik izgalmas paradigmájával, a Web 2.0-val találkozunk, amely abban nyilvánul meg, hogy a felhasználók tömegesen és hasznosan vesznek részt új anyagok készítésében, újraértelmezésében (ún. „remix”), valamint a meglévőkből merőben új tartalmak létrehozásában (ún. „mashup”²⁶⁷).

GPS és a kémiai vizsgálatok

Az Egyesült Államok már az 1970-es években elkezdte a kísérleteket egy katonai célú helymeghatározó rendszer kialakítására. A létrejött és ma már közismert *Global Positioning System* (GPS) azonban egészen a 2000. év májusáig használhatatlan volt komolyabb polgári célokra a pontatlansága miatt. A GPS-vevők forradalmasították a navigációt a közlekedés minden válfajában és megjelentek az élet más területein is.

A terepgyakorlatok, erdei iskolák vagy kisebb, szabadtéri projektek alkalmával a kémiaórák keretén belül is végeznek a tanulók méréseket, környezeti vizsgálatokat. Ennek kitűnő hazai hagyományai vannak például a savas eső, vagy a természetes vizek kémiai minőségével kapcsolatos vizsgálatok, nemzetközi diákprojektek területén (HOBINKA, RIEDEL²⁶⁸).

A GPS-vevők használata lehetővé teszi, hogy a mérési helyszíneket méter pontossággal, földrajzi koordináta formájában is rögzítsük (a mérési adatokon, fényképeken, videókon, megfigyeléseken stb. túl). A GPS-vevők az útpontok rögzítését alapszolgáltatásként nyújtják, de a legtöbb modell már a bejárt útvonalat is tárolni tudja, illetve képes megjeleníteni a GPS-vevőbe töltött térképen. A kémiai vizsgálatokat végző diákok a Google Föld programban rögzíthetik a meglátogatott mérési helyszíneket.



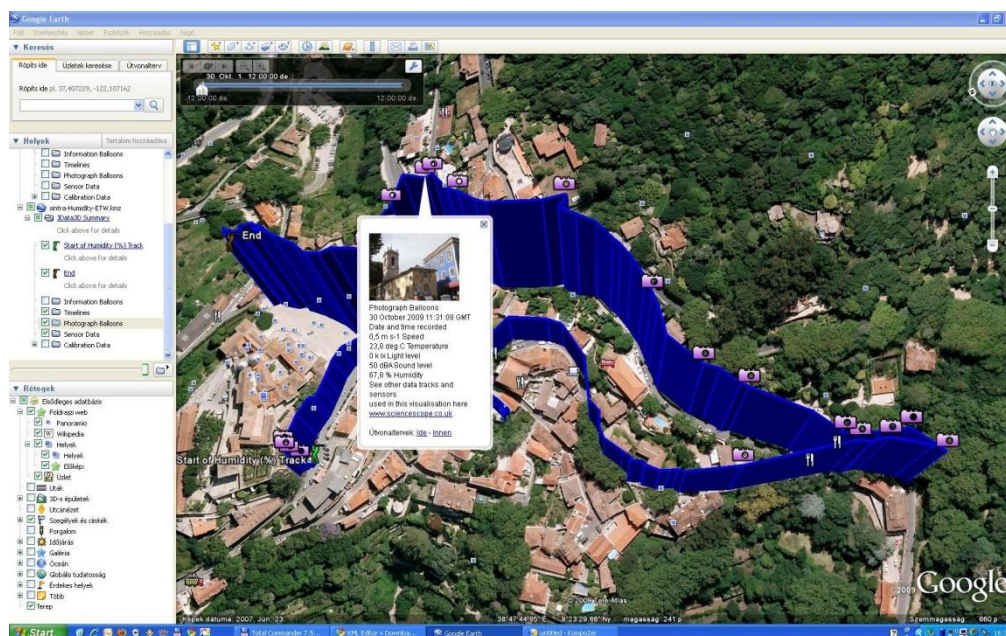
7. ábra. Mérési adatgyűjtő szenzorral

²⁶⁷ Egy érdekes mashup a híres tudósok mondataiból zenével összeállított videó: <https://www.youtube.com/watch?v=G41hvVkHJ0w> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁶⁸ Hobinka, I.; Riedel, M. (1991): Computer assisted chemistry teaching: simulated and live experiments, 11th Int. Conf. on Chemical Education, York

A természettudományos oktatásban egyre inkább terjedő mérési adatgyűjtők (7. ábra) (angolul: *data logger*) további lehetőségeket kínálnak, amennyiben az ezekhez kapcsolt szenzorok mért adatait a számítógépre töltve egyszerűbben és látványosabban kapcsolhatjuk a GPS-koordinátákhoz. Ezek a mobil eszközök nagyszerű lehetőségeket kínálnak a kémiatanárok számára a terepen. A környezeti vizsgálatok során alkalmas szenzorokkal mérhető a levegő minősége (pl. szén-monoxid, szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén-oxidok), a hőmérséklet, a kémhatás, a természetes vizek oldottoxigén-tartalma, vezetőképessége és számos más adat. A mérési adatgyűjtők előnye, hogy ezeket a méréseket gyorsan, pontosan végezhetik el a diákok úgy, hogy az eszköz rögzíti az eredményeket, akár előre programozott időközönként elvégezve a méréseket.

A mérési adatgyűjtők piacán már olyan modellek is léteznek, melyek beépített GPS-vevővel rendelkeznek és szoftverük segítségével feltölthetők a Google Föld programba mérési eredmények, a hozzájuk tartozó koordinátákkal és a fényképekkel együtt²⁶⁹. Ebben az esetben a koordinátákhoz tartozó információk és képek mellett egy olyan réteg is készíthető, mely a Google Föld programban egy 3-dimenziós grafikon formájában (8. ábra) ábrázolja a mérési eredményeket a bejárt terepen.



8. ábra. 3D grafikon a mérési adatokból Google Földben

4. Számítógépes molekulamodellek a kémiaoktatásban

Annak ellenére, hogy ma már a pásztázó alagútmikroszkópok segítségével méretarányos, kiszínezett képeket és filmeket készíthetünk a valódi atomokról és molekulákról, a modellek alkalmazása rendkívül fontos a kémiaoktatásban. A kémiai modellezésben általában a *Chime* kiegészítővel²⁷⁰ megjeleníthető modellek, a Java alapú Jmol²⁷¹ és a VRML²⁷² a legnépszerűbbek.

A Chime a 21. század első évtizedének legnépszerűbb megjelenítője volt. Ennek oka az univerzalitásában és az egyszerű kezelésben keresendő. Az ingyenesen használható Chime rengeteg

²⁶⁹ Egy ilyen alkalmazásra látható példa a következő kisfilmen: Főző A. L. (2009): Mobiltechnológia az oktatásban (videó), eTwinning PDW, Portugália, <http://www.youtube.com/watch?v=05wtw0Mes3E> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁷⁰ <http://www.umass.edu/microbio/chime/getchime.htm> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁷¹ <http://hirmagazin.sulinet.hu/hu/pedagogia/jmol-a-molekulamodellezes-java> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

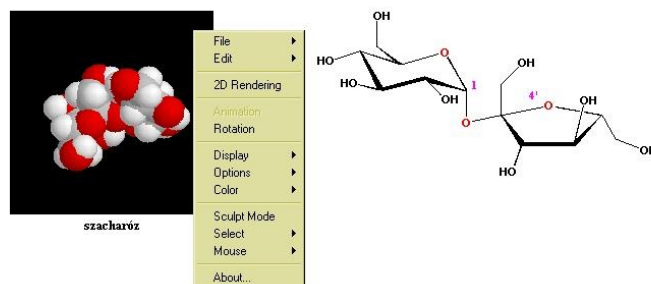
²⁷² Virtual Reality Markup Language

kémiai fájlformátumot ismer, és képes azokat a weboldalakon megjeleníteni. A kémiai weboldalak elengedhetetlen szereplői a háromdimenziós modellek (9. ábra), így a Chime telepítése még ma is elengedhetetlen a kémia iránt érdeklődők, tanárok, tanulók számára.

A cukor

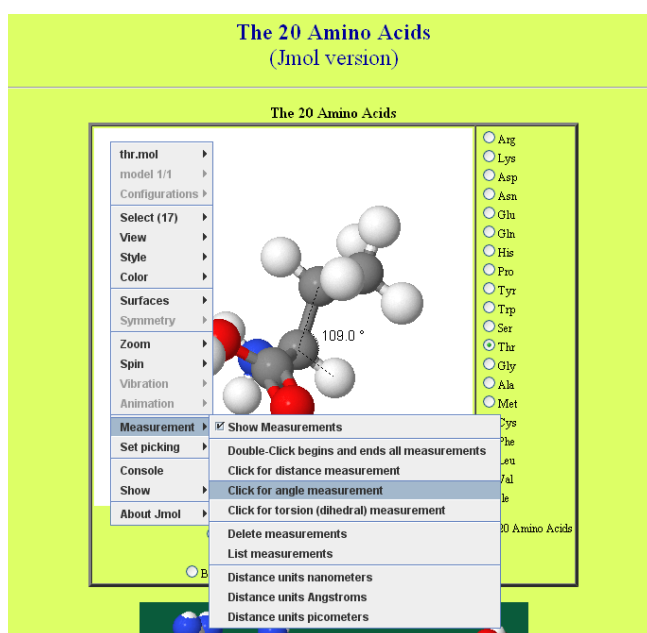
Elsődleges édesítők a szacharóz vagy másnéven répacukor ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Ez az a vegyület, amelyet egyszerűen csak cukornak szoktunk nevezni. [Cukkorépából](#) állítják elő a világ cukormennyiségének közel 40 %-át.

A szacharóz egy jellegzetes diszacharid, mely a 6 szénatomos szőlőcukor (glükóz) és gyümölcscukor (fruktóz) összekapcsolódásával jön létre. Mind a glükóz, mind a fruktóz használatos külön is édesítőszerként az élelmiszeriparban.



9. ábra. Molekulamodell Chime lejátszóval

A *Jmol* egy Java-alapú eszköz háromdimenziós kémiai szerkezetek (molekulák, rácsok, atom- és molekulapályák) megjelenítésére. A kémiai szerkesztő programok által generált sokféle fájlformátumot nagy arányban felismeri, és a megfelelő módon meg is jeleníti (10. ábra). Nyílt forráskódja miatt az internetes közösség folyamatosan fejleszti és egyre több kapcsolódó tartalom, közösség jelenik meg hozzá. A *Jmol* előnyei közé tartozik, hogy kihasználja a modell információtartalmát, ezért a helyi menü annál részletesebb, minél több információt hordoz a szerkezeti fájl.

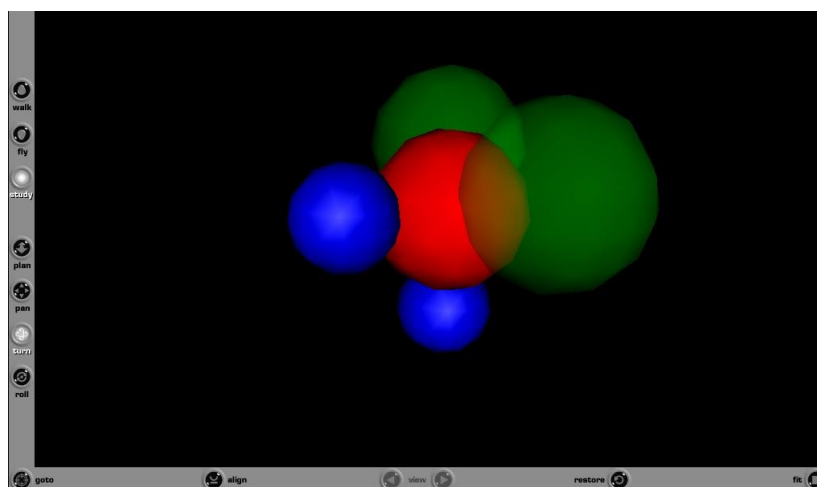


10. ábra. Kötésszög mérése egy Jmol modellen

A VRML segítségével háromdimenziós, interaktív szerkezeteket, ún. világokat lehet építeni. A technikát a kémiában elsősorban molekulák megjelenítésére használják, de készültek műszereket, berendezéseket bemutató modellek is. A régebbi készítésű Molekulageometria 2.0²⁷³ is VRML formátumú modelleket tartalmaz (11. ábra). További lehetőség a teljes, háromdimenziós

²⁷³ <http://kation.elte.hu/vegbank/molekula/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 15.)

környezetek, például kémiai laboratóriumok felépítése. Ez a megoldás igen költséges és csak néhány országban találhatunk rá példákat, elsősorban a távoktatás területén.



11. ábra. VRML formátumú molekulamodell

5. Kémiai alkalmazások mobileszközökön

A mobileszközökkel segített tanulás („m-learning”) jelenleg az egyik legdinamikusabban fejlődő ága a technológiával segített tanítás/tanulásnak. A mobileszközök (okostelefonok, táblagépek, netbookok, okosórák stb.) egyre elterjedtebbek és használatuk mindennapossá vált. A mobileszközökkel segített tanulás definiálását többen megkísérelték, azonban az egyik legegyszerűbb és legszabatosabb NOLEEN TURNERTŐL származik²⁷⁴: „Tanulási tartalmak és élmények eljuttatása a tanulók számára amikor és ahol szükségük van rá.”

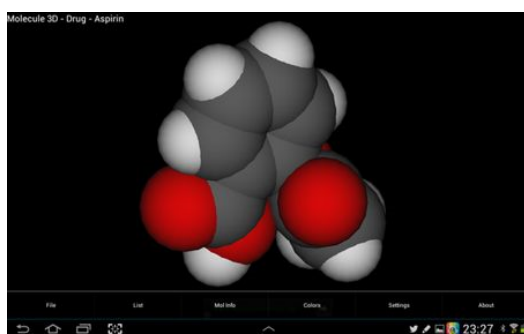


12. ábra. Az UNESCO ajánlott témái szófelhőben

²⁷⁴ Turner, N. (2012): What is m-learning. URL: <http://www.slideshare.net/aurionlearning/what-is-mlearning> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

Az m-learning nagy előnye, hogy a tudás ott és akkor érhető el, amikor szükség van rá, azaz a motiváció a legerősebb, ráadásul a kisméretű eszközök nem szabják át a tanulási színteret, ahogyan egy számítógépterem esetében történik. Az UNESCO 2013-ban szakmapolitikai ajánlásokat²⁷⁵ adott ki a mobiltechnológiával segített tanulásról, amelyben összefoglalja mindazokat a pedagógiai lehetőségeket, amelyeket az m-learning kínál a pedagógusok és a tanulók számára. Az ajánlás által felsorolt pedagógiai lehetőségek között találjuk a személyközpontú tanulás erősítését, az azonnali tudásszerzés és visszajelzés lehetőségét, a kommunikáció javítását, a formális és informális tanulás módszereinek bővítését, a tanulói közösségek erősítését vagy a támogatást a tanulási nehézségekkel küzdő tanulóknak (12. ábra).

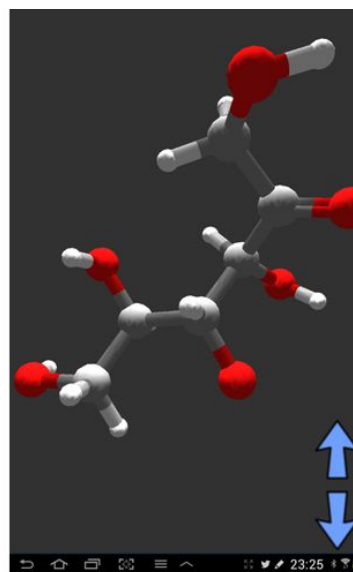
A kémiaoktatás számára is elérhető alkalmazások (applikációk) a különböző operációs rendszerű okostelefonokra és táblagépekre. Az elterjedtebb operációs rendszerek közül a Windows Phone-ra kevesebb applikációt találunk, mint az Androidos vagy az iOS-es készülékekre, azonban a legfontosabb tevékenységekhez mind találunk alkalmazásokat. Az alábbiakban néhány, a kémia tanításában és tanulásában jól használható alkalmazást emelünk ki. Fontos tudni, hogy az applikációk fejlesztése folyamatos, szinte naponta jelennek meg a szoftveráruházakban új tartalmak és egyes alkalmazások eltűnhetnek a kínálatból. Android rendszeren a számítógépeken már ismert Jmol molekulamodelllezési lehetőség is elérhető (13. ábra), valamint több olyan applikáció is, amelyeken többféle modelltípus is megtekinthető. Ezekhez általában a weben szerezhetők be modellek (leggyakrabban .pdb formátumban).



Molecule 3D



Jmol Android



Molecule Viewer

13. ábra. Molekulamodellzés Android rendszeren

Periódusos rendszerek sokféle változatban elérhetők minden típusú készülékre, de ajánlott ezeket előzetesen kipróbálni, mielőtt a diákjainknak ajánljuk, mivel a minőség szempontjából jelentős különbségek lehetnek. (14. ábra)

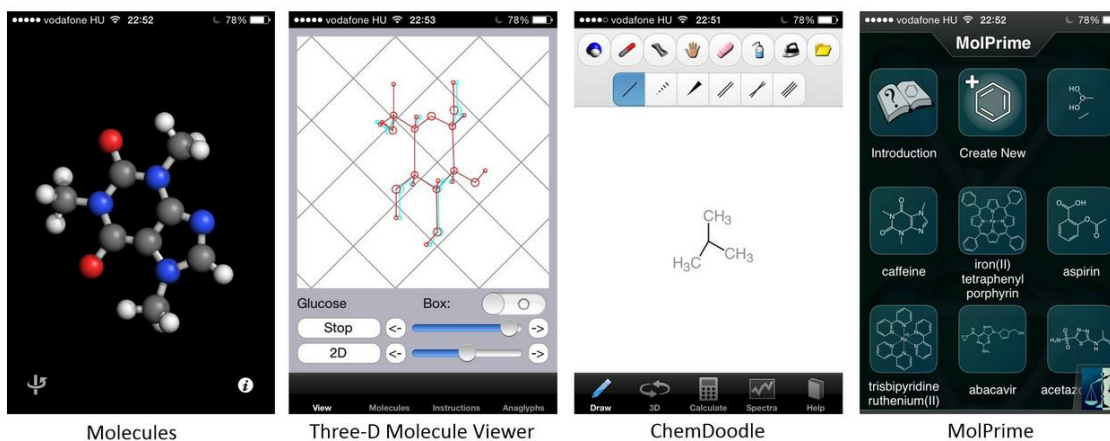
²⁷⁵ UNESCO Guidelines for Mobile Learning <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641E.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)



Periódusos rendszer applikáció Windows Phone-on

14. ábra. Periódusos rendszer applikáció nézetei

Mobileszközökre nem csupán modellezők, hanem modellszerkesztők is elérhetők, így a tanulók passzív szemlélőből aktív tartalomkészítőkként is dolgozhatnak a tanórán (15. ábra).



Molecules

Three-D Molecule Viewer

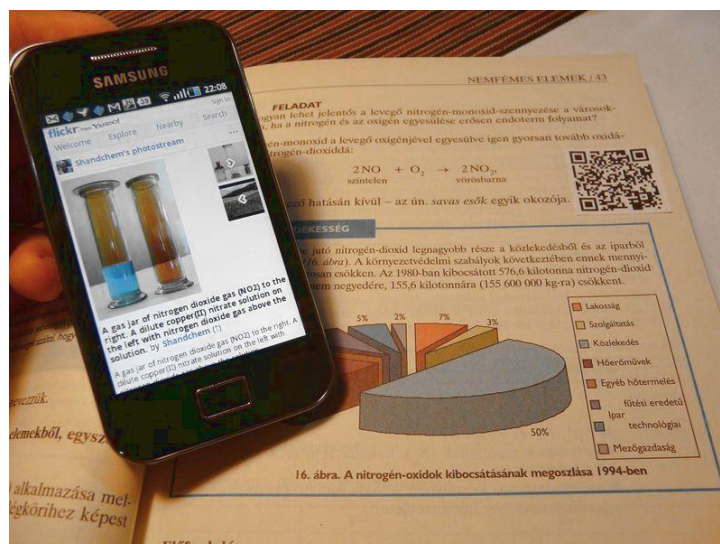
ChemDoodle

MolPrime

15. ábra. Szerkesztési lehetőségek mobiltelefonon

QR-kódok alkalmazása

A hagyományos, papíralapú tankönyvek, munkafüzetek erősen korlátozottak a multimédiás információk átadása tekintetében. A QR-kódok olyan kétdimenziós vonalkódok, amelyek lehetőséget adnak arra, hogy egyszerű módon, többlet tartalommal egészítsünk ki egy tankönyvi szöveget; olyannal, amely az adott környezetben nem jeleníthető meg. Így például egy kémia tankönyvben található reakcióegyenlethez kapcsolhatjuk a folyamatot bemutató videó internetes linkjét, egy laboratóriumi eszköz működését bemutató animáció linkjét vagy akár rövid szöveges magyarázatot. A digitális tartalomra mutató QR-kódokat be kell ragasztani, illeszteni a hagyományos információk mellé, így kamerával és megfelelő szoftverrel azok megtekinthetők (16. ábra).



16. ábra. Kémiai reakció vizuális megjelenítése QR-kód segítségével egy kémia tankönyvben

A tanulók QR-kódok segítségével kiegészíthetik saját, füzetbeli jegyzeteiket is, illetve új tartalmi réteggel láthatják el bemutatóikat, házi dolgozataikat vagy éppen iskolai plakátokat, posztereket. A digitális tartalmak készítése egyúttal több olyan készséget is fejleszt, amelyeket a hagyományos, papíralapú médium használatakor elmulasztanánk. Az iskolai laboratóriumokban, szertárakban számos olyan berendezés vagy modell van, amelyek elnevezése, felépítése, működése vagy használati útmutatója a ráhelyezett QR-kód segítségével kényelmesen kiegészíti a valóságos tárgyakat. Elsősegéllyel vagy vészhelyzet elhárításával kapcsolatos információkra mutató QR-kódok is segíthetnek olyan helyeken, ahol nincs mód részletesebben bemutatni a teendőket.

A tanárok a QR-kódok segítségével kompakt módon bővíthetik a kiadott, nyomtatott segédleteket, feladatlapokat. Ez különösen hasznos lehet akkor, ha a kétdimenziós ábrázolás nehézkes vagy az írott tartalomhoz az interneten videó vagy hanganyag is tartozik. Az előbbiekre jó példa az olyan „periódusos rendszer”, ahol az elemek helyén QR-kódok vannak, amelyek az adott elemről készült filmet tartalmazó weboldalra mutatnak.²⁷⁶ A QR-kódok használatával néhány olyan funkciót is kiválthatunk, amelyeket az igen költséges tanulói válaszadó rendszerek (szavazórendszerek) kínálnak. A kivetített vagy kinyomtatott kérdések válaszlehetőségeihez QR-kódokat rendelve, a diákok akár mobil eszközük segítségével válaszolhatnak²⁷⁷.

6. Web 2.0 alkalmazások az oktatásban

A Web 2.0 elnevezés TIM O'REILLY-től származik²⁷⁸, aki 2004-ben ezzel szedte csokorba a weben megjelent új generációs szolgáltatásokat. Ezek a szolgáltatások ma már részei életünknek, a tanárok és a diákok is találkoznak velük. Oktatási alkalmazásuk azonban alig jelent meg még a hazai tanítási-tanulási gyakorlatban. Az 1990-es évek legelején elterjedő World Wide Web legfontosabb vívmánya az információk közzététele és összekapcsolása volt az Internet felhasználói számára. Rengeteg adat vált elérhetővé és a honlapok száma rohamosan növekedett. Cégek, intézmények, személyek szolgáltatnak ma is érdekes és kevésbé érdekes információkat weblapjaikon. Néhány évvel ezelőtt azonban megjelentek olyan szolgáltatások is, melyek ezt a

²⁷⁶ Elérhető a <http://www.flickr.com/photos/periodicvideos/5912075438/sizes/l/in/photostream/> címen nyomtatható formában is (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁷⁷ Főző A., L. (2012): Kiterjesztett valóság QR-kódokkal, MódszerLesen - Kompetenciafejlesztő módszerek tanároknak, Raabe Tankönyvkiadó

²⁷⁸ <http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

megközelítést gyökeresen megváltoztatták. A webkettes (Web 2.0) szolgáltatásokban a hangsúly a tartalom közzétételéről áttevődött a tartalom készítésére. Az internetes közösségek együtt építik a webes tartalmat, kommunikálnak és különböző projektek révén korábban nem látott hozzáadott értéket képviselnek a World Wide Weben. A közösség ma már nemcsak szerkeszti és készíti a tartalmat, hanem rendszerezi is (17. ábra).



17. ábra. Címkefelhő az LRE portálon

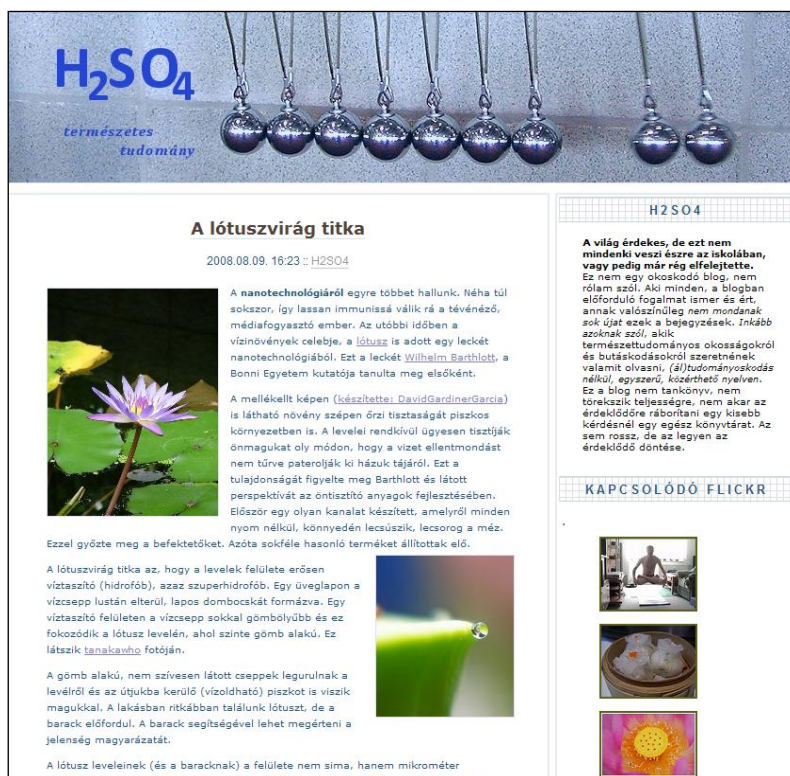
Az oktatásban ezzel párhuzamosan megjelentek azok az internetes alkalmazások, amelyek a csoportok együttműködését, a tudásbázisok és -hálóak kialakítását és a hatékony kollaboratív tanulást támogatták. A Web 2.0 címkét magukon viselő internetes alkalmazások olyanok, melyek akkor igazán értékesek, sikeresek, ha minél többen használják őket. A kémiaoktatásban a Web 2.0 típusú eszközök sokasága eredményesen használható, így a közösségi tartalomfejlesztés, a tartalommegosztás és a blogok.

Blogok a természettudományos oktatásban

Korábban az internetezők nagy része arra törekedett, hogy legyen honlapja. Ma már a blog a közlés fő eszköze. A rendszeresen frissülő internetes naplót szakkörök, diákcsoportok, osztályok is fenntarthatják. A hozzászólások révén kapcsolatteremtésre és eszmecserére, valamint tartalom bővítésre is mód van. A minket érdeklő blogok bejegyzéseiről, a web számunkra érdekes tartalmairól ma már hírküldő és hírbegyűjtő szolgáltatások segítségével saját hírportált is fenntarthatunk magunknak (pl. Protopage²⁷⁹).

A *blog* elnevezés a *web log* (webes bejegyzés) szavak összevonásából keletkezett. A blogok jelentik ma az internetes közösség megmutatkozásának egyik legfontosabb színterét. A bloggereknek ma már elegendő a tartalomra koncentrálni, mivel számos, ingyenes blogkezelő oldal van, ahol felhasználóbarát módon lehet elkészíteni és feltölteni a bejegyzéseket.

²⁷⁹ <http://www.protopage.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)



18. ábra. Blogbejegyzés a nanotechnológiáról

A blogok világa, a blogoszféra hatalmas és egyre nagyobb ütemben bővül. Ma már számos olyan blog létezik a magyar weben is, amelyek az oktatáshoz kapcsolódnak vagy hasznos kiegészítést jelentenek a tanításhoz/tanuláshoz. Néhány érdekes, a kémia tanárok és a kémia iránt érdeklődők számára hasznos magyar nyelvű, szakmai blog:

- Szertár - <http://szertar.com>
- H_2SO_4 - <http://h2so4.blog.hu/> (18. ábra)
- Ködpiszkáló - <http://koldpizskalo.blog.hu/>

(az utolsó látogatás időpontja mindegyik esetben 2015. 04. 19.)

A közösségi alkalmazások használata megváltoztatta a felhasználói szokásokat is. A mappákba rendezett tartalom helyett egyre többször használunk címkével ellátott, rugalmasabb kezelést is lehetővé tevő alkalmazásokat. Ilyen az elektronikus levelek kezelése a Gmail-ben²⁸⁰ vagy a linkek tárolása a del.icio.us rendszerben²⁸¹. Az on-line tartalomfejlesztés és tartalommegosztás a szerzői jogról alkotott elképzeléseket is alapvetően megváltoztatta. A szerzői jog kiegészítéseként megjelent egy forradalmian új megközelítés, a Creative Commons²⁸², mely lehetőséget ad az internetes tartalom szabadabb és egyszerűbb kezelésére szerzői jogi szempontból.

A közösségi médiában magyarul és idegen nyelven is elérhetők csoportok, oldalak, amelyekhez érdemes csatlakozni és más tanárokkal kapcsolatot teremtve juthatunk érdekes, új információkhoz, tapasztalatokhoz. Ilyen oldal a Facebookon a Reaktor – kémia tanárok csoportja (19. ábra) vagy a Science teachers in Europe. Ezeket az oldalakat könnyen megtalálhatjuk a közösségi oldal keresőjével.

²⁸⁰ Gmail – <http://www.gmail.com> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

²⁸¹ <https://delicious.com/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

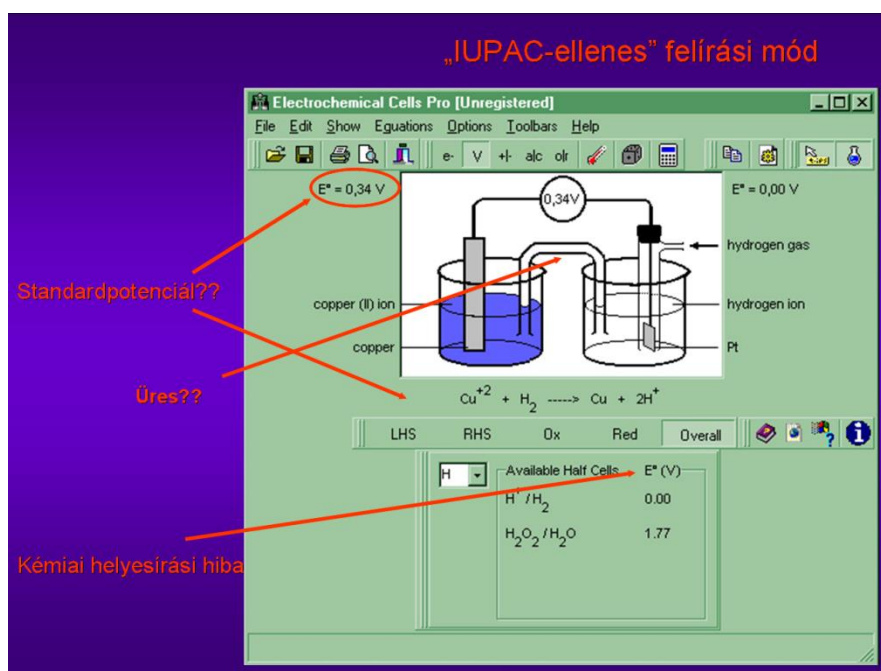
²⁸² Creative Commons – <http://www.creativecommons.org> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)



19. ábra. A Reaktor nevű Facebook csoport borítóképe

7. A webes tartalmak hitelessége

A World Wide Webben elérhető tananyagok és kémiai szimulációk nem minden esetben ellenőrzöttek szakmai szempontból. Az interneten fellelhető anyagok forrása sajnos nem minden esetben ellenőrizhető, és sok esetben kérdéses az is, hogy átestek-e egyáltalán szakmai lektoráláson. Indokolt tehát a kellő óvatosság. Azonban az elektronikus média más képviselőivel szemben (mint például a televízió vagy a rádió), a web sajátossága, hogy sokkal inkább reagálhat a közösség a hibás tartalmakra, téves, akár áltudományos információkra. (Nincs ez így a nyomtatott könyvek esetében, ahol a könyvesboltban azt sem lehet elérni, hogy az áltudományos könyvek ne kerüljenek a tudományos könyvek polcaira. Az áltudományok veszélyeivel e helyen külön nem foglalkozunk, részletesebben lásd *IX. Áltudományok és ismeretterjesztés*).



20. ábra. A jónak látszó szoftver is lehet hibás

A hitelesség, valamint az ellenőrzés fontosságát egy jellemző példán láthatjuk. Az *Electrochemical Cells Pro* nevű program, amely több mint egy évtizede letölthető bárki számára²⁸³. A program látszólag professzionális fejlesztésű szoftver (20. ábra). Informatikai értelemben nem is merül fel vele szemben kifogás. Kémiai, szakmai problémák azonban annál inkább észrevehetők a

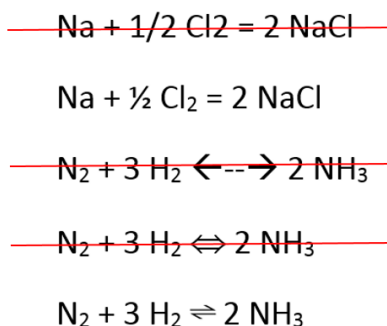
²⁸³ <http://users.iconz.co.nz/trout/ecellpro.htm> (letöltés: 2015. 04. 19.)

szakértő szem számára. A diákok és sajnos számos tanár sem veszi észre ezeket. A program nem tartja tiszteletben a kémiai helyesírás szabályait, amely szerint a mennyiségek jelét dőlt betűkkel kell írni. A galvánelemek jelölésekor nem jár el helyesen, mert nem a IUPAC ajánlásainak²⁸⁴ megfelelően tünteti fel a pozitív és a negatív elektródot. További hiányosság a grafikában mutatkozó pontatlanság, ami a megértés szempontjából egyáltalán nem apróság: a sóhidat jelképező üvegcső a rajzon ugyanis üres.

8. Kémiai tartalmak megszerkesztése

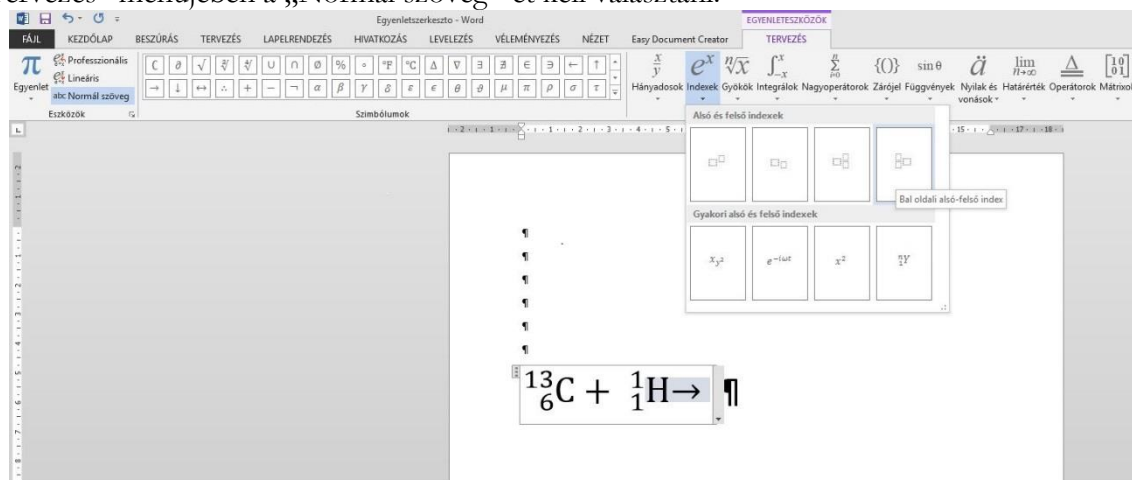
Kémiai képletek

A szövegszerkesztők ma már lehetőséget biztosítanak arra, hogy a kémiai szimbólumokat, egyenleteket úgy ábrázoljuk, ahogyan a tudományos helyesírás szabályai azt előírják. Fokozottan kell figyelni az alsó és felső indexekre, a reakcióegyenletek szimbólumaira. Technikailag ezek már nem bonyolult megoldható feladatok, azonban az odafigyelés elengedhetetlen. A helytelenül, a tudományos helyesíráshoz nem illeszkedő formátumok nem elfogadhatók. Erre mutat példát a 21. ábra.



21. ábra. Kémiai egyenletek helyes és helytelen formában

Az *izotópok helyesírása* a szövegszerkesztők alapkészletével nem megoldható, ha a rendszám és a tömegszám is szerepel a szimbólum mellett. Ehhez egyenletszerkesztőt kell használni, amely minden elterjedtebb szövegszerkesztő esetében rendelkezésre áll (22. ábra). Sajnos az egyenletszerkesztő dőlt betűvel írja a vegyjeleket, ezért azok írásakor az „Egyenleteszközök” „Tervezés” menüjében a „Normál szöveg”-et kell választani.

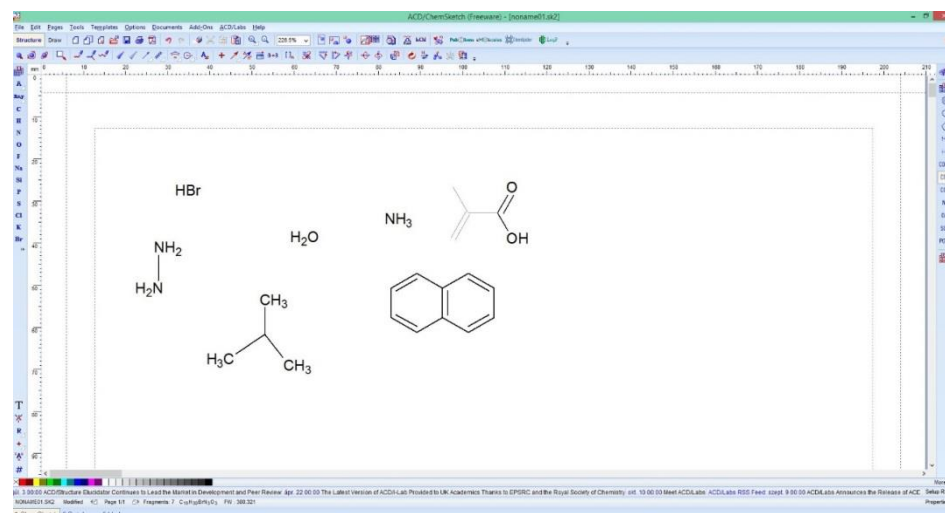


22. ábra. Egyenletszerkesztő használata izotópok helyes megjelenítéséhez

²⁸⁴ <http://www.iupac.org/home/publications/e-resources/nomenclature-and-terminology/quantities-units-and-symbols-in-physical-chemistry-green-book.html> (utolsó letöltés: 2015.05.22.)

Szerkezeti képletek, kötések szerkesztése, ábrázolása

A kémiában alkalomadtán bonyolultabb szerkezeteket, esetleg kötések is meg kell szerkesztenünk segédanyagok, dolgozatok, tesztek számára. A szövegszerkesztők rajzoló funkcióit vagy más rajzolóprogramok eszköztárát használhatjuk ilyenkor. Azonban léteznek kifejezetten a kémia számára készített célszoftverek is. Az ACD/ChemSketch akadémiai és magáncélra ingyenesen használható, miután regisztráltunk a szoftver oldalán.²⁸⁵



23. ábra. Kémiai szerkezeti képletek szerkesztése ACD/Chemsketch programmal

Az ACD/ChemSketch (23. ábra) nagyon sokoldalú szoftver. A komplex szerkezetek ábrázolása mellett sok laboratórium eszköz képe is be van építve, amit a programban össze is lehet szerkeszteni, majd át lehet tenni egy szövegszerkesztőbe.

Irodalom

- Főző A. L. (2012): Kiterjesztett valóság QR-kódokkal, Módszerlesen – Kompetenciafejlesztő Módszerek Tanároknak, Raabe Tankönyvkiadó
- Főző A. L. (2010): Térképen a kémiaoktatás, A Kémia Tanítása, 2. szám 11-14.
- Főző A. L., Riedel M, (szerk.) (2003): Informatikai eszközök a kémia oktatásában. Sorozatszerkesztő: Kárpáti A., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Főző A. L. (2009): A számítógéppel segített kollaboratív és egyéni tanulást segítő módszerek a kémiaoktatásban (doktori értekezés), ELTE Neveléstudományi Doktori Iskola (http://ppk.elte.hu/2009/images/stories/UPLOAD/DOKUMENTUMOK/Nevelestudomany_PhD/tervezett/phd_ertekezes_FozoAttilaLaszlo.pdf) (utolsó letöltés: 2015.04. 19.)
- Hobinka I., Riedel M. (1990): Savas eső mérése iskolai mérőhálózattal. Fizikai Szemle **XL**, 123-124
- Hobinka I., Riedel M. (1993): Savas eső vizsgálata magyarországi iskolákban. Fizikai Szemle **XLIII**, 140-144
- Kovács L., Csupor D., Lente G., Gunda T. (2011): Száz kémiai mítosz – tévhitek, félreértések, magyarázatok, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Ollé J., Papp-Danka A., Lévai D., Tóth-Mózer Sz., Virányi A. (2013): Oktatásinformatikai Módszerek – Tanítás és tanulás az információs társadalomban, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, (http://www.eltereader.hu/media/2013/11/Olle2_okt-inform_READER.pdf) (utolsó letöltés: 2015.04. 19.)

²⁸⁵ <http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/> (utolsó letöltés: 2015. 04. 19.)

IX. ÁLTUDOMÁNYOK ÉS ISMERETTERJESZTÉS

Riedel Miklós

Tartalom

1. Bevezetés
 - 1.1. Tudomány és áltudomány
 - 1.2. Az áltudomány felismerése
 - 1.3. Küzdelem az áltudományok ellen
2. Áltudományos esettanulmányok kémikus szemmel
 - 2.1. Oxigénnel dúsított víz
 - 2.2. Vízrel hajtott autó
 - 2.3. A szervezet savasodása és a lúgos víz
 - 2.4. Méregtelenítő lábfürdő
 - 2.5. Homeopátia
 - 2.6. Mágnesesen és elektrosztatikusan kezelt folyadékok

Irodalom

1. Bevezetés

1.1. Tudomány és áltudomány

Áltudománynak (pseudoscience) az olyan elméleteket és **eljárásokat** nevezzük, amelyeket művelőik tudományként határoznak meg, de nem felelnek meg a **tudomány** fogalmának. A tudomány igazságtartalmára nézve ellenőrizhető (igazolható vagy cáfolható) ismeretek rendszere, az áltudomány éppen ezt a kritériumot nem vállalja fel. Gyakran nehéz egyértelműen eldönteni, hogy egy terület áltudomány-e vagy sem. Amennyiben nyilvánvaló, hogy az elgondolás nem törekszik állításainak igazolására, hanem például kinyilatkoztatásokból, jelentős személyiségek állításaiból, hallomásból származó történetekből vezeti le a megállapításait, akkor egyértelműen áltudományról van szó. Egyes területek a maguk korában tudományosnak, nyitott kérdésnek számítottak (alkímia, asztrológia, flogiszonelmélet, homeopátia, perpetuum mobile), ezért a mai tudásunk birtokában kialakított negatív megítélésük nem korrekt. Ezzel szemben a már elvetett, tudományosan megalapozatlannak tartott elméletek (pl. asztrológia, a termodinamika főtételeinek ellentmondó eljárások, az alternatív gyógyászat egyes területei) makacs követői egyértelműen áltudománnyal foglalkoznak, még akkor is, ha valóban értékes múltbeli gyökerekre, valódi tudományos előzményekre hivatkoznak. Fontos, hogy az áltudomány fogalmkörébe ne vonjuk bele a kultúra azon területeit, amelyek ugyan nem tartoznak a szűkebb értelemben felfogott tudományfogalom körébe, de művelőik elfogadják a tudományos módszertant és megfelelő szakképzettség birtokában vannak. Ilyenek tipikusan a vallásos és nem vallásos világnézetek, valamint egyes segédtudományok, hobbi szakterületek (pl. filatélia)^{286,287}.

Nem sorolhatók viszont az áltudományokhoz a tudományosan hibásnak mutatkozott felfedezések, amelyeket talán a túlzott kutatói ambíciótól hajtva a kutatók előbb publikáltak, mint azt kellően ellenőrizték volna, ill. nem a megfelelő tudományos fórumon, hanem pl. sajtótájékoztatón közölték (hideg fúzió). A kellően igazolt, és publikációra előkészített felfedezés sajtótájékoztatón való bejelentése viszont már elfogadott módszer (pl. Higgs-bozon). A kutatók tudatos csalásai természetesen az áltudomány kategóriájába esnek, de ezeknek a társadalmi hatása általában csekély, a szakmai körökön túl nincs jelentős visszhangja (pildowni lelet, Pictet-Vogel-

Az idézeteket, példákat szürke kiemeléssel jelöltük.

²⁸⁶ <http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81ltudom%C3%A1ny> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

²⁸⁷ <http://wiki.szkeptikus.hu/wiki/%C3%81ltudom%C3%A1ny> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

féle nádcukorszintézis²⁸⁸). Olykor tudományos köntösben jelennek meg paródiák is, amelyek éppen az áltudomány veszélyeire hívhatják fel a figyelmet (például a dihidrogén-monoxid nevű vegyület, a DHMO veszélyes voltáról szóló közlés²⁸⁹).

Az áltudományok területe hihetetlenül kiterjedt, átfedve a valódi tudományok szinte egész területét (fizika, matematika, kémia, csillagászat, élettudományok, gyógyászat, társadalomtudományok, történelem), és felületesen nézve – és veszélyesen – annak látszatát keltve. Egyes témakörök (asztrológia, alternatív gyógyászat, energetika, életmód) azonban más területeknél jobban vonzzák a kalandorokat, így gyakrabban nyújtanak tápot az áltudományos ötletek, sőt áltudományokra alapozott kereskedelmi termékek megjelenéséhez. Sajnos a gyógyszer- és vegyipar szükségességének és a kémia negatív megítélésének ambivalenciája különös lehetőséget is ad erre²⁹⁰. A továbbiakban döntően a kémiával kapcsolatos áltudományi kérdésekkel foglalkozunk.

Az áltudományok forrása sokrétű. Oka a terjesztője (az „áltudós”, „álfeltaláló”), de oka a nézetek, termékek fogyasztója is. A két hatás pedig egymást gerjeszti. Az „áltudós” felelőssége nem hárítható át másokra, ő legtöbbször rendelkezik a tudomány alapvető (esetleg magasabb szintű) ismeretével. Az ok eredhet a kutató személyiségéből, a kutatás módszertani hibáiból, az analógiás gondolkodás túlhajtásából, túlzott szakmai ambícióból (pildowni lelet, polivíz, hidegfűző). Ezek hibásak, de még nincs bennük az okozott tudástorzuláson túli erkölcsileg elmarasztalható vonás. Hasonló a helyzet a jó szándékú, de tudományosan kellően alá nem támasztott szerek (deutériumban szegényített víz) esetén is. Amennyiben azonban felbukkan az üzlet (pi-víz, vízkőtelenítő berendezés) vagy a szándékos megtévesztés (vízzel hajtott autó, méregtelenítő) is, akkor a megítélés sokkal szigorúbb kell, hogy legyen.

A „fogyasztó” maga csak részben felelős, annyiban ugyanis, hogy tanulmányai során nem szedett össze kellő műveltséget és ítélőképességet. A fogyasztó oldaláról nézve az áltudomány tudománypótlék azoknak, akikben él a vágy a világ bármilyen felszínes megismerésére, de nem szereztek kellő ismeretet ahhoz, hogy megkülönböztessék a tudományt az áltudománytól²⁹¹. Hihetetlen tempóban, szinte vírusként terjednek tévhitek (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*). A lakosság általános ilyen attitűdjének gyors megváltoztatása már csak azért sem lehetséges, mert annak gyökerei mélyre nyúlnak^{292,293}. Oka a természettudományos műveltség alacsony szintje. Az átlagember sokszor nem emlékszik arra az elemi ismeretre sem, amit a kémiában, fizikában, biológiában, csillagászatban tanult. A tudás hiányának súlyosabb következményei is vannak: az ismerethiány tudományellenes attitűdöt alakít ki. Fogékonnyá tesz mindarra, ami a modern tudomány ellenében definiálja magát, legyen az elmélet, módszer vagy termék. Különösen nagy a gyanakvás a modern vegyiparral és gyógyszeriparral kapcsolatban. Persze nem népszerű az embereket tudományos tények alapján kiábrándítani, az emberek gyakran hinni szeretnének egy-egy csodaszerben. Csodák sajnos nincsenek. Ennek megoldásában van fontos szerepe a tanárnak, az oktatásnak.

1.2. Az áltudomány felismerése

Fontos, hogy legyen támpontunk az áltudományok felismerésére. Íme néhány a jellemző ismertetőjelekből^{294,295}. Óvatosnak kell lennünk, ha a feltaláló azt állítja, hogy

²⁸⁸ Beck M. (1977): Tudomány-áltudomány, Akadémiai Kiadó, Budapest

²⁸⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Dihydrogen_monoxide_hoax (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

²⁹⁰ Food Babe: http://index.hu/tudomany/altudomany/2015/05/04/vegyulet_mereg_halal/ (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

²⁹¹ Beck M. (1977): Tudomány-áltudomány, Akadémiai Kiadó, Budapest

²⁹² Csupor D. (2015): Magyar Kémikusok Lapja, **LXX**, 165.

²⁹³ <http://kodpizskalo.blog.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

²⁹⁴ Park, R. L. (2000), *Voodoo Science: The road from foolishness to fraud*, Oxford, U.K. & New York: Oxford University Press, ISBN 0-19-860443-2,

²⁹⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Voodoo_Science (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

- a felfedezés eddig nem ismert természeti törvények létét feltételezi, és ellentmond a meglévő törvényeknek,
- az effektus a kimutathatóság határán van,
- hinni kell a tételben, mert az évszázados tudás alapján áll.

Gyanús, ha a felfedező

- elszigetelten, a tudományos közösségtől függetlenül dolgozott,
- felfedezést nem a tudományos folyóiratokban, hanem közvetlenül a médián keresztül adja közre,
- nem törekszik arra, hogy a más tudományok eredményeivel, fejlődésével, fogalmi rendszerével kapcsolatot találjon,
- magát és szakterületét a kereskedelemben és szolgáltatásokban megszokott módon reklámozza,
- azt állítja, hogy komoly gazdasági erők próbálják megakadályozni a munkáját, a tudományok művelői "üldözik", vagy rosszhiszeműen elnyomják.

Bizonyosan hibás egy állítás, ha

- a bizonyítékok anekdotákon (elbeszéléseken) alapulnak, azaz ha egy módszer vagy termék eredményességét és hatékonyságát sikeres alkalmazásokról szóló egyedi események felsorakoztatásával igyekeznek bizonyítani a tudományos háttér érdemi feltárása helyett.

Legyünk óvatosak, ha

- a közölt szövegben, magyarázatban zavaros, nem definiált fogalmak, vagy más tudományból átvett, de más értelemben használt fogalmak szerepelnek,
- egy kérdéskör adott módszerekkel való tanulmányozása nem igényel komolyabb előképzettséget,
- egy kérdéskör tanulmányozásához nincs szükség más tudományágak eredményeire,
- egy kérdéskör tanulmányozása kapcsán levont megállapításokat nem törekszenek a tudomány által is elismert eljárásokkal, körültekintően ellenőrizni, tesztelni,
- valamilyen kérdéskör "kutatása" rövidtávú üzleti (esetleg politikai) előnyökkel jár, népszerűséget eredményez,
- egy kérdéskör tanulmányozói anyagi támogatás vagy egyéb haszonszerzés érdekében leendő (de még nem publikált) eredményeik azonnali alkalmazhatóságát, gyors és forradalmi "tudományos áttörést" ígérnek,
- azonosítható, hogy a kutatásokat a pozitív eredményben pénzügyileg vagy erkölcsileg érdekelt anyagilag támogatják.

Fordítva viszont meg kell fontolnunk, hogy nem feltétlenül áltudományról van szó, ha fennállnak a következő esetek^{296,297}.

- A szakterület művelői ugyan alapjaiban kérdőjeleznek meg addig elismert **paradigmákat**, módszereket, de ezt a tudomány széles körben elfogadott szabályainak megfelelő módon fejtik ki, és lektorált tudományos folyóiratban publikálják.
- A kérdéses szakterület más szaktudományban felfedezett új módszerek alkalmazása révén megy át olyan változáson, amely esetleg éppen ezért áll nemzetközi tudományos viták kereszttüzeiben ("tudományos forradalom").
- A szakterület reprezentáns képviselői tudományos képzettséggel és elismert szakmai múlttal (referált publikációs tevékenységgel) rendelkeztek már az áltudományossággal vádolt tevékenységük megkezdése előtt is.

²⁹⁶ <http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81ltudom%C3%A1ny> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

²⁹⁷ <http://wiki.szkeptikus.hu/wiki/%C3%81ltudom%C3%A1ny> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

Áltudományos eredmények közlésénél gyakoriak a szándékosan vagy csak egyszerű tudatlanságból elkövetett érvelési hibák²⁹⁸. Ezek felismerése is segíthet a tisztánlátásban. Olyan hibákról van szó, melyek magukban az érvelések logikai és következtetési láncolatában rejlenek. Az érvelési hibákat az emberek leggyakrabban átgondolatlanság miatt ejtik. Ugyanakkor sokan (pl. az áltudományok terjesztői) szándékosan helyezik el őket mondanivalójukban, hogy segítségükkel az igazságot és a valóságot elfedjék, attól eltérő benyomást, képzetet keltsenek másokban, és így próbálják meg őket meggyőzni a nekik kedvező álláspontokról. Néhány ezen a területen is gyakori érvelési, igazolási hiba:

- Anekdotikus érvelés. Elszigetelt – esetleg csak hallomásból, sokadkézből ismert – beszámolón keresztül próbál meg igazolni egy általános érvényűnek szánt állítást. Nem veszi figyelembe, hogy a tapasztalat csak a megfelelő statisztikával (hibaszámítással) együtt ad megbízható információt („*ballottam, hogy használt neki az XX gyógyszer*”).
- Hamis okozat. Két látszólag együtt járó vagy együtt változó dolog közül az egyik okozza, a másikat, vagy legalábbis az egyik hatással van a másikra, miközben nincs bizonyítva a kapcsolat. Az, hogy két dolog változásai vagy előfordulásai egybeesnek, nem jelenti feltétlenül azt, hogy azok közül egyik a másikat okozza vagy akár csak elősegíti azt („*bevettem a szert és meggyógyultam*” nem azonos „*a bevettem a szert és ezért meggyógyultam*” következtetéssel).
- Tekintélyre hivatkozás. Egy állítás igaz/hamis, mert egy vagy több elismert vagy magas rangú személy vagy társaság ezt mondta. Egy elismert tekintély véleménye önmagában nem bizonyíték egy állítás helyessége vagy helytelensége mellett. Ezzel kapcsolatban megfontolandó néhány szempont.
- Létezik-e egyáltalán az adott tudós vagy intézmény? Ezt célszerű ellenőrizni.
- Ha létezik, sajnos ő is tévedhet, vagy eshet abba a hibába, hogy a számára kedvező eredményeket válogatja ki. Ez különösen gyakori akkor, ha a kutató nem független, vagyis olyasmint kutat, amit a kenyéradója vagy ő maga forgalmaz is, és senki nem ellenőrzi az eredményeit.

Ezzel kapcsolatos az ún. „Nobel-betegség” is^{299,300}. Az egyik esetben a tekintélyes kutató vitatható vagy egyértelműen áltudományos elméleteket tesz magáévá, és sokszor ezek harcos szószólójává válik (például PAULING). Hírnevének alapján feljogosítva érzi magát arra, hogy olyan területről is véleményt nyilvánítsa, amelyben nem mélyedt el igazán. A másik csoportba azok a Nobel-díjasok tartoznak, akik – bár az elismerést még jelentős felfedezésekért kapták – későbbi kutatásaik folyamán nem tudták megismételni korábbi sikereiket, és gyenge lábakon álló eredményeiket korábbi tekintélyükre alapozva próbálják megvédeni. A Nobel-betegség "áldozatainak" listáján számos kutató neve szerepel, így LUC MONTAGNIER a 2008-as orvosi és élettani Nobel-díj kitüntetettje "az AIDS-et okozó HIV felfedezéséért". A kutató a díj átvételét követő években erős támadások kereszttüzébe került, amikor is bejelentette kutatási eredményét, miszerint a DNS-molekula alacsony frekvenciájú elektromágneses hullámokat bocsát ki, és képes e hullámok segítségével kapcsolatot tartani az oldószerrel, a vízzel. Szerinte a víz akkor is megtartja ezeket a tulajdonságokat, ha a kiinduló oldatot oly mértékben felhígítják, hogy az eredeti DNS gyakorlatilag eltűnik belőle. Az eljárást azóta sem sikerült hiteles módon reprodukálni, és a tudós a székhelyét Kínába tette át.

Az ilyen eset főként az érintett tudós hírnevét rombolja, de van sokkal súlyosabb következménye is. Egyrészt megkérdőjelezi a kutatók és a kutatások hitelét a laikus emberek szemében, másrészt az emberek sokszor fenntartások nélkül elhiszik azt, amit egy tekintélyes,

²⁹⁸ <http://a.te.ervelesi.hibad.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

²⁹⁹ <http://www.origo.hu/tudomany/20110126-a-nobelbetegseg-aldozataul-esett-tudosok.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁰⁰ http://kodpiskalo.blog.hu/2014/09/28/nobel-dijasok_a_homeopatia_mellett (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

Nobel-díjas kutató mond. Ezt a hiszékenységet sajnos alaposan kihasználják az áltudományokat népszerűsítő emberek és intézmények, és megnehezítik az áltudományok elleni harcot.

1.3. Küzdelem az áltudományok ellen

Az áltudomány terjedése és az az ellen való küzdelem túlmegy a szorosan vett (érintett) tudomány körén. Mindennapos tapasztalat, hogy egyes érdekcsoportok társadalmi vitákat kezdeményeznek olyan kérdésekben, amikről ők maguk és a társadalom túlnyomó többsége sem feltétlenül rendelkezik kellő ismeretanyaggal. Tudomásul kell vennünk, hogy a jövőben mindennapos gyakorlattá fog válni az, hogy a szavazóképes állampolgároknak állást kell foglalniuk az ilyen természetű polémiákban (akár közvetlenül, pl. egy erőmű építése, vagy élettartamának meghosszabbítása ügyében kiírt népszavazáson, akár közvetve, a parlamenti vagy önkormányzati választások alkalmával, részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*). Teszi ezt a társadalom gyakran a legalapvetőbb fogalmak, ismeretek és információfeldolgozási, döntéshozatali képességének szinte teljes hiányában. A tudományban a demokrácia vulgáris értelmezése sajnos téves. Tudjuk, hogy a természeti alaptörvények érvényességénél nincs értelme a közvitának, a „hallgassuk meg a másik oldalt is, és szavazzunk a kérdésről” érvelésnek – amint az az áltudományok mellett érvelőknél vagy az azzal szemben óvatos álláspontot képviselőknél nem egyszer elhangzik. A tudományos vita a tudományos fórumokon zajlik szakmai publikációk, konferenciák formájában, és végül az elfogadott tételek (pl. energiamegmaradás törvénye, atomos szerkezet) azután a tudomány alapjait képezik. Tudománytalan lenne, ha szavazástól, esetleg a közlemények számától tennénk függővé a tudományos igazságot (pl. az áltudományosnak bizonyult polivízről nagyon sok közlemény jelent meg).

A kérdés további aspektusa az, hogy tudományos kérdésekben nem egyszer nem a szakma, a tudósok köre, hanem a jog (bírátság, hatóság) dönt. Példaként említsük meg két neves magyar tudós hitelrontási perét. Első fokon elmarasztalták őket csak azért, mert szakmai véleményt formáltak egy áltudományos kérdésről (amelynek persze anyagi vonzata is volt)³⁰¹. Egy másik esetben a homeopátiáról egy olasz bíróság alkotott jogerős ítéletet (és nem az orvos- vagy gyógyszerész-társadalom)³⁰². Többször előfordul, hogy a gazdasági versenyhivatalok szabnak ki jelentős bírságot a nem egyenlő versenyfeltételek (nem pedig a szakmai szempontok) okán bizonyos áltudományos vagy nem igazolt hatású termékek (O-vitamin, deutériumban szegényített víz) gyártóira. Ez valószínűleg szükséges egyes esetekben, de nem megnyugtató a tudomány szilárd alapjairól a nagyközönséget és az ifjúságot meggyőzni igyekvő tanárnak. Ebből a mindennapok emberének az a következtetése támadhat, hogy a bíróságok kiterjesztették hatáskörüket szakkérdésekre, és tudományos kérdéseket esetleg sztárügyvédek döntenek el. Ha az áltudományos tanok terjesztői társadalomra veszélyes tevékenységének betiltása miatt van szükség egy jogi eljárásra, akkor az egyetlen elfogadható megközelítés az, ha a bíróság olyan szakértőket kér föl a szakvélemény elkészítésére, akiknek tudományos szakmai háttere megkérdőjelezhetetlen.

Az információszerzés és véleményalkotás mindenestre nehéz. Az információszerzésben az internet veszélyes, el van árasztva ellenőrizetlen anyagokkal is (részletesebben lásd *VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a kémiaoktatásban*), az írott és elektronikus napi sajtó számára az érdekesség sokszor előbbre való a hitelességnél. A pozitív példák természetesen örömmel üdvözlendők³⁰³. Tudományos publikációk alapján a köznép nem tud ítéletet alkotni, mert nem jut hozzá és nem is a feladata. Nagyon sajnálatos, hogy a hivatalos tudomány nem fordít energiát az áltudományok szakmai cáfolatára, nem alkot munkabizottságokat, nincsenek ilyen kutatási projektek, nem publikál cáfolatot, ritka, hogy az Akadémia állást foglaljon^{16,304} a

³⁰¹ Kerti J. (1997): Magyar Kémikusok Lapja, **52**, 533

³⁰² Természet Világa, 2004 december, <http://konyv.uw.hu/homeopatia.htm> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁰³ <http://index.hu/tudomany/altudomany/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁰⁴ Magyar Tudomány, 1997/8

kérdésben. Sokat segítenek a szkeptikus weboldalak és a rendszeres konferenciák, valamint a szórványosan előforduló ilyen tárgyú egyetemi előadások³⁰⁵. A kis számú ilyen tárgyú könyv olykor a könyvruházak ezoterikus és nem a tudományos polcain található meg.

2. Áltudományos esettanulmányok kémikus szemmel

A tanár, a kémiatanár is nap mint nap találkozhat a diákság által felvetett áltudományos kérdésekkel. Sajnos megalapozatlan, sőt áltudományos tartalmak – ha ritkán is – de tankönyvekben is felbukkannak. Indokolt, hogy ebben a kémiai szakmódszertani tankönyvben kémiai szempontból is részletesebben foglalkozzunk konkrét áltudományos jelenségekkel, teóriákkal, termékekkel, ezzel is segítve a tanárjelöltek és a tanárkollégák mindennapi munkáját az áltudományok leleplezésében. Javasoljuk kísérletek összeállítását és diákprojektek szervezését az áltudományok cáfolatára, ilyeneket szórványosan már publikáltak is³⁰⁶. Javasoljuk továbbá egy szógyűjtemény összeállítását is a diákok közreműködésével, amelyben a tudományban definiált fogalmak más, nem definiált értelemben szerepelnek, és ezzel a tudományosság látszatát keltik: bioenergia, elektronban gazdag anyag, energetizálás, energia, erő, ionizáció, rezonancia, vízszerkezet stb.

A következőkben bemutatott példák a kémiai áltudományok különböző esetei. Ezeket – bár lehetne más szempontból is – csak kémiai aspektusból vizsgáljuk. Példáink szembesítést jelentenek a tudománnyal szövegelemzés és tartalmi elemzés módszerével. A bemutatott áltudományos tanok, termékek és eszközök különböző típusaira is példát adnak, továbbá arra is, hogy az elemzés hogyan világíthatja meg a helyzetet. Persze csak azok számára, akik ezt meg is akarják érteni. Az áltudományok „hívőinek” természetesen nem alkalmas ez a tárgyalásmód. Ők hinni akarnak.

Példáink különböző területekről, különböző típusokból valók, természetesen még sok más példát is hozhatnánk. Vizsgálunk

- létező, de értelmetlen terméket (oxigénes víz összevetve a Henry-törvénnyel),
- az alapvető tudományos törvényeknek ellentmondó eszközt (vízautó összevetve a termodinamika főtételeivel),
- nyilvánvaló szemfényvesztést, ill. csalást (lúgos víz, méregtelenítő lábvíz összevetve az elektrokémiával és a Henderson–Hasselbalch-egyenlettel)
- orvosilag alá nem támasztott gyógymódot (homeopátia összevetve az anyag atomos szerkezetével, a vegyszertisztasággal, környezetszennyezéssel)
- alá nem támasztott tulajdonságú, de a tudásunknak ellentmondó technikai eszközt és italt (mágneses vízkezelés és pi-víz összevetve a perpetuum mobile lehetőségével és az anyag mágneses kölcsönhatásával).

2.1. Oxigénnel dúsított víz

Az oxigénnel dúsított víz több formában, ásványvizes palackban kisserelve kapható. Egy cég oxigénnel töltött szifonpatronokat és készüléket ajánl oxigénes víz otthoni elkészítéséhez. Kaphatók kis flakonban „folyékony oxigén cseppek” is.

A termékeket hirdető weboldalakon, szórólapokon temérdek tudományosnak tűnő szöveget és az egészséggel kapcsolatos ígéretet olvashatunk. Érdemes ezeket a szövegeket az elemi kémiai ismeretek alapján elemezni, hogy a tudományos tarthatatlanság kiderüljön, esetleg a potenciális vásárló számára is. Csak azzal foglalkozzunk, amit a kémikus-fizikus megpróbálhat értelmezni belőlük. Az alábbi szövegrészek a kémiában is használatos, sőt ellenőrizhető

³⁰⁵ lásd az összefoglaló irodalomjegyzékben

³⁰⁶ Riedel, M., Főző, A. L., Bernád, Cs., Hegyes, É. (1998): The pi-water - polluted source on internet, 1st European Conf. in Chemical Education (ECCE), Budapest, Hungary

fogalmakat tartalmaznak, ezeket *dőlt szedéssel* kiemeltük. Az alábbi idézetek (esetleg rövidítve, összevonva) a termékek reklámszövegeiből és a palackok címkéiről származnak, az eredeti szövegek egyebek mellett az interneten is megtalálhatók. Az idézett hosszabb szövegrészeket vasrag vonallal megjelöltük.

„Az oxigén és a víz az élet alapjai, a termék ezt a kettőt ötvözi, nem más, mint oxigénben dús folyadék, képes felszívódni az emésztőrendszeren és a bőrön keresztül is. A víz elektrokémiai folyamatok eredménye, a keletkező különféle megjelenésű, formájú oxigénatomok és -molekulák egyedi víz-oxigén szerkezetet hoznak létre. A termék egyedi technológia útján stabil formában tartalmazza az oxigént. Felmelegítve, hőkezelve azonnal elveszti oldott oxigéntartalmát, ezért ne főzzünk belőle pl. teát. A tiszta levegő oxigén tartalma 21%, a tiszta vízé 40%, az oxigénes vízé pedig ennek többszöröse!”

„A tüdőn keresztül történő légzéssel az oxigénadósság nem szüntethető meg. A megivott oxigéndús vízből a molekuláris oxigén a gyomor- és bélnyálkahártyán keresztül felszívódva a véráramon keresztül jut a szövetekbe. Az oxigénnel dúsított ivóvíz hétszer több oxigént tartalmaz a városi vizeknél. Az ivóvizet kombináljuk az oxigénnel, két létfontosságú elemet vegyítve össze. A természetes vizet molekuláris oxigénnel dúsítjuk. Az eljárás során ionfizikai kötés alakul ki a víz és az oxigénmolekulák között. Az oxigénnel dúsított ivóvíz tartalmazza a maximális oxigénmennyiséget, amit a víz fizikailag képes elnyelni.”

„A szifonnal 9,5 bár túlnyomással 70 mg/l oxigén tartalmú vizet állíthatunk elő.”

„Mivel a nyomás és a koncentráció között szoros fizikai összefüggés van, a vér oxigén parciális nyomásának növekedése azt jelenti, hogy nő a vérben az oxigén mennyisége. Optimális és egyértelműen kimutatható egészségügyi hatást minimum 35-40 mg/L oxigén tartalmú vízzel érhetünk el.”

„Az oxigénes víz prof. Dr. Otto Warburg Nobel-díjas találmánya. A fizikokémiai folyamatok eredményeképpen rendezetté válik az oxigénes szerkezet.”

A állítások egy része kétségtelenül igaz („molekuláris oxigénnel dúsítjuk, nyomás és a koncentráció között szoros fizikai összefüggés van, hőkezelve azonnal elveszti oldott oxigén-tartalmát”). Azt gyaníthatnánk, hogy az oxigén elektrolízissel készül („az oxigénes víz elektrokémiai folyamatok eredménye”), ez azonban nemigen hihető, mert az oxigéngázt iparilag a levegő cseppfolyósításával állítják elő. Az oxigén molekulárisan oldott állapotban („stabil formában tartalmazza az oxigént”) van. Természetesen lehet valamilyen inhibitor a vízben, ami időlegesen gátolja az oxigén eltávozását, de bizonyára nincs ilyen adalék a vízben, mert a forgalmazását az OETI engedélyezte.

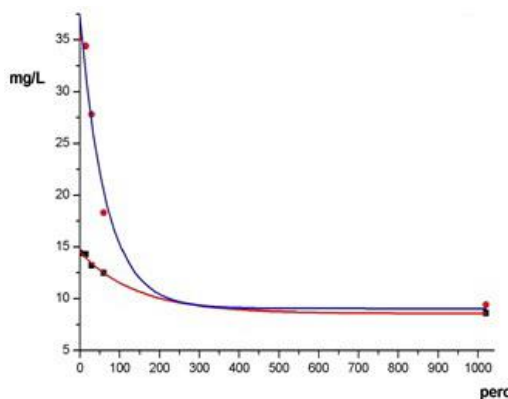
Néhány szövegrészlet ismert kémiai fogalmakat használ, de zavaros értelemben („levegő oxigén tartalma 21%, a tiszta vízé 40%, rendezetté válik az oxigénes víz szerkezete”). A szövegekben számos tudományosnak tűnő, de értelmetlen kifejezés is szerepel („ionfizikai kötés alakul ki a víz és az oxigénmolekulák, különféle megjelenésű, formájú oxigénatomok és -molekulák egyedi víz-oxigénszerkezetet hoznak létre.”). Nem tudjuk, mi az ionfizikai kötés, ionos kötés van, de az oxigén és a víz között másodrendű (van der Waals) kötések alakulnak ki. A szövegek szerint „különféle megjelenésű, formájú oxigén atomok és molekulák egyedi víz-oxigénszerkezetet hoznak létre”. Nemigen érthető, hogy mit értenek „az atomok és molekulák megjelenési formáján”, de tudjuk, hogy a vízben molekulárisan oldott oxigén van. Molekulája apoláris, ezért a vízben rosszul, oldódik. Az atomos oxigén egyébként igen reakcióképes, az egészségre káros anyag lenne.

A helyesírás valószínűsíti, hogy a szövegek szerzői járatlanok a természettudományos irodalomban. Kirívó tudatlanságot mutat a „Az oxigénes víz a Nobel-díjas Warburg (sic!) találmánya” szövegrész. OTTO HEINRICH WARBURG (1883 – 1970) német biokémikus a sejtlégzés terén elért kiemelkedő munkájáért 1931-ben megkapta a fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjat. WARBURG figyelte meg elsőként, hogy a rosszindulatú sejtek szaporodásához jóval kevesebb oxigénre van szükség, mint az egészséges sejtekéhez. A neves tudós oxigénnel dúsított vízzel nem foglalkozott. (A szakmai félrevezetésen túl a szöveg helyesírásából úgy tűnhet, hogy az írásocska szerzőjének talán Wartburg autója volt annak idején. Ironikusan megjegyezve: jó, hogy nem bizonyos Trabant nevű Nobel-díjasra hivatkozik.)

A helyes és a helytelen részek ilyen keveréke a kémiai alapfogalmakban nem teljesen járatos olvasót a tudományosság látszatát keltve megtévesztheti. Ezáltal a nem igazolt (sőt nem is igazolható) élettani, gyógyászati állítások is igaznak tűnhetnek. Nézzük azonban a leglényegesebb két kérdést, az oldhatóságot és a szervezet oxigénfelvételét.

Az oxigén oldhatósága a Henry-törvényt követi. Ezért különbséget kell tenni a tiszta oxigén és a levegőből származó oxigén oldhatósága között. Így pl. 20 °C hőmérsékleten és 1 bar nyomás mellett a tiszta oxigén oldhatósága 44 mg/dm³, míg a levegőből származó oxigéné a levegőben lévő parciális nyomása (azaz 21% térfogataránya) miatt csak 9,2 mg/dm³. Ezek az értékek a gáznyomással növelhetők. 2 bar tiszta oxigénnel valóban el lehet érni a 70-80 mg/dm³ koncentrációt. Az oxigénkoncentrációval kapcsolatos állítások zöme minimum félrevezető. „A tiszta levegő oxigén tartalma 21%, a tiszta vízé 40%, az oxigénes vízé pedig ennek többszöröse! A víz egyedi technológia útján stabilis formában tartalmazza az oxigént oldott állapotban” – írja az ismertető. A levegő valóban 21 térfogatszázaléknyi oxigént tartalmaz. A víz azonban szobahőmérsékleten és normál légköri nyomáson a levegőből csupán 8-10 milligramm oxigént képes feloldani literenként. A vízben a térfogatszázalékban való kifejezés eleve értelmetlen, az oldott molekuláris oxigén mennyiségét itt tömegszázalékban lehet megadni. A vízre vonatkoztatva ez $8 - 10 \times 10^{-6}$, azaz 0,0008% – 0,001 tömeg%. A jelentősen dúsított víz esetén ez 0,005% – 0,007 tömeg% lehet. Vagyis nem tudni, hogy a megadott 40 milyen %-ot takar. A nagy szám mindenesetre meggyőzheti és megtévesztheti a vásárlót, ha nem számol mindennek utána.

Egyébként a kísérleteink szerint^{307,308} a kereskedelemben kapható oxigénben dúsított vizekben nyitott palackban a kezdeti oxigénkoncentráció nagyon hamar lecsökken a légköri oxigénnyomásnak megfelelő koncentrációra (1. ábra). A szöveg állítása szerint „bőkezelve azonnal elveszti oldott oxigéntartalmát”. Ez a kijelentés a közönséges molekuláris oldódást támasztja alá, hiszen az oxigén (molekuláris!) oldhatósága drasztikusan csökken a hőmérséklet emelkedésével. A 40 mg/dm³ egyensúlyi koncentráció 100 °C körül kb. 10 mg/dm³-re csökken. Ha ehhez még a levegővel való egyensúlyt is hozzávesszük, akkor a vízben valóban talán csak 2 mg/dm³ oxigén marad oldva.



1. ábra. Két, kereskedelmi oxigénnel dúsított víz oxigéntartalmának csökkenése nyitott edényben

Az oxigénnel dúsított víz felszívódása a gyomorból és a bélrendszerből kifejezetten értelmetlen állítás: „molekuláris oxigén a gyomor- és bélnyálkahártyán keresztül felszívódva a véráramon keresztül jut a szövetekbe”. Az oxigén atomosan van kötve a hemoglobinban, és érdektelen, hogy az oxigéncsere tüdőben vagy a gyomron keresztül történik. Az oxigénfelvételre optimalizált szerv, a tüdő felülete 150 m², ezzel szemben a gyomor jó, ha 0,05 m² felületű. Az oxigénfelvétel sebessége csak e két adatból becsülve 3000-szer nagyobb a tüdőn keresztül. A halak sem a gyomrukkal

³⁰⁷ Riedel M. (2012): „Pí-víz és más csodaszerek a kémia szemszögéből”, Harmadik Kor Egyeteme, ELTE
<https://www.youtube.com/watch?v=lkcXp-5yMdw> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁰⁸ Riedel M.: http://index.hu/tudomany/2011/01/12/atveres_az_oxigenes_viz/ (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

lélegzenek, hanem a kopoltyúval. Tegyük fel mégis, hogy a gyomorban hatékonyan felszívódik az oxigén. Lenne-e értelme az oxigénes víz ivásának? Nyugalomban a szervezet oxigénfelvétele $250 \text{ cm}^3/\text{perc}$, azaz kb. $320 \text{ mg}/\text{perc}$, 1 liter (1 dm^3) speciális oxigénes vízben $50\text{--}70 \text{ mg}/\text{dm}^3$ oxigén van, ha a légzéssel felvett oxigént a vízzel akarnánk pótolni percenként 4-6 liter vizet kellene meginnunk. A forgalmazók által javasolt napi egy-két liter víz által tartalmazott oxigénmennyiség egy-két perc alatt szervezetünkbe jut rendes lélegzéssel. Amennyiben kimutatható bármiféle oxigénkoncentráció-növekedés a vérben egy palack ilyen víz elfogyasztása után, akkor ez a hatás nem tarthat néhány percnél tovább, hiszen a szervezet folyamatosan fogyasztja az oxigént. A 20%-kal több oxigént tartalmazó ásványvíz háromszor drágább a közönségesnél, amivel azonban többet nyújthatna, ha az oxigén fel tudna szívódni a gyomorból, az könnyen helyettesíthető három erőteljes levegővétellel.

Nagyon sajnálatos, hogy néhány orvos neve is kapcsolatba került az oxigénnel dúsított vízzel, és az érintettek nem tiltakoztak az orvosilag nem megalapozott, ill. más területre vonatkozó állításaik idézése ellen^{309,310,311}. Nem érdektelen megemlíteni, hogy az Egyesült Államokban 1999 márciusában a washingtoni Fogyasztóvédelmi Felügyelet beperelt két céget, mivel azok olyan tudományosan nem alátámasztott egészségügyi állításokkal reklámozták az O-vitaminnak nevezett (nem pontosan tisztázható összetételű) terméküket, mint „*rák, szív- és tüdőproblémák gyógyítása a vér oxigénszintjének növelése által*”, illetve, hogy „*a Vitamin O lehetővé teszi az oxigénnek az emésztőrendszeren keresztüli felszívódását*”. A cégek összesen 375 000 dollár büntetést fizettek^{312,313}. Sajnos itt is azt látjuk, hogy egy áltudományos kérdésben nem a józan ész vagy a tudomány, hanem a hatóság, a bíróság, vagyis a jog döntött. A tudományos tények igazát – mondjuk a Newton-törvények érvényességét és hatályosságát – azonban mégsem valamely taláros testületnek kellene kimondania.

2.2. Vízzel hajtott autó

2001–2006 között a sajtóban is nagy visszhangja volt egy „találmánynak”, amely megmozgatta számos jó szándékú, de természettudományosan nemigen képzett ember fantáziáját, és amely szakmai körökön belül éles hangú vitákat eredményezett. Egy magát grófnak nevező SPANYOL ZOLTÁN nevű feltaláló a víz üzemanyagú autó ötletével állt elő jelentős médiamegjelenés kíséretében. Az utolsó ilyen vita óta csendesedett a helyzet. Talán azért is, mert időközben már mindenki legalább egy akármilyen kezdetleges prototípust szeretett volna látni.

A feltaláló magyarországi előadásai³¹⁴, a Vízenergia Alapítvány³¹⁵ és a híradások³¹⁶ szerint a vízzel hajtott autó működése a következő (az alábbi összevont szöveg a lényeget tartalmazza, de nem szó szerinti idézet).

„Ha a megfelelő motorral felszerelt autóba üzemanyagként vizet töltünk, a víz elég, és végtermékként ismét vizet kapunk, miközben az autó halad. A víz nukleáris energiája hatalmas erő- és energiaforrás, és egyáltalán nem szennyezi a környezetet. Egy kis szerkezetet helyezünk a motor mellé, ami a vizet plazmásítja. A víz válik energiahordozóvá, ami sohasem fogy ki, mert bármit is csinálunk vele, újra visszaalakul, a víz mennyisége nem csökken a Földön. A víz vegyi képletéből (H_2O) látható, hogy hidrogénből és oxigénből tevődik össze. Akárcsak a benzin esetében, itt is a hidrogén az elégethető elem, azzal a különbséggel, hogy az előbbinél, lévén az

³⁰⁹ <http://szkeptikus.blog.hu/2007/09/03/ovitamin> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³¹⁰ Tóth J.: *Az oxigenizáció hatása a daganatok biológiai viselkedésére*, Orvosi Hetilap **148**, 30. sz.

³¹¹ Mohl, P. (2005): *Oxigénterápiák, Az energiával való feltöltődés egészséges módja*, Z-Press Kiadó

³¹² <https://www.ftc.gov/news-events/press-releases/2000/05/marketers-vitamin-o-settles-ftc-charges-making-false-health> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/Vitamin_O (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³¹⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=yXAd8tFe0> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³¹⁵ A Vízenergia Alapítvány honlapja, ma már nem található meg, ill. más tartalom jelenik meg a lapon

³¹⁶ Magyar Nemzet, 2004. 09. 03

szénhidrogén, szénnel együtt kerül elégetésre a hidrogén, a víz esetében pedig oxigénnel. A benzin rosszabb hatásfokkal ég a robbanómotorok hengereiben, mint a plazmásított víz, miután a robbanás gyors égésfolyamatában a benzin széntartalmának legfőljebb 40 %-a ég el, a többi mérgező kipufogógázok formájában távozik a levegőbe. A víz, vagyis a hidrogén esetében viszont az égés tökéletes. A kipufogón keresztül mindössze vízgőz távozik, és az üzemanyagként felhasznált víz nem vész el, előbb-utóbb újra vízzé változik. A projekt alapja a víz nukleáris (!) energiájának hasznosítása a robbanómotorok, kazánok, sugárhajtóművek, áramtermelő aggregátorok, szinkrongenerátorok stb. üzemeltetésében. A jövőben a különböző járművek a vizet tankolják fel és egy autó 100 km-en körülbelül 1 liter vizet használ fel.”

A feltaláló számos előadást tartott találmányáról nagyjából jósándékú kívülállóknak. Az előadásokon³¹⁷ az általa elképzelt berendezést ugyan nem tudta bemutatni, de mondandója illusztrálásaként bemutatott egy eszközt, amellyel bizonyította, hogy a víz ég: „Beöntöm a vizet, plazmásítom, elégetem, és megint víz lesz belőle. Mindenki láthatja, hogy a víz ég!” Ez az eszköz nem egyéb, mint az ismert plazmavágó. Ebben, amelynek működési elve a következő: Egy nagyfeszültségű szikra elektromos ívet gyújt az erre kiképzett elektródák között. Ez az odacsorgó vizet fölforralja, az ív nagy hőmérsékletén a vízgőz atomokra, illetve ionokra bomlik, így létrejön a plazma. Ez a folyamat energiát igényel. A keletkező gőz az ívet kifújja a fúvókán. Az így kiáramló plazma rövid távú energiahordozóként működik. Ezt az energiát rekombináció során (víz keletkezése közben) leadja, ez a vágandó fémlameznél megy végbe, így az megolvad. Azaz a víz csak annyi szerepet tölt be, hogy energiát visz át a hegesztőpisztoly fejéből a munkadarabra. Az ionok rekombinációja során felszabadul a plazma gerjesztése során befektetett energia (pl. az egyik kereskedelmi plazmavágó specifikációja szerint ez 2,8 kW).

Tények valójában, a szabadalom

SPANYOL ZOLTÁN egy Németországban megadott szabadalomra hivatkozott a hazai előadásaiban és a médiában, anélkül, hogy annak lényegét ismertette volna. Valóban létezik egy szabadalma hidrogén (Wasserstoff) meghajtású belsőégésű motorra^{318,319}. Az ezt megelőzően a szabadalmi hivatalhoz beadott anyaga meglehetősen zavaros anyag volt, egy bizonyos „nukleomeghajtásról” szolt (Der Nukleoantrieb durch Wasser). Ebben az (is) állt, hogy hidrogén elégetésekor keletkező hő vízbontásra használja, és a különbség hajtja az autót. Azaz világos perpetuum mobile volt az ötlet ellentmondva a termodinamika I. főtételenek. Nem is fogadták el további tárgyalási alapnak. Az évekkel később beadott és szabadalmat kapott változat már egészen másról szól. Eszerint a belsőégésű motorban az égéskor keletkező hő (a kipufogógázok hőjét) egy hőcserélőben részben hasznosítják (Mit Wasserstoff betriebener Verbrennungsmotor³²⁰). A felhevített vizet (vízgőzt) elektrolízissel hidrogénre és oxigénre bontják (ionizálják?), és ezt (a benzin mellett ezt is) elégetik a dugattyús hengerben. A motor tehát hidrogénnel (is) működik. Ez annyit jelent, hogy a vízbontás hatásfokát a hulladékhővel megjavítják. A vízbontás 800 °C körül történik, tehát nem is elektrolízis, hanem inkább hidrogén-oxigén plazma előállítása történik. Ez adta a későbbi magyarországi bemutatók szakmai hátterét. Az elektrolizáló energiát akkumulátorból nyerik, ez képezi a befektetett energiát. A víz csak az energiaátvitel eszköze (mondjuk, mint az ékszíj)³²¹. Az Otto-motorok hatásfoka kb. 30%. Ha a hőként elveszett (és a hűtőben, kipufogóban leadott) energia egy részét fel tudjuk használni, az tiszta haszon. Tudjuk persze, hogy az így feljavított gép hatásfoka a termodinamika II. főtétele szerint (figyelembe véve a technikai adottságokat) bőven 100% alatt van (maximum 40–45%-ra

³¹⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=yXAled8tFe0> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³¹⁸ http://szkeptikus.bme.hu/spanyol/de3630345_c2.pdf (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³¹⁹ <http://www.google.com/patents/DE3630345C2?cl=de> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³²⁰ http://szkeptikus.bme.hu/spanyol/de3630345_c2.pdf (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³²¹ <http://index.hu/tudomany/vizenergia/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

becsülhetjük). Természetesen a vízbontáshoz szükséges energia ugyanakkora, mint a durranógáz elégetésekor felszabaduló hő.



Az (1) folyamatban befektetett energia egyenlő a (2) folyamatban nyerhető energiával:

$$\Delta_r H_1 + \Delta_r H_2 = 0$$

A technikai nyereség annyi, hogy 800 °C-ra előmelegített vizet (vízgőzt, innen a plazmára való utalás) kell bontani, azaz az (1) folyamat két részből áll: felhevítés és elektrolízis. Ebből csak ez utóbbi igényel külön forrásból energiabefektetést. A folyamat nincs ellentmondásban a Hess-tétellel. Nem úgy, mint a magyarországi ismertetésekben követező energiamérleg

$$\Delta_r H_1 + \Delta_r H_2 < 0$$

ami ellentmond az energiamegmaradás törvényének. Megjegyzendő, hogy a füstgázok energiáját más megoldásokban is használják teljesítménynyújtásra (pl. a turbófeltöltés).

Közgondolkodás, marketing, a sajtó felelőssége

Sajnos a magyar nyomtatott és elektronikus média komolyabb kontroll nélkül átvette a „feltaláló” állításait, hangzatos megfogalmazásokban, interjúkban közölte a csodát, miszerint a víz ég, vizet tankolva autózhatunk a jövőben. Nem így mondták, de azt sugallták, hogy egy magyar „tudós” megdöntötte az energia-megmaradás törvényét. Egy példa a közlésekből: „*Magyar felfedezés a vízüzemanyag. Egy liter vízzel száz kilométert autózhatunk*”³²². Az eredeti ötlet tehát a hidrogén (Wasserstoff) üzemanyagáról szól, és ez nem mond ellent a természeti törvényeknek (a kipufogógáz hőjének felhasználása és vízbontás akkumulátorral). Ami a szemfényvesztés a magyar közlésekben az a „vízenergia” kifejezés tudatos használata a betáplálendő elektromos energia és a hulladékhő szerepének elhallgatásával. A Vízenergia Alapítvány honlapja³²³, az előadások³²⁴ és az e témával foglalkozó újságcikkek is teljesen világosan nem hidrogén (Wasserstoff) hanem víz (Wasser) üzemanyagáról szóltak. A „feltaláló” Németországban is élt, és villamosmérnök léte ezt pontosan tudja, részéről tehát nem állhat fenn a felületes fordítás mentsége. Az azonban már a sajtó munkatársainak a felelőssége, hogy az újságírók nem tettek különbséget a Wasserstoff és a Wasser között, vagy nem fordítottak energiát az eredeti források megtekintésére, vagy a saját természettudományos képzettségük még a kételkedéshez sem volt elegendő. Sajnos nem csak a sajtó, de szakmai szervezetek, főiskolák is helyszínt adtak a bemutatónak, ezzel azt a benyomást keltve, hogy az adott intézmény egyetért az állításokkal. Holott legtöbbször csak az intézmény bérbe vett előadótermében, de nem a meghívására és felelősségvállalásával zajlott a rendezvény. Az újságolvasónak ez a különbség valószínűleg fel sem tűnik. Két nagy hírű egyetemünk élesen el is határolódott attól, hogy – negatív, ill. nem erre vonatkozó – szakmai véleményüket a feltaláló támogatásnak tüntesse fel megtevesztvén ezzel a laikus közönséget. A hivatkozások még ma is nyomon követhetők az interneten³²⁵.

Milyen előképek okozhatták azt a félresiklást, hogy oly sokan „bedőltek” az intenzív kampánynak? Minden józan ember tudja, hogy a víz nem éghető. De gyakran hallhatjuk: „a modern tudomány annyi, a mindennapi józan ésszel fel nem fogható eredményt hozott, hogy miért ne lehetne ez is.” A technikában felszínesen jártas ember hallhatott arról, hogy a robbanómotoroknál ismert és néha alkalmazott eljárás a teljesítménynövelés vízbefecskendezéssel. A befecskendezett és gőzzé hevülő víz is részt vesz a dugattyú lökésében, így a normális esetben a kipufogón át távozó hőenergia egy hányadát hasznos munkává alakítja, nő a motor hatásfoka. Az ötletet már BÁNKI DONÁT is alkalmazta 1894-ben, a II. Világháború nagyteljesítményű vadászgépeinek és bombázóinak a dugattyús, feltöltős motorjait esetenként

³²² Magyar Nemzet, 2004. 09. 03

³²³ A Vízenergia Alapítvány honlapja, ma már nem található meg, ill. más tartalom jelenik meg a lapon (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³²⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=yXAled8tFe0> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³²⁵ <http://index.hu/tudomany/vizenergia/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

felszerelték víz-metanol befecskendezési rendszerrel is. Ez nagyon rövid (!) időre 20-30 százalékos teljesítménynövelést is okozhatott. A megoldást egyes modern autókban is használják. Ezek azonban termodinamikailag korrekt, működő eljárások, nincs köztük a „vízáutó”-hoz. A vízből való energianyerés ötlete már idestova 50 éve benne van a köztudatban. A hidrogénbomba mindenki számára ismerős és a fúziós reaktor megvalósításáról is olvashatunk olykor-olykor. Ezekben a nukleáris energiatermelő eljárásokban hidrogén az „üzemanyag”, a hidrogént (a megfelelő izotópot) vízből nyerik. Mindenesetre gyaníthatjuk, hogy a nagyközönség számára nem feltétlenül világos, hogy mi a különbség a kémiai energia és a magenergia között. Ezek a „vízáutó” reklámszövegeiben is keverten szerepeltek, valószínűleg a tudatos megtévesztés szándékával. Talán a hidegfúzió jó két évtizeddel ezelőtti tudományos „lufija” is felidézhetette ezt a képzetet, bár kétséges, hogy ennek szele egyáltalán megérintette-e a nagyközönséget.

Talán az a legfontosabb, ami miatt az emberek érdeklődése egy vízzel hajtott autó felé fordul a – nevezzük így – sültgalamb-effektus. Milyen jó is lenne ingyen tankolni, azaz 400 forintért nem 1 liter, hanem egy köbméter üzemanyagot venni! Az emberek várják, sőt elvárják az ingyen juttatásokat (gázártámogatás, különféle segélyek stb.). Természetes, hogy csábos az olyan energiahordozó, amiért nem kell fizetni, még akkor is, ha ez ellentmond a közismert természeti törvényeknek. Persze az ingyenezés ellentmond a gazdaság törvényeinek is. A feltaláló és a média közös felelőssége, hogy csodákat (azaz a természeti törvényekkel ellentétes eredményeket) ígér, holott csupán egy hasznosság tekintetében nem bizonyított, de nem is lehetetlen ötlet rejlik mögötte. És mivel nincs csoda, nincs ingyen energia, a sült galamb csak a mesében repül a szánkba, maradnak a munkás hétköznapiak. Ha tetszik, ha nem. A Vízenergia Alapítvány kérte az adófizető polgárokat adójuk 1%-ának felajánlására. Talán ebben a „gazdasági műveletben” érthetjük meg a sajtóhadjárat és az országos, sőt határon túli előadó utak lényegét.

Ennek az áltudományos kalandnak talán vége, de más hasonló áltudományos hírek újra és újra felbukkanhatnak a sajtóban is, ugyanilyen módon (esetenként a büntény határát súroló) téveszmét okozva.

2.3. A szervezet savasodása és a lúgos víz

Egy manapság elterjedt egészségmegőrzőnek titulált módszer a lúgosítás (lúgosító diéta, lúgosító vizek). Az eredetileg Amerikából induló elméletnek³²⁶ számos magyar követője is van. Több tucatnyi termékből választhatnak a gyógyulni vágyók, a források sajnos orvosokra is hivatkoznak^{327,328}. Az elmélet alapja az a feltételezés, hogy az emberi szervezet minden betegségtől védve van, ha benne optimális a sav-bázis egyensúly, és ezért kínosan ügyelni kell az elfogyasztott táplálékra, mert ez határozza meg a szervezet pH-viszonyait. A szövegekben keverednek a szakmailag korrekt és áltudományos részek, ezért szükséges a téma részletesebb vizsgálata.

Az emberi szervezet pH-viszonyai

A szervezet nyílt rendszer, folyamatos kölcsönhatásban van a környezettel, állandó az anyagfelvétel és -leadás^{329,330,331}. Ennek értelmében nem a zárt rendszerekre jellemzően megvalósuló egyensúlyi állapotban van, hanem úgynevezett stacionárius állapotban (angolul steady-state). Bennük csak annyi a közös, hogy mindkét állapotban állandó az anyagok koncentrációja az időben. Egyensúly esetében nincs anyagátadás a környezet és a rendszer között (zárt rendszer), míg a stacionárius állapotban az állandó koncentráció úgy valósul meg, hogy az anyagfelvétel és -leadás azonos mértékben történik (nyílt rendszer). Ha a felvétel sebessége valami

³²⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_O._Young (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³²⁷ <https://drthany.hu/cikk/lugositas-lugos-ph-rak> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³²⁸ <http://www.furediion.hu/termekeink.php.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³²⁹ Hargitai Zs. (2012): Áltudományos állítások és módszerek kémiai és biológiai elemzése, szakdolgozat, témavezető Riedel M., ELTE

³³⁰ Fonyó A. (2003): Az orvosi élettan tankönyve, Medicina Kiadó, Budapest

³³¹ Bálint P. (1972): Orvosi élettan, Medicina Kiadó, Budapest

okból megnövekszik, akkor a leadás sebessége is fokozódik (és fordítva). Az ilyen állapotot, ami nemcsak a koncentrációk, hanem más paraméterek, döntően a hőmérséklet állandóságát is jelenti, homeosztázisnak nevezik. Érdeemes megjegyezni, hogy a szakkönyvek szóhasználata gyakran hibás, sok esetben a zárt rendszerekre jellemző egyensúly (esetünkben „sav-bázis egyensúly”) kifejezést használják a nyílt rendszerekre is.

A homeosztázis fenntartásában fontos szerepet játszik a testnedvek pH-értékének szabályozása, mert ez alapvetően szükséges az enzimek működése és a fehérje-fehérje együttműködések szempontjából. A szervezetben a táplálék lebontása során illékony és nem illékony savak, valamint bázisok keletkeznek. A különböző tápanyagok (cukrok, zsírok, fehérjék) lebontása során legnagyobb mennyiségben szén-dioxid keletkezik. Ez illékony, mert a szén-dioxid legnagyobb része a tüdőn keresztül eltávozik. Az artériás vér pH-jának állandóságát a gyakran változó sebességű anyagfelvétel és -leadás hatásának kiegyenlítését, a szervezet pufferrendszerekkel biztosítja. A hidrogén-karbonát/szénsav puffer működésére vonatkozó a Henderson–Hasselbalch-egyenletet

$$\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

gyakran a

$$\text{pH} = 6,1 + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{2,25 \times 10^{-4} \times p_{\text{CO}_2}}$$

alakban adják meg, ahol a 6,1 a szénsav savi disszociációs állandóját és a szén-dioxidra és vízre való bomlásának egyensúlyi állandóját foglalja magába. Az egyenletben a CO_2 -koncentráció helyett a CO_2 parciális nyomása (p_{CO_2}) szerepel Pa-ban, a $[\text{HCO}_3^-]$ pedig $\frac{\text{mmol}}{\text{dm}^3}$ egységben szerepel. A pH állandósága a CO_2 illékonyasága mellett a pufferhatás miatt áll fenn. Az emberi szervezetbe bevitt, valamint az életfolyamatok során keletkezett savtöbblet hatására a hidrogén-karbonátból víz és szén-dioxid lesz, és a keletkezett szén-dioxid szabadon elhagyhatja a szervezetet, a parciális nyomása állandó. Fiziológiai körülmények között a vérplazma hidrogén-karbonát-tartalma $[\text{HCO}_3^-] = 24 \text{ mmol/dm}^3$ és a szén-dioxid parciális nyomása $p_{\text{CO}_2} = 5300 \text{ Pa}$. Ezekkel az értékekkel adódik az artériás vér pH-ja:

$$\text{pH} = 6,1 + \lg \frac{24}{1,2} = 7,4$$

A vér egyébként többkomponensű puffer, a hidrogén-karbonát/szénsav-rendszer mellett, foszfátpuffer, plazmafehérje-pufferek és a hemoglobin is szerepet játszanak. A illékony savak kiválasztásának szerve a tüdő, az egészséges szervezetben, normális, vegyes táplálkozás mellett naponta kb. 13 mol CO_2 keletkezik. Fokozott izomműködés esetében a szervezetben megnő az O_2 -fogyasztás és a CO_2 -termelés sebessége, de a pH állandó marad.

Nem illékony savak (kénsav, foszforsav) keletkezhetnek a fehérjék, nukleinsavak anyagcseréje során, illetve oxigénhiányos körülmények között szerves savak is. Ennek tipikus példája a tejsavképződés erőltetett izommunka esetében. Sok esetben az általános szövegekben és sportközvetítésekben ez utóbbi (átmeneti) állapot okozta kellemetlenségre utalnak. Az anyagcsere során bázisok is keletkeznek, ezek vizes közegben testhőmérsékleten számottevő mértékben nem illékonyak. Bázisokat szolgáltat a fehérjék lebontása (pl.: ammónia/ammóniumion), illetve a felvett szerves savak alkáli sóiból is bázisok keletkeznek (hidrogén-karbonát-sók). A nem illékony savak és bázisok szervezetből való eltávolításának szerve a vese, itt ezek az anyagok oldat (vizelet) formájában ürülnek. A vizelet kémhatása általában savas, pH-értéke széles tartományban változhat ($\text{pH} = 4,5\text{--}8$). A vese a szervezet pH-állandóságának fenntartásához hidrogén-karbonát-ion, illetve hidrogénion kiválasztásával járul hozzá: hidrogénion kiválasztásával sav, hidrogén-karbonát-ion kiválasztásával bázis távozik a

szervezetből. Naponta átlagosan 80 mmol-nyi nem illékony savtöbblet keletkezik és ürül, a vese azonban ennél sokkal többet, akár 500 mmol savat is képes kiválasztani naponta. A vizelet pH-értéke nem arányos a szervezetből vizelet formájában távozó H^+ -ionok mennyiségével. A H^+ -ionok ugyanis részben a vizelet puffereihez, valamint ammóniához vannak kötve, a vizeletben is nagy jelentősége van a foszfátpuffer-rendszernek. Az áltudományos források gyakran beszélnek a szervezet elsavasodásáról. Ez a fogalom azonban már önmagában is pontatlan, hiszen a szervezetben lévő folyadékok kémhatása igen különböző. Néhány igen szűk határok között állandó (pl. artériás vér), mások tág határok között változhatnak (pl. vizelet) (1. táblázat). A különböző folyadékok (pl. vér és gyomornedv) egymástól el vannak választva, a köztük zajló anyagtranszport szabályozott folyamat, és sok esetben nem befolyásolják közvetlenül egymás összetételét. Az artériás vér pH-tartománya nagyon szűk $pH = 7,35-7,45$. Ha a vér pH-ja túllépi ezt a tartományt acidózisról ($pH < 7,35$), illetve alkalózisról ($pH > 7,45$) van szó. Ezek komoly betegségek, a pH 7,0 alatti és a 7,7 feletti értékek az élettel összeegyeztethetetlenek, mert a kémhatás megváltozásával a fehérjék térszerkezete megváltozik (denaturálódnak), működésképtelenné válnak. Ezt is figyelembe kell venni az „elsavasodik a szervezet” áltudományos állítás értékelésénél.

1. táblázat. A szervezetben található folyadékok fiziológias pH-értéke

Szerv	pH
Artériás vér	7,35 – 7,45
Vizelet	4,5 – 8
Gyomornedv	0,9 – 1,5
Nyál	6 – 8
Széklet	7 – 7,5

A lúgosító diéta és a lúgos víz a kémikus szemszögéből

A lúgosító diéta alapját az a feltételezés képi, hogy a szervezetben lévő, finoman szabályozott sav-bázis homeosztázis felborulása áll minden betegség hátterében, és az egyensúlyt megfelelő étrenddel és táplálék-kiegészítőkkel támogatni szükséges. A táplálékok savasító-lúgosító hatásáról sok könyv és még több magazincikk, valamint weboldal született. A lúgosító diéta terjesztői a szervezet sav-bázis egyensúlyát egy egységes fogalomként kezelik. Nem emelik ki a tényt, hogy a szervezet stacionárius állapotot tart fenn, egészséges emberben a kiválasztás, nagyon tág határok között képes fenntartani a belső állandóságot. Fontos azonban megjegyezni, hogy itt nem az acidózisról van szó, hanem a definiálatlan, diagnosztikai paraméterekkel nem jellemzett „túlsavasodásról”, sehol sem található olyan leírás, amely pontosan ismertetné, hogy mi a „túlsavasodás” számszerűsíthető jellemzője (pl. pH-értékek).

Magyarországon a lúgosító diéta kb. 5-10 éve terjedt el, napjainkban számos terjesztője akad³³². Nálunk is kaphatóak ROBERT O. YOUNG, amerikai orvos (?)³³³ termékei, elméletét azonban egyetlen tudományos publikáció sem támasztja alá. A termékek a szervezet – az előbbieket értelmében nem igazán érthetően kibillent – sav-bázis egyensúlyának „helyre állítását” célozzák, itt sejthető az áltudomány mögött lapuló üzlet. A lúgosítás elgondolásának sarkalatos pontja az étrend, amely szerint a szervezetben az egészség fenntartásához a diétában a sav/bázisképző ételek arányának 20/80-nak kell lennie³³⁴. Erre nincs megbízható információ, arról sem található adat, hogy ez az arány tömegre, ekvivalens mennyiségű savra, energiára vagy akármilyen más értékre vonatkozik-e. Savasító és lúgosító élelmiszerek felsorolása sok helyen megtalálható³³⁵.

³³² <https://drtihanyi.hu/cikk/lugositas-lugos-ph-rak> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³³³ http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_O._Young (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³³⁴ <http://www.phmiracleliving.com/t-approach.aspx> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³³⁵ <http://www.alkalive.hu/?id=receptek> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

Egyes források a savas, illetve lúgos tulajdonságot bizonyos ételek elégetése után visszamaradó anyagok kémhatása alapján határozzák meg. A lúgosító étrend tárgyalásánál felbukkan egy, az előzőeknél egzaktabb adat a PRAL (Potential Renal Acidic Load)^{336,337,338}. Ez a mennyiség azonban másról szól. Azt adja meg, hogy egy adott táplálék milyen hatással van a vizelet pH-értékére. A PRAL-t egy napra (d) vonatkozóan az alábbi képlettel lehet kiszámítani:

$$\text{PRAL (mmol H}^+/\text{d)} = 0,4888 \times \text{protein (g/d)} + 0,0366 \times \text{P (mg/d)} - 0,0205 \times \text{K (mg/d)} - 0,0125 \times \text{Ca (mg/d)} - 0,0263 \times \text{Mg (mg/d)}$$

ahol a /d az egy napra jutó mennyiséget jelöli. Ennek a tudományosan ugyan nem teljesen igazolt összefüggésnek azonban a lúgosító diétához nincsen köze, ez utóbbi ugyanis nem a vizeletről szól, sőt igazában nem is tudjuk, hogy miről.

Bár lenne bőven vizsgálható szemelvény, itt nem adunk szövegelemzést, csak egy jellegzetes példát mutatunk be. A magyar közlések hiteltelenségére utalnak az angolból való gyakran hibás fordítások. Például a "power of hydrogen" (pH), amely szerepel a "*a hidrogén ereje*"-ként is³³⁹. Az eredeti szövegek alapján megállapítható, hogy a legtöbb esetben már az alapinformáció is hibás, a fordítás ezt csak tetézi értelmetlen magyarázatokkal kiegészítve.

A szervezet lúgosításának egy erősen reklámozott módja a lúgos víz javasolt fogyasztása. Számos termék van forgalomban, ezek egyikének³⁴⁰ pH-ja 9,3, de lehet koncentrátumot is kapni 12-es pH-val. Ez már az egészségre közvetlenül veszélyes, 0,01 mol/dm³-es NaOH-nak felel meg. Ebből hígítással mindenki maga készítheti el a megfelelő italát. A fogyasztói – éppen azért, mert ilyen módszerben hisznek és az italt megvásárolják – feltételezhetően keveset értenek a kémiához, és a meglehetősen tömény lúgoldattal járó veszélyt fel sem tudják mérni (amennyiben ez a „víz” valóban létezik a kereskedelembe). Tovább rontja a helyzetet a termékkel kapcsolatban közölt sok szakmai badarság, ilyen esetben már többről van szó, mint ál-„tudományról”. Egyébként az enyhén bázikus ásványvizek fogyasztása gyomorsavbántalmak esetén ismert terápia. A bázikus víz lúgtartalma a gyomorsavat közömbösíti. A lúgosítás esetében azonban fordítva kell fogalmazunk: a gyomorsav a drága pénzen megvásárolt lúgos vizet azonnal közömbösíti, semmi sem kerül belőle más testnedvekbe. Egy apró számolás erről a hozzá nem értőt is meggyőzheti. A lúgos vizeket jellemzően 9-es pH-val árulják, egy deciliter ilyen lúgos víz semlegesítéséhez tehát 1 milliliter gyomorsavra van szükség, miközben a gyomorsav térfogata 20 – 100 cm³, de hiánya esetén gyorsan termelődik (részletesebben lásd *VI. A kémiai számítások tanítása*). Természetesen, ha nagy a lúgos víz pufferkapacitása, akkor több gyomorsavat köt meg, de a 12-es pH-jú oldat hígítási receptje alapján kis pufferkapacitásra gyanakodhatunk. A lúgos víz normális működésű gyomor esetén inkább ártalmas (hiszen a szervezetnek az elhasznált gyomorsavat újabb gyomorsav előállításával pótolnia kell), a fiktív savasodás kompenzálásához pedig semmi köze.

Érdemes végül idézni két ismertető szöveget (számos hasonlót találhatunk):
"elektron-gazdag lúgos víz nélkül képtelen vagy eliminálni a biológiai hulladék anyagokat, amik percről-percre képződnek. Tehát nagyon fontos, hogy megtörténjen az *elektron-gazdag lúgos víz*re történő csere, mert ha nem, akkor tapasztalni fogod a belső szennyeződés növekedését és a látns szöveti acidózis kezdetét mely minden megbetegedéshez és kórhoz vezet."
"A savas hulladék anyag raktározó folyamainak összeomlását más szóval "öregedésnek" lehet nevezni. Hogy lassuljon és megforduljon a folyamat el kell kezdeni a vér és szövetek

³³⁶ <http://www.saeure-basen-forum.de/pdf/IPEV-Nahrungsmitteltabelle.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³³⁷ Remer, T., Manz, F. (1994): Am. J. Clin. Nutr. **59**, 1356

³³⁸ Remer, T., Dimitriou, T., Manz, F. (2003): Am. J. Clin. Nutr. **77**, 1255

³³⁹ http://lugositas.vitaminsziget.com/dr_gulyas_tamas_cikkei/ph_fogalma/ (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁴⁰ <http://www.furediion.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

túlsavasodásának eltávolítását azzal, hogy elegendő mennyiségű lúgos vizet veszünk bele a diétánkba. A lúgos víz pH-ja 9 és 10 között van, és *semlegesíti a káros raktározott savat és eltávolítja a szövetekből.*"

Itt ismét értelmezhetetlen, definiálatlan fogalmakkal lehet találkozni. Az *elektron-gazdag* jelző nem érthető, hiszen egy lúgos oldatban sincs több elektron, mint egy savasban, a töltésegyensúly minden esetben fennáll. Az állítás, hogy a szervezet folyamatosan raktározza a savat, ellentmond a steady-state állapotnak. Nincs adat arra, hogy az öregedési folyamatokat az acidózis gyorsítja, bár a kor előrehaladtával felléphetnek olyan betegségek, melyeknek az acidózis az egyik következménye, de ez következmény, és nem ok. A vizelet pH-ja általában savas kémhatású, így esetleg az emberekkel el lehet hiteti, hogy egészségügyi problémájuk van, akkor is, ha szervezetük egészségesen működik.

2.4. Méregtelenítő lábfürdő

A méregtelenítő lábfürdő azon a feltevésen alapul, hogy a lábvízbe helyezett elektródok közötti elektrolízis valamilyen módon jótékony hatást gyakorol az emberi szervezetre, elősegíti a méregtelenítést. Az áltudományos magyarázat szerint „a szervezetből a méreganyagok a talp bőrén keresztül távoznak, illetve ugyanitt ionok juthatnak a szervezetbe. A méregtelenítő lábfürdőt számos közérzeti betegség esetén (stressz, alvászavarok, migrénes fejfájás), sőt súlyos betegségeknél (cukorbetegség, asztma, vérnyomáspanaszok)” is ajánlják. A legtöbb helyen azt is kijelentik, hogy a kezelés után a lábfürdő színe, a benne lévő anyagok halmazállapota információt hordoz a mérgekről, illetve a méregtelenített testrészekről.

Egy anyagnak a szervezetre kifejtett mérgező hatása a mennyiségétől függ. A toxikológiában használt LD50 (lethal dose 50%, halálos adag 50%) azt mutatja meg, hogy bizonyos méreg mekkora mennyisége okozza adott idő alatt a kísérleti populáció felének pusztulását. Az LD50-et gramm hatóanyag per testsúlykilogramm egységben szokták megadni. A méreganyagok részben a külvilágból jutathatnak a szervezetbe a tápcsatormán, a bőrön vagy a tüdőn keresztül, részben a szervezet (normális) lebontó folyamatai során keletkeznek. A szervezetbe jutó vagy a szervezetben keletkezett méreganyagok eltávolításának folyamata két egymást követő lépésből áll: a méregtelenítésből és a kiválasztásból. A méregtelenítést, ami a mérgező anyag megfelelő kémiai átalakítását jelenti, főként a máj végzi. A szervezet számára fel nem használható (vagy éppen káros) vízzoldékony vegyületek sok esetben változatlan formában a vizelettel ürülnek ki. A nem vízzoldékony anyagok azonban nem, vagy csak nagyon nehezen tudnak eltávozni, tehát az ilyen anyagot először vízzoldékonnyá kell tenni. A kiválasztás fő szerve a vese, de jelentős kiválasztás történik a széklettel is. Kisebb mértékben más szervek (tüdő, bőr) is rendelkeznek ilyen funkcióval. A bőr kiválasztó működése a verejtékképzéssel kapcsolatos, aminek során ugyan távoznak anyagok a szervezetből (pl.: nátrium- és kloridionok), de a mérgek kiválasztásában a bőr szerepe elenyésző. A bőr a vastag szaruréteg és a zsír miatt víztaszító, tehát elég nehéz lenne a méreganyagoknak a talp bőrén át kijutni. Hasonlóan megválaszolatlan a kérdés, hogy hogyan és miért jutnak el a méreganyagok a talphoz. Ráadásul a lábfej bőrfelülete csak igen kis része a test teljes bőrfelületének.

A méregtelenítő lábfürdő kémikus szemmel

A kémia szemszögéből a kérdést kétféleképpen is vizsgálhatjuk: az ismertető szövegek („irodalom”) szövegelemzésével és az eljárás kísérleti vizsgálatával³⁴¹. A méregtelenítő lábfürdővel foglalkozó írásos források legtöbbször gyártmányismertető, esetenként életmódmagazinokban megjelent cikkek. Tudományos publikáció a témában nincs, de nem is lehetne a nyilvánvaló áltudományosság miatt. Az alábbiakban megvizsgálunk két szövegrészt kémiai tartalmi szempontból. *Dólt betűvel* szedve jelezzük azokat a részeket, amelyek a tudományos értelemben

³⁴¹ Hargitai Zs. (2012): Áltudományos állítások és módszerek kémiai és biológiai elemzése, szakdolgozat, témavezető Riedel M., ELTE

abszurdítások, ill. azokat a kifejezéseket, melyeket a szövegek más értelemben használnak, mint a tudomány. Az egyik részlet egy méregtelenítő készüléket forgalmazó magyar cég honlapján található³⁴².

"A használata során a lábfürdető vízben sok H- ion szabadul fel, melyek átdiffundálva a bőr rétegein, a kapillárisain át bejutnak a véráramba. A H-ionok elektronjai *feltöltik a sejteket*, amelyekről ez által *leoldódnak a toxinok*. A sejteknek ugyanis *elektronhiányuk* van, ezért kötődnek hozzájuk a mérgeanyagok. A *negatív H ionok* pedig, mint egy hátizsákot, elszállítják, és kivezetik a lábvízbe a mérgeanyagokat. A vörösvértestekkel kapcsolatba lépő negatív ionok képesek a *vér savasságát az egyensúly*, a lúgos irányba változtatni. Az elektronnal *feltöltött* sejtek *regenerálódnak*, így a szervezet a méregtelenítés mellett *energetizálódik*. A méregtelenítő *egyenlő mennyiségű pozitív és negatív H- iont termel*, de a *pozitívak nagy része a keletkező OH-val vízhez egyesül*. Így a méregtelenítő készülék egy negatív H- ionban gazdag, *azaz elektronban gazdag, antioxidáns* tulajdonságú folyadékot hoz létre.,,

Az idézett szöveg több kémiai abszurditást is tartalmaz. Negatív hidrogénionok nem keletkeznek elektrolízis során, és így értelmetlen azt állítani, hogy ezek bármiben is befolyásolnák a szervezet méregtelenítő folyamatait, vagy befolyásolnák a vér kémhatását. Hasonlóan értelmetlen az állítás, hogy a hidrogénion elektronban gazdag. A sejtek elektronhiányossága nem értelmezhető, tévedés azt hinni, hogy a sejtek az energiát elektronok felvételével nyerik, és az így feltöltött sejtek jótékony hatással lennének a szervezetre, vagy egyáltalán léteznének. Egy másik honlapon³⁴³ a következőket állítják a méregtelenítő lábfürdőről:

"A lábfürdő sós vize pozitív töltésű hidrogén ionokkal dúsul. Ezek az *aktív ionok* a talp bőrén, a szövetekbe behatolnak és az ér kapillárisain át a vérkeringésbe jutnak. A *gerjesztett ionok* a testen áthaladva toxikus anyagok sokaságához kapcsolódnak, ezáltal *elveszítik saját töltésüket*. Ebben az átalakított, oldható állapotban már képes szervezetünk a nyirok- és érrendszeren keresztül eltávolítani a méreg- és salakanyagokat."

"Az Ionos Tisztító kezelés *oszmózissal* működik. Az *ionizáló*, melyet a lábfürdőbe helyeznek, ionokat bocsájt a vízben keresztül a testbe. A sejteidet *energizálják* az ionok, és így végre képesek elengedni a szennyeződések, olajat, zsírokat, nehézfémeket, sejtörmeléket és szemetet melyet életed során halmozott fel."

Az idézet több fogalmat is értelmezhetetlen, hibás módon használ. Nem érthető, hogy mi az aktív ion, a gerjesztett ion. A leírás szerint a mérgeanyagok töltésüket elvesztve, kevésbé vízzoldható formában lennének képesek elhagyni a szervezetet, a valóságban azonban ennek éppen ellenkezője igaz, a méregtelenítő folyamatok egyik célja, hogy a mérgeket vízzoldhatóvá tegye, hogy így azok a vízzel ürülhessenek. A szöveg rosszul használja az oszmózis fogalmát. Ozmózis során az oldószer mozog, és nem az oldott anyag a koncentráció kiegyenlítésére törekedve. A szövegből kiértezhető az elektroforézisre és az iontoforézisre való utalás, ezek azonban egészen más, az orvosi gyakorlatban használt eljárások. A szövegben szerepel az áltudományos szövegekben gyakori, ködös „energizálás” kifejezés, valamint az "ionizáló", amelyet feltehetően az elektrolizáló cellára ért az írás szerzője.

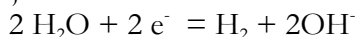
A méregtelenítő lábfürdő készülék működése egyszerű kémiai módszerekkel meg is vizsgálható. Az eszköz részei a következők: burkolt, feltekert, feltehetően vas elektród pár, tartály, időzítő és egy 16 V egyenfeszültségű áramforrás. A készülékhez ajánlott sókeverék a tengervízhez közeli összetételű (Na⁺: 16,6%, K⁺: 20,89%, Mg²⁺: 3,47%, Cl⁻: 44,53%, SO₄²⁻: 13,58%), de ennek a működés szempontjából semmi jelentősége sincs³⁴⁴.

³⁴² <http://spa-meregtelenitok.hupont.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁴³ <http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/850000-874999/860076-an-01-de-HYDAS-HYDRASANA-FUSSWANNE.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

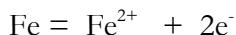
³⁴⁴ <http://www.bioenergisier.com/BioEnergisier-CLASSIC-D-Tox-Spa-System-p-235.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

A méregtelenítő lábfürdővel való „kezelés” során a használonak fél órát kell a lábát langyos, sós vízbe lógatnia bekapcsolt elektrolizáló rendszer mellett. Mivel az elektródok burkolva vannak, azok csak az oldattal érintkeznek, a lábbal nem. A 30 perc végén a tartályban lévő oldat színe megváltozik, előbb zöldes, majd barnás csapadék válik le, és enyhén szúrós szag érezhető. Egyszerű analitikai eljárással (pl. α - α dipiridillel, kálium-rodaniddal, vasion gyorstesztel) kimutatható, hogy a lábfürdőben keletkező elszíneződést és csapadékot a vaselektrod anódos oldódásából származó vasvegyületek okozzák. A készülék működtetése során a sóoldat elektrolízise játszódik le. A katódon hidrogén fejlődik az oldószer, a víz redukciójával:

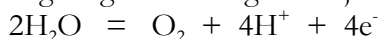


Az anódon több folyamat is lejátszódik a meglehetősen nagy feszültség következtében (16 V).

Döntően a vas anódos oldódása (oxidáció) történik:



de mellette még oxigén- és klórgáz is fejlődik:



Ez utóbbit a jellegzetes klórszag is jelzi. A vas(II)-ionokból a katódon képződő hidroxidionokkal reagálva vas(II)-hidroxid keletkezik, ami a levegőben lévő, ill. a vízben oldott oxigén, valamint a keletkező klór hatására tovább oxidálódik vas(III)-hidroxiddá. A csapadék színe változatos lehet. A vas(II)-hidroxid-csapadék világoszöld színű, a vas(III)-hidroxid barna, attól függően, hogy mennyi vas(II)-ion oxidálódott vas(III)-ionná, ráadásul a folyamat közben sötét vörösbarna, fekete színű Fe_3O_4 és Fe_2O_3 is keletkezhet. Hosszabb használat során a vaselektrod látványosan fogy.

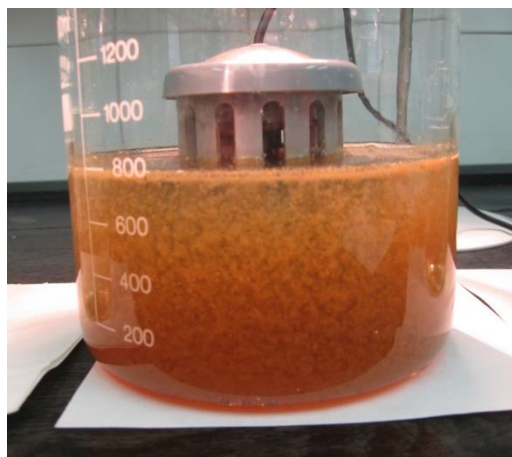
Természetesen ugyanezt az eredményt kapjuk, ha a műveletet a láb behelyezése nélkül végezzük el, esetleg egy főzőpohárban (2. ábra). Ebből már tudni lehet, hogy ami a lábvízben a színváltozást okozza, annak semmi köze a szervezetben a méreganyagokhoz, holott az ismertető állítja, hogy a lábvíz használat utáni színe és állaga összefügg a testünkben távozó méreganyagokkal, és a szervezet egészségi állapotával³⁴⁵ (2. táblázat). A jelenség csupán a vaselektrodokkal történő elektrolízis egy meglehetősen tömény elektrolitoldatban. Mindezek talán a kémiai tudás nélküli nagyközönségnek is meggyőző lehet, megmutatva, hogy itt nem csupán jámbor áltudomány, hanem tudatos becsapás áll fenn (lásd II. A kémiai fogalmak tanításának lehetőségei és problémái).

2. táblázat. A fogyasztót megtévesztő, tudománytalan állítások egy méregtelenítő készülék használati utasítása szerint³⁴⁶

Az oldat színe és állaga	Méreg vagy méregtelenített szerv
Fekete	Máj területe
Fekete szemcsék	Nehézfémek
Barna	Máj méreganyaga, sejtek salakanyaga, dohányzás
Sötétzöld	Epehólyagból távozó méreganyagok
Narancs	Ízületek
Piros szemcsék	Vérrögök
Fehér sajt-szerű	Valószínűleg gombás fertőzés
Fehér habos	Nyirokrendszer méregtelenítése
Zöldessárga	Vese, húgyhólyag, húgyúti szervek, nőgyógyászati területek, prosztatata

³⁴⁵ <http://spa-meregtelenitok.hupont.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁴⁶ <http://spa-meregtelenitok.hupont.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)



2. ábra. A méregtelenítő lábvízkészülék vízében bekövetkezett változás 30 perc elteltével, lábáztatással és anélkül, főzőpohárban

Elgondolkodtató, hogy bár a méregtelenítő lábfürdőt számos helyen (például) kritizálták és cáfolták^{347,348,349,350} mégis nagy népszerűségnek örvend, és a készülékeket esetenként igen magas áron forgalmazzák. A Gazdasági Versenyhivatal 2007-ben az egyik forgalmazót 10 millió forintra bírságolta, egyebek közt a lábfürdővel kapcsolatos nem megalapozott állításokért. Azonban a méregtelenítő lábfürdők forgalmazása és üzemeltetése azóta is gyümölcsöző befektetésnek tűnik: számos készülék megrendelhető az internetes áruházakban, és sok hirdetésben találkozhatunk kezelést végző kozmetikai salonokkal, wellnessközpontokkal.

A vas-hidroxidok keletkezését nem csak a méregtelenítő lábvíz esetében használják szemfényvesztésre, hanem bizonyos víztisztító készülékek demonstrációjánál is alkalmazzák. A vasanóddal és alumíniumkatóddal 200 V (!) egyenfeszültséggel történő elektrolízis során – amiről a jámbor háziasszonynak fogalma sincs, de nem is kötik az orrára – a kivált csapadékkal bemutatják, hogy milyen „szennyezett” a csapvíz, szemben a tisztított (csökkentett iontartalmú) vízzel, hogy így támasszák alá az egyébként sok esetben kiválóan (pl. fordított ozmózissal) működő termékek szükségességét (3. ábra).



3. ábra. A víztisztítás eredményességének bemutatása a méregtelenítő lábfürdőhöz hasonló eszközzel. Balra tisztított víz, jobbra csapvíz elektrolízise

³⁴⁷ Hargitai Zs. (2012): Áltudományos állítások és módszerek kémiai és biológiai elemzése, szakdolgozat, témavezető Riedel M., ELTE

³⁴⁸ http://hvg.hu/kkv/20071119_tudomanyos_labfurdo (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁴⁹ Kovács L. és szerzőtársai (2011): „Száz kémiai mítosz”, Akadémiai Kiadó, Budapest

³⁵⁰ http://kodpiskalo.blog.hu/2013/12/03/mergeltelenites_labfurdoval_389 (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

2.5. Homeopátia

A homeopátia (vagy régies elnevezéssel hasonszenvi) gyógymód alapelveit SAMUEL HAHNEMANN (1755–1843) német orvos, kémikus alkotta meg saját magán végzett – részben tévedésekből adódó – kísérletekkel. Ennek lényege az, hogy a betegségek olyan szerekekkel kezelhetők, melyek egy egészséges emberben a betegséghez hasonló tüneteket váltanak ki. A gyógyulás – úgymond – azáltal következik be, hogy a homeopátiás szer egy műbetegséget produkál a szervezetben. A szervezet e műbetegségre reagál. A homeopátiás gyógyszer előállításának lényege az eredeti hatóanyag sokszoros, egymást követő – egyébként irreális mértékű – hígítása és erőteljes összerázás (potenciálás, más néven energetizálás, dinamizálás). Ennek során az anyagoknak egészen új, addig ismeretlen gyógyító tulajdonságai kerülnek napvilágra. Így (legalábbis az áltudományos állítás szerint) megszüntethetők a szer toxikus hatásai, míg a vívőanyag (többnyire víz, alkohol vagy tejcukor) átveszi az eredeti hatóanyag (vegyület, molekula) tulajdonságait. Az igen nagy hígítás miatt a gyógyszer csak a betegség információját szolgáltatja, és erre a szervezet válasza a gyógyulási reakció. Paradox módon minél kevesebb a hatóanyag a szerben, annál erőteljesebb a feltételezett gyógyító hatás.

Sajátos, hogy HAHNEMANN közel 200 éves munkája egyes gyógyszerkönyveknek ma is része, azaz a homeopátia 200 év alatt érdemben alig fejlődött, pl. nem vette figyelembe az azóta elért természettudományos, orvostudományi eredményeket (pl. az anyag atomos szerkezete, az analitikai kémia fejlődése, bakteriológia, gyógyszervegyészet stb.). A 20. század elején a homeopátia varázsa lényegesen csökkent, Magyarországon 1949-ben tévtannak minősítették és betiltották, 1990 után sok más kétes értékű társával feléledt, a gyógyszerházakban kaphatók a homeopátiás szerek.

A homeopátia nagyrészt a régi népi természetgyógyászat anyagait használja. Így alapanyagai között a növények (nadragulya, kamilla, vadrozmarin, parlagnő stb.), állati anyagok (házi méh fullánkja, viperaméreg, osztrigahéj stb.) és szerves anyagok, fémek, ásványok (kén, foszfor, arany, arzén stb.) szerepelnek. A leggyakoribb homeopátiás szerforma a globulus (golyócska), de léteznek oldatok, porok, kúpok, kenőcsök, sőt injekciók is.

A potenciálás a homeopátiás szer előállításának döntő lépése. A folyékony anyagok hígítója általában az alkohol, a szilárd anyagoké a laktóz. Az eredeti kivonatot (őstinktúrát) 10-szeresére vagy 100-szorosára hígítják, és erőteljes mechanikai behatásnak vetik alá: ütik, rázzák. Ezt ismételik meg sokszor egymás után. Minden egyes hígítás és rázás eggyel növeli a szer ún. potenciaértékét. A hígítás mértékének jelzése: D tízszeres, C százszoros. Például: D6 milliószoros hígítást (10^{-6}) jelent, amit hatszor ismételt 1 : 10 hígítással érnek el. D9 milliárdszoros, D12 (= C6) billiószoros, a gyakran előforduló C50 potencia a kémikus számára értelmezhetetlen $10^{50} = 10^{100}$ hígításnak felel meg. Ezeket az értékeket a gyógyszerdobozon is feltüntetik.

Magyarázat, kutatások a homeopátia igazolására, az orvos kételyei^{351,352}

A homeopátia alapelve tudományos szempontból legalábbis kétségesnek tekinthető. Mivel a terápiát mégis alkalmazzák, nemzetközi orvosi körökben nagy az igyekezet a gyógymód hatásosságának igazolására és elméleti alátámasztásra. A homeopátia tudományos elmélete nem alakult ki, a továbbfejlesztés feltételei nem valósultak meg. A magyarázat misztikus, áltudományos, mint például a következő mondatok.

„A dinamizálás során felszabadul az alapanyag gyógyító energiája. Az emberi test finom energiák erős és sűrű szövevénye, az energiamezőkben keletkező zavar a betegség. Az életműködéseket szabályozó dinamikus energiák csak mennyiségileg és minőségileg összemérhető szubsztanciákkal befolyásolhatók. Erre a célra valók a dinamizált, tehát energiában, jelértékben gazdag homeopátiás gyógyszerek. Az elv szerint nem is lehet az alkalmazott anyagok hatékonyságát

³⁵¹ Rák K. (2000): Természet Világa, I. különszám

³⁵² Rák Kálmán (2003): Magyar Tudomány, 7. sz.

egyszerű módon magyarázni, hanem arra talán a magasabb kvantummechanikai összefüggések fognak majd egyszer megoldást adni, de ezeket ma még nem ismeri a tudomány.”

Bár a homeopátia hatásosságának bizonyítására sok kísérlet történt, egyetlen olyan szakszerű és reprodukálható klinikai vizsgálat sincs, mely a hatásosságát érdemben alátámasztaná. Kevés a színvonalas tanulmány, a következtetések nem határozottak, és a megismételhetőségük – ami a tudományos megalapozottság egyik kulcs tényezője – a legjobb esetben is problematikus. Az összefoglaló orvosi fórumok (*The Lancet*, *Cochrane Library*) átfogó elemzése az összes klinikai publikáció alapján arra a következtetésre jutott, hogy a homeopátia lényegileg placebo hatás³⁵³, ha van is néha hatás, az ott jelentkezik, ahol a kezelés ellentmond a Hahnemann-féle elvnek (D1 – D6 hígítások). A homeopátia kivonja magát az európai természettudomány által felállított kutatási normák közül, és így valahol a hit és a tudás közti szürke mezőben mozog. Így viszont nehéz megejtetni azokat a kettős vak és megismételhető kísérleteket, amelyek szükségesek lennének a módszer hatékonyságának tudományos alaposságú igazolásához. Maradnak az ún. anekdotikus tapasztalatok és az érvelés. Több olyan kísérletet végeztek, amelyek tudományos bizonyosságot próbáltak nyerni a homeopátia hatékonysága felől. Ezek közül azonban egy sem jutott olyan eredményre, amely cáfolhatatlan tényként lenne elfogadható. Jellemző példa – amelyet a kémikus is értelmezni tud – a *Nature*-ben³⁵⁴ jelent meg 1988-ban egy biológiailag aktív vegyület homeopátiás hígítás melletti sejtszintű hatásáról. Már az eredeti közlemény is ellentmondó: a hígítás fokozásával várt növekvő hatás helyett meglehetősen szabálytalanul ugráló koncentráció- (potencia-) függést tapasztaltak. A próbálkozás csúnya fiaszkóval végződött, amikor egy független kutatócsoport a helyszínen alapos vizsgálat alá vette az eredményeket³⁵⁵: csak hasonlóan értelmetlen (szóró) eredményeket tudtak bemutatni. A legújabb ilyen próbálkozások LUC MONTAGNIER részéről (2008-as orvosi és élettani Nobel-díj) erősen az ún. Nobel-díjas betegség kategóriájába esnek^{356,357}.

A kémikus kétségei

Az orvoslási tapasztalatok érdemi megítélése nem e munka tárgya, a következőkben a homeopátiát csak kémiai szempontból vizsgáljuk.^{358,359,360,361}

Koncentráció

A köznapi homeopátiás készítmények gyakran oly mértékig vannak hígítva (D10 – D400), hogy az ezekkel a szerekkel végzett kezelés farmakológiai hatása valószínűtlen, és alapvető tudományos elveket sért. A jelenlegi tudásunk szerint bármely anyag élettani hatása egy maximumgörbe szerint változik, legyen ez egyszerű nátrium-klorid vagy akármilyen gyógyszer vagy mérge. Ezen belül a gyógyszeren alapvető tézise, hogy az adag és a hatás egyenes (és nem fordított) arányú összefüggésben van. Az orvos például, ha egy tableta nem használ, kettőt (és nem felet) ír elő. Az természetesen lehetséges, hogy a nagyobb adagok újabb hatásokat is okozzanak, de az nem, hogy a hatás a dózis csökkenésével erősödjön.

³⁵³ Bárdos Gy., Cziboly Á. (2003): Magyar Tudomány, 7. sz.

³⁵⁴ Daveans, D. et al (1988): *Nature* **333** 816

³⁵⁵ Maddox, J. et al, (1988): *Nature* **334** 287

³⁵⁶ <http://www.origo.hu/tudomany/20110126-a-nobelbetegseg-aldozataul-esett-tudosok.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁵⁷ http://kodpiskalo.blog.hu/2014/09/28/nobel-dijasok_a_homeopatia_mellett (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁵⁸ Görög S. (2002): A homeopátia tudományos kritikája kémikus szemszögből, Szkeptikusok VIII Országos Konferenciája, Székesfehérvár

³⁵⁹ Riedel M. (2009): „Pí-víz és társai” „Alkímia ma” előadássorozat, ELTE

http://www.chem.elte.hu/w/pr/alkimia_2008_2009/alkimia_Riedel_09.pdf (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁶⁰ Singh, S., Edzard Ernst E. (2010): Trükk vagy terápia, Park Könyvkiadó, Budapest

³⁶¹ Kovács L. és szerzőtársai (2011): Száz kémiai mítosz, Akadémiai Kiadó, Budapest

Oldatok (homogén rendszerek) esetén a D23-nál (10^{23}) nagyobb hígításban (elméletileg) már nincs egyetlen eredeti molekula sem, figyelembe véve az Avogadro-számot (3. táblázat). Porok, tabletták (heterogén rendszerek) esetén (porok hígítása tejcukorral) a helyzet nagyságrendekkel „rosszabb”, hiszen ilyenkor jó esetben a kolloid méretéig (100 nm) lehet az anyagot eloszlatni a vivőszerben. A kémikus gyakorlatból tudjuk, hogy porítással kb. μm szemcseméret érhető el, a határ ilyenkor D12. A jelenlegi kémiai és fizikai ismereteink szerint a homeopátiás gyógyszerek többsége (a beljük vetett hiten túl) semmiféle hatóanyagot nem tartalmaz. D50 azaz 10^{50} hígítás (potenciálás) után a Föld térfogatának 1000-szeresében lenne 1 molekula. Ahhoz, hogy egy C200 hígítású szer egyetlen literjében legalább egy darab hatóanyag-molekula maradjon, a kiinduló oldatunknak literenként 10^{400} darab molekulát kellene tartalmaznia. Jelenlegi ismereteink szerint a világegyetemben 10^{81} atom található. Bárhogyan is nézzük, természettudományos szempontból a homeopátiás szerek többsége egyszerű víz, alkohol vagy tejcukor.

Vegyszertisztaság és analitika

A hígítással kapcsolatos a homeopátiás szerek tisztaságának és analitikájának kérdése is. A mai legérzékenyebb analitikai módszerek a ppb tartományban dolgoznak, azaz $10^{-9} - 10^{-10}$ érzékenységre képesek, azaz legfeljebb D10-ig lennének képesek a homeopátiás szer összetételének és tisztaságának ellenőrzésére. A homeopátiás előírások a D3-ig elvégezhető vizsgálatokról szólnak, ez pedig igen szerény analitikai követelmény, lényegében csak a kiindulási anyag vizsgálatát jelenti, a D10 – D400 termék ellenőrzési lehetőség nélkül kerül forgalomba.

De nincs is értelme az érdemi tisztaság- és hatóanyag-tartalom vizsgálatnak, mert a hígító szerek (alkohol, víz, tejcukor) maguk is tartalmaznak szennyezéseket, amelyek éppen az analitikai eljárások és a vegyszergyártási technológia miatt korlátozottak. Nincs olyan vegyszergyár, amelyik 6-kilencesnél ($10^{-6} = 1 \text{ ppm}$) tisztább terméket forgalmazna. Például a gyógyszer minőségű laktóz 5 ppm nehézfémeket tartalmazhat. Vessük ezt össze a homeopátiás vas-, higany-, ezüst- arany- stb. készítményekkel, azok pl. D12 – D20-as ($10^{-12} - 10^{-20}$) potenciájával. Ez 20 kilences (10^{-20}) tisztaságú hígítószer használatát kívánná meg, ami nonszensz. Azaz D6 művelet után már egyáltalán nem hígították a homeopátiás szert, bármi van is ráírva, hanem inkább talán szennyezték. Vagyis patikában megvásárolt terméket a szennyezések okán a dobozon megadott mellett további számos anyagra is D6-os homeopátiás szernek kellene tekinteni (3. táblázat).

A hagyományos gyógyszerekkel összehasonlítva a homeopátia kettős mércét alkalmaz. A hagyományos gyógyszereknél az előírások rendkívül szigorúak. Szigorú követelmények vannak a hatóanyag-tartalomra, szennyezésprofilra, biológiai hasznosíthatóságra stb. A homeopátia azt állítja, hogy a termékei bizalmi árut jelentenek. A termékek nem vizsgálandók a szokásos analitikai módszerekkel.

Környezetszennyezés

1 liter C200-as szer előállításához 200 liter etanol kell (10 cm^3 ősextraktumból kiindulva), a végeredmény 1 liter homeopátiás gyógyszer. Közben melléktermékként kidobnak 199 liter hígításhoz használt „hatóanyagot” is tartalmazó etanolt, ami a homeopátia logikája szerint homeopátiás gyógyszer (D2 – D199 potenciával), tehát ez 199 liter veszélyes hulladék keletkezik, ezt úgy is kell kezelni. Kérdés, hogy mi történik ennek a megsemmisítésével? Gondoltak-e erre a környezetvédők és a hatóságok?

Fordítva viszont, minden körülöttünk lévő anyag homeopátiás gyógyszernek tekinthető. A Duna vizében például jó sok anyag (köztük a homeopátiában is használt vegyület) található erősen felhígítva. A Duna vize tehát kiváló sokkomponensű homeopátiás gyógyszer. Arról ne is beszéljünk, hogy az emlékezetes tiszai cianidszennyezés (2000) után a Tisza vize is kiváló homeopátiás gyógyszer lehet, mert a cianid milliárdszor milliárdszorosra (10^{-18} , azaz D18)

felhígult. Kálium-cianid ugyan nincs a homeopátiás termékek listáján, de még lehet, például vegyszermérgezők ellen.

3. táblázat. Homeopátiás készítmények potencálása (hígítása) és a realitás

Potencia	Hígítás	Hatóanyag-tartalom **		db molekula/g *	
D0					
D1	1:10	100 mg/g		10 ²⁰	
D2	1:10 ²	10 mg/g		10 ¹⁹	
D3	1:10 ³	1 mg/g	1000 ppm	10 ¹⁸	
D4	1:10 ⁴	100 µg/g	100 ppm	10 ¹⁷	
D5	1:10 ⁵	10 µg/g	10 ppm	10 ¹⁶	
D6	1:10 ⁶	1 µg/g	1 ppm	10 ¹⁵	
D7	1:10 ⁷	100 ng/g	100 ppb	10 ¹⁴	
D8	1:10 ⁸	10 ng/g	10 ppb	10 ¹³	Hígítószeres tisztasága
D9	1:10 ⁹	1 ng/g	1 ppb	10 ¹²	
D10	1:10 ¹⁰	100 pg/g	100 ppt	10 ¹¹	Analitika teljesítőképességének határa
D11	1:10 ¹¹	10 pg/g	10 ppt	10 ¹⁰	
D12	1:10 ¹²	1 pg/g	1 ppt	10 ⁹	Porok hígításának becsült határa
D13	1:10 ¹³			10 ⁸	
D14	1:10 ¹⁴			10 ⁷⁰	
D15	1:10 ¹⁵			10 ⁶	
D16	1:10 ¹⁶			10 ⁵	
D17	1:10 ¹⁷			10 ⁴	
D18	1:10 ¹⁸			1000	
D19	1:10 ¹⁹			100	
D20	1:10 ²⁰			10	
D21	1:10 ²¹			1	
D22	1:10 ²²				Oldatok hígításának elvi határa az Avogadro-szám miatt

*600 g/mol moláris tömeg alapján számolva

**g ≅ mL

Információ, az emlékezet elve

A hígítás miatt egy C12-es potenciájú (azaz 100¹² azaz 10²⁴ hígítású) szerben már nagy valószínűséggel nem található az eredeti anyag egyetlen molekulája sem. Ennek a nyilvánvaló ellentmondásnak a kiküszöbölésére a homeopátia más, szintén megerősítetlen elméleteket vezetett be, így például a víz (alkohol?, laktóz?) emlékezetének elvét. A jelen nem lévő szer hatását azzal próbálják magyarázni, hogy az eredeti anyagra jellemző információ kódolva megmarad a hígítószerben: a hatóanyag (tehát atomok, molekulák, ionok) információtartalma átadódik a hígítószernek. Szerintük ezek az információs helyek, *"ujjlenyomatok"* megjelennek az oldatban, és megsokszorozódnak az aktiváláskor, azaz amikor hígítás után az oldatot felrázzák. Az elmélet szerint ezek a helyek a víz ún. klaszterszerkezetében valami változást okoznak, sőt ezek időben állandóak. A szerek másik részénél, ahol a hígító anyag nem folyadék, hanem szilárd por (laktóz), persze ez a teória nem alkalmazható.

A magyarázatoknál a homeopátia elmélete belebonyolódott a kavitáció kérdésébe is. Az ultrahanggal besugárzott tiszta vízben szabad oxigént és hidrogént, hidrogén-peroxidot stb. lehet találni (mechanokémia). Kétségtelen, hogy a dinamizálás során a sok g-s gyorsuláskor kavitációs lyukak képződhetnek a vízben vagy az alkoholban, és lehetséges, hogy ezek a vegyületek a víz ütverázásával is létrehozhatók. Ennek azonban semmi köze a folyadékban korábban benne volt ősextraktum molekulákhoz. A kavitációs lyukak és az instabil gyökök viszont igen gyorsan relaxálódnak. A vízcsapból a jelentős kavitáció után kiengedett víz a pohárban már nem „emlékszik a vízcsapra”. A gondolat sántít, sőt a porokra alkalmazhatatlan.

Az információ ugyan nem anyag, de az anyaghoz van kötve (gondoljunk például a zenemű és a hangszer viszonyára, az informatikai adattárolásra vagy a genetikai kódra a DNS-ben). Az elemeknek, a szervetlen és szerves vegyületeknek kétségtelen van információtartalmuk (nevezzük így), ezt nevezzük kémiai tulajdonságnak. Ez még változhat is a makroszkopikus szinttől az atomi

szintig történő aprítás során (gyenge savak disszociációja, a kolloidok sajátos viselkedése stb.). Ennek azonban a kémiában leírt reális határai vannak, és az elegy más komponensei (az oldószer) ezt a tulajdonságot nem veszik át, és őrzik meg a vizsgált anyag (hígítási) eltüntetése után.

Az információátviteli elgondolás tarthatatlan a vegyipar aspektusából nézve is. Nincs semmilyen kémiai tapasztalat arra, hogy az oldószer átvénne az oldott anyag kémiai tulajdonságait, és nincs is olyan ipari (vegyipari, nem gyógyászati) eljárás a kémiai tulajdonságok ilyen hasznosítására (pl. valamely költséges alapanyag helyett vízzel végzett kémiai reakció által, hogy a víz egyszer érintkezett a kérdéses anyaggal). Furcsa módon az információátvitel a kémiai folyamatoknak csak erre a szűk körére lenne csak érvényes.

A homeopátiás gyógyszerek lejárati idő

A dinamizált állapottal kapcsolatos a homeopátiás gyógyszerek (a betegájékoztatóban kötelezően közölt) lejárati ideje is. Ez egységesen 5 év, függetlenül a bennük szereplő kémiai anyagoktól és a (önmagában is ködös) információátviteltől és – a tárolástól. Más gyógyszerek lejárati idejét gondos kísérletekkel állapítják meg a benne szereplő vegyületek (hatóanyagok és hordozók) esetleges szerkezetváltozását, lebomlást figyelembe véve. Ezen túl a hatóanyag használhatatlanná válik. Sajátos fogyasztóvédelmi megfontolás, hogy a homeopátiás szereknél ezt nem kell figyelembe venni. Ez képtelenség, de a hatóság döntése védhető, hiszen itt tiszta vízről, tejcukorról, alkoholról van szó, azaz nincs is ok arra, hogy a lejárati idő szerenként különbözzék.

Energia

A homeopátia állítja, hogy a dinamizálás során a szer különleges állapotba kerül, új „erők” fejlődnek ki. Az ütögetés pedig „energiát” ad a szernek. Az erő és az energia jól definiált fogalmak a fizikában, kémiában. Azt gondolhatnánk, hogy a dinamizálásnál felvett energia a belső energia egy komponense, amely a dörzsölt, ütögetett testbe jut. Ez azonban nincs így. Az alternatív orvoslás művelői az energia kifejezést csak szimbolikusan alkalmazzák, és nem megfelelően (vagy inkább sehogyan sem) definiált mennyiség. A jól definiált és a definiálatlan kifejezés keveredése a – leginkább szándékosan előidézett – szemantikus zűrzavar mintapéldája. Ez a zűrzavar végzetes lehet olyanok számára, akiknek nincs tudományos alapképzettségük. Az alternatív gyógyítók gyakran azt a látszatot keltik, mintha ilyen energia létezne, de rendszerint senki nem vesztegeti az idejét arra, hogy megfelelő definíciót találjon. Az energia csupán varázsszó, amellyel különböző dolgokat jelölnek, kezdve a páciens jó hangulatától valamiféle sugárzásig, amely állítólag a gyógyító kezéből, az alkalmazott szerből (adott esetben a homeopátiás gyógyszerből) árad ki.

Az alternatív orvoslásban és más, azzal összefüggő áltudományokban gyakran használják a "negatív energia" kifejezést is. Azt állítják róla, hogy betegséget, egészségi problémákat okoz. A biofizika szempontjából nem létezik az emberek számára elsődlegesen pozitív vagy negatív energia. Ugyanaz az energia (pl. UV-sugárzás) lehet egyaránt ártalmas vagy jótékony hatású, esetleg közömbös, attól függően, hogy mennyit nyel el belőle az emberi test. Természetesen e tekintetben keveredik az energia és az energiaátadás fogalma (lásd termodinamika I. főtétele).

Túladagolás

A homeopátiás gyógyszerek – nyilvánvalóan kötelező – betegájékoztatója szerint a túladagolás (azaz nagyobb mennyiség beszédésének) veszélye nem áll fenn. A homeopátia logikája szerint azonban nem az a túladagolás, ha többet veszek be a gyógyszerből, hanem az, ha kevesebbet (pl. az ajánlott 5 golyócska helyett csak 3-at), vagy netán egyáltalán nem veszem be. Így nem is érthető, hogy mi a homeopátiás szer túladagolása.

2011-ben számos országban akciót szerveztek annak demonstrálására, hogy a homeopátiás szerekben nincs hatóanyag, csak a hígítószerből, tejcukorból állnak. Ennek során homeopátiás szerekkel szándékos túladagolást hajtottak végre minden káros következmény nélkül. A látványos mutató a homeopátia logikája szerint éppen a fordítottját jelentette: a sok gyógyszer bevétele

nem megszokott értelemben vett túladagolást, hanem éppen ennek a fordítottját (a D érték csökkentését) jelentette (1 helyett 10 golyócska 1D potenciacsökkenés).

Költségek, üzlet, csalások

A homeopátia könyörtelen gazdasági érdek, a homeopátiás szerek tarka piacán dollármilliárdok forognak. A szerek ára a hagyományos gyógyszerekével vethető össze. Ezzel szemben nincs szükség hosszú vegyészeti kutatásra és klinikai tesztekre, az előállításához nincs szükség komolyabb gyógyszeralapanyagra, a dinamizálás is teljesen automatizált primitív kémiai művelet, a termelés lényegében csak a kiszerezésből áll. A marketing (beleértve az orvostársadalom és a fogyasztók meggyőzését) viszont tetemes költség. A gyakran használt homeopátiás gyógyszer, az Oscillococcinum kacsamájból készül, C200 hígítással. A hígítás akkora, hogy elegendő minden évben csak egyetlen kacsát leölni, hogy ellássa a teljes Egyesült Államokat. Forgalma az USA-ban évente 20 millió dollárnyi, tehát az az egyetlen példány egy húszmillió dollárt érő kacsá.

[illegible]

2.6. Mágnesesen és elektrosztatikusan kezelt folyadékok

A mágneses vagy elektromos térén átvezetett – és ezáltal úgymond „módosított szerkezetű” – vizet (lényegében híg elektrolitoldatot, esetleg üzemanyagot) italként és technikai célra egyaránt reklámozzák. Az étkezési célú kezelt vizeket szokás pi-víznek nevezni. Az ezzel foglalkozó irodalom nagyon terjedelmes. A publikációk nagy száma azonban nem jelenti azt, hogy az eljárást ne kellene áltudománynak tekintenünk, amint az a részletes, részben magyar nyelvű elemzésekből is kiderül^{363,364,365,366}. A megtévesztő az, hogy az elektromos/mágneses vízkezeléssel kapcsolatban küljegeit tekintve szakmailag korrektnek tűnő könyvek is megjelentek^{367,368}.

Az alapgondolat az, és ez olvasható ki a közleményekből, hogy ha a vizet mágneses vagy elektrosztatikus téren áramoltatjuk át, annak szerkezete egy átmeneti (pontosan meg nem határozott) időtartamra úgy változik meg, hogy a megváltozott (pontosan nem tisztázott) szerkezet mindig előnyös a felhasználónak, és sohasem hátrányos. Mindig arra jó, amit elérni szeretnénk vele. Csak néhányat sorolunk fel a különböző helyeken hangoztatott jó tulajdonságokból.

Az élet, az egészség szempontjából

Rák	gyógyítja	nem pedig súlyosbítja
Baktérium	károsakat elpusztítja	hasznosakat nem
Növények	haszonnövényeket táplálja	gyomokat elszorvasztja
Ételek íze	javítja	nem pedig rontja
Meddőség	gyógyítja	nem rontja
Fogamzásgátlás	elősegíti	nem pedig gátolja

³⁶² <https://napszepe.veol.hu/vorosiszap/elkeszult-a-homeopati-as-szer-1321966> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁶³ <http://www.chem1.com/CO/piwaterbunk.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁶⁴ <http://www.chem1.com/CQ/magscams.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁶⁵ Kerti J. (1997): Magyar Kémikusok Lapja **52** 533

³⁶⁶ Beck M. (1977): Tudomány-áltudomány, Akadémiai Kiadó, Budapest

³⁶⁷ Pados I. (1974): Folyadékok elektromos kezelése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

³⁶⁸ Dr. Fülöp L.: Az életvíz története, é.n.

Technikai szempontból

Vízkezelés	megakadályozza	nem pedig segíti
Beton kötését	gyorsítja	nem pedig lassítja
Cink szerkezeti anyagként	korrozíót csökkenti	nem pedig fokozza
Cink galvánelemben	oldódást elősegíti	nem pedig csökkenti”

Talán úgy is nevezhetnénk, hogy egy „emberbarát” (filantróp) anyagról van szó. Az a kérdés persze nyitva marad, hogy az anyag honnan tudja, mi hasznos, ill. káros a felhasználó számára.

A technikai igényű folyadékkezelő eljárások a második világháború után terjedtek el. A gyógyhatású, ill. étkezési anyagnak tekintett pi-víz alapötlete Japánból származik az 1960-as évekből. Egy bizonyos AKIHIRO YAMASHITA nevű mezőgazdászra (Agricultural Department, Nagoya University) szoktak hivatkozni, aki úgy találta, hogy a ferrit (Fe_3O_4) kedvező hatással van bizonyos növények fejlődésére. Később némi logikai ugrással úgy vélték, hogy az effektus nem az anyagnak, hanem a mágnességnek tulajdonítható. Sajnos a nevezett kutatóra az irodalomban nem lehet rábukkanni. A pi-víz elnevezés eredetét homály fedi. Pusztán véletlen is lehet, hogy úgyszintén éppen a hatvanas években nagy vita tárgya volt tudományos fórumokon a víz egy – termodinamikailag egyébként lehetetlen – allotróp módosulata az úgynevezett „polívíz”. Ezt az ugyancsak áltudományosnak bizonyult kérdést szakmai körökben legalább alaposan megvitatták és el is vetették.

A pi-vízgyártó berendezések szakmailag teljesen zavaros leírására jó példa az egyik gyártmányismertető³⁶⁹.

„A 3. fázis a víz energetizálása. A készülék, mely a folyamat legfontosabb eleme, a beáramlott tisztított vizet redukálja Pi vízzé. A készülékben kerámia és nemesfém golyók mozognak a vízárammal ellentétes pólusú közegben, amely rendezi a víz molekuláit, és azokat többletenergiával tölti fel. Az aktiválást a készülék két lépcsőben végzi. Az első lépésben előaktiválja a vizet, majd erős Pi-energia mezőben energetikailag feltölti. A második lépcsőben a keletkezett örvény energiákat és a kismértékű ionizációt a B.C.S. kerámiák felületükön megkötik. A Pi-vizes technológia utolsó fázisában egy állandó mágnes beállítja az átfolyó víz energiaszintjét arra az energetikai koordinációra, amely az emberi sejtvíznek megfelelő érték. Értéke 1500 Gauss.”

A reklámszövegek, ismertetőik külön hangsúlyozzák, hogy „a Pi-technológiával molekulárisan rendezett és bioenergetizált víz keletkezik („original energetic state of living water”), amely ezt a tulajdonságát 72 óráig őrzi meg”. Ebből ki nem mondottan az következik, hogy az anyag nem stabilis állapotú. A mágneses ivóvízkezelést esetenként kiegészítik további ismert, egyébként korrekt műszaki és kémiai eljárások: mechanikai szűrés, adszorpció és kémiai víztisztítás, UV-fénnyel való csírátlantás stb. A leírásokból nem derül ki, hogy mi várható a mágneses kezeléstől. Az ismertetőik csak természettudományosan értelmezhetetlen állításokat tartalmaznak (különleges rezgések, aura, bioenergia, különleges, energetikailag rendezett hatszögletű vízszerkezet, a víz rezonál a Föld mágneses rezgésével, harmónia a Föld és az ember között, a sejtek jobban hidratálódnak stb.). Jó példa erre egy szakkönyvnek tűnő kiadványból vett, ott grafikonnal is illusztrált idézet³⁷⁰.

„Amikor megszületünk, 96% pi-vízet tartalmaz a szervezetünk. Amikor meghalunk, ez már csak 58%. Mikor vagyunk életképesebbek? Tudjuk, hogy a születéskori nagy életképességhez, nagy pi-víz tartalom tartozik. Ha megmérjük egy ember szervezetének pi-víz tartalmát, pontosan kiszámítható az utolsó életnapja. Ezt hívjuk Fülöp-féle relatív életidőnek. Ha elkezdünk pi-vízet

³⁶⁹ Energy Aqua Erius <http://www.pivizeger.hu/a-viz-elallitasa.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁷⁰ Dr. Fülöp L.: Az életvíz története, é.n.

fogyasztani és egy év múlva újra mérjük a Fülöp-féle relatív életidőt, azt találjuk, hogy 18,3 évet kapunk ajándékba. Mindössze 1 év pi-víz fogyasztással!”

Az egyszerűbb ismertetőkhöz néha hihetetlen gyenge, tudománytalan szövegek. Úgy tűnik, az írók a legalapvetőbb kémiai-fizikai ismereteknek is a híjával vannak, a magyar szaknyelvet egyáltalán nem ismerik. Egy példát mutatunk be az eredeti helyesírással.

„A berendezésből kiáramló víz korróziót kiváltó ionjai mint a chlorine (CL-) szintén lekötődnek a berendezésben. A víz magas hőmérsékleten hevítéskor egyenletes buborékokkal forr (CL₂). Ennek eredménye a korródív mentes víz. A CL₂ alakban jelenlévő chlorine biztosítja a korrózió mentességet. Az ionos állapot formában a chlorine nem engedi. Ezen ionozált formában a chlorin nem tud eltávozni a vízből az atmoszférába.”

Összevetés a tudományos ismeretekkel

A folyékony(!) víz szerkezetét döntően a molekulák közötti hidrogénkötés szabja meg. Az aktuális szerkezet 1 – 2 ps alatt folyamatosan átrendeződik. A mágneses mező valóban hat az anyagokra, csak hogy ez a hatás is rendkívül gyorsan megszűnik. Ezen alapszik a Quincke-módszer, az NMR spektroszkópia, az MRI orvosi diagnosztikai eljárás. Ez utóbbiaknál a mintát igen erős mágneses térbe helyezik, majd a gerjesztés után visszasugárzott energiát mérik. A relaxáció (az atommag mágneszettségi állapota megszűnésének) ideje az anyagoktól függ, a hidrogén esetén ez néhány másodperc. A mágneses kölcsönhatás előidézéséhez igen erős mágnesek kellenek (1 – 7 tesla), a vízmágnesezőben viszont csak 0,1 – 0,01 tesla (T) – lényegében hűtőmágnes – erősségű mágnesek vannak (1 tesla = 10 000 gauss).

A mágneses vízkezelés a technikai alkalmazások több területén (vízkőmentesítés, vízlágyítás, felületi feszültség csökkentése, mosás megkönnyítése, mezőgazdasági alkalmazások) is kétes értékű népszerűségnek örvend. Több száz szabadalom és gyártmányismertető, könyv, monográfia jelent meg a témában. A készülékek széles választéka kapható. A technikai alkalmazások alátámasztására számos munka született, néhány tudományos igényű is, de az eredmények nem egyértelműek, nem reprodukálhatóak és legfőképpen nincsenek összhangban a tudományos ismereteinkkel. A vízkőkiválásra vonatkozó egyik állítás az, hogy a mágneses mezőben a víz forralásakor a hidrokarbonátból kalcit helyett aragonit képződik annak ellenére, hogy a kalcit a stabilisabb módosulat. Az aragonit viszont nem rakódik le a vízmelegítő fűtőfelületén. Lehetséges, de reprodukálható eredmények és elfogadható tudományos magyarázat kellenének. Egyelőre ezek híjával vagyunk. Gond egyébként az is, hogy az ismertetőkhöz összekeverik a vízkőmentesítést (kazánkö) és a vízlágyítást (mosás). Próbálkoztak a mágneses mező felületi feszültségre gyakorolt hatásának kimutatásával is. Ez egyebek között a mosásnál játszana szerepet. Ezek a vizsgálatok is kétségesek. Az a baj, hogy a vízkőkiválás és a felületi feszültség is nagyon sok paramétertől függő jelenség (keménység, ionerősség, pH, hőmérséklet, felületi anyagok minősége, a felület korróziós termékekkel való borítottsága, érdessége, áramlási viszonyok stb.), és ezeket nagyon nehéz közben tartani a kísérletek során. Nagyon nehéz olyan kísérletet tervezni, amelyben minden paraméter azonos, csak a mágneses mező a különböző. Meggyőző kísérletek és a tudományos ismereteinkkel összeegyeztethető elméletek híján az árusított termékek használhatóságában kételkednünk kell. Reprodukálható kísérletek híján csak anekdotikus jellegű tapasztalatokat tudhatunk meg, nyilvánvaló, hogy a bírálatok irodalma is terjedelmes^{371,372,373,374,375}.

³⁷¹ <http://www.chem1.com/CQ/piwaterbunk.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

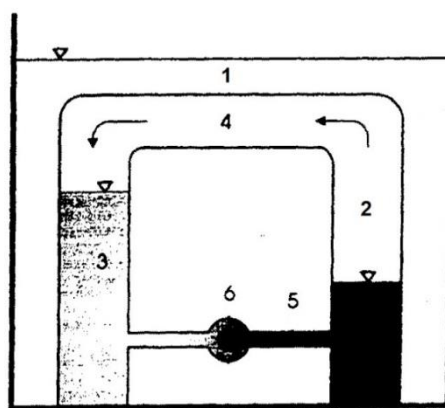
³⁷² <http://www.chem1.com/CQ/magscams.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

³⁷³ Kerti J. (1997): Magyar Kémikusok Lapja **52** 533

³⁷⁴ Beck M. (1977): Tudomány-áltudomány, Akadémiai Kiadó, Budapest

³⁷⁵ <http://www.elektronikinfo.de/magnete/wasserenthaertung.htm> (utolsó letöltés: 2015. 06. 01.)

Az előbb tárgyaltak a kísérletek oldaláról világítják meg a mágneses kezelés reménytelenségét, sokkal súlyosabb érv azonban az az elméleti megfontolás, amely a termodinamika törvényeivel veti össze a mágnesesen megváltoztatott szerkezetű víz létét vagy nem létét (KERTI J.³⁷⁶) Tegyük fel, hogy a mágneses (ill. elektrosztatikus) kezeléssel módosított víz létezik. A mágneses mezővel való érintkezés a víz valamely tulajdonságát *átmenetileg* változtatja meg, tehát *metastabilis vizet* hoztunk létre. Ennek a stabilis módosulatba való visszatérése önként végbemenő folyamat, vagyis a metastabilis víz nincs egyensúlyban a stabilissal. Ha tehát a stabilis és a metastabilis (azaz a kezelt) víz egy közös gőztérrel érintkezik, úgy ez sem lehet mindkettővel egyensúlyban. A 4. ábrán az 1 jelű, vízzel töltött hőtárolóban helyezkedik el a 2 és a 3 cső, az előbbi kezelt (metastabilis), az utóbbi stabilis vizet tartalmaz. A hőtároló a kétféle víz azonos hőmérsékletét biztosítja. A 2, 3 és 4 fázisok egyensúlyának hiánya folytán a kezelt víz desztilláció útján a 4 gőzfázison keresztül folyamatosan vándorol a stabilis vizet tartalmazó csőbe (miként zárt térben a sárga foszfor átszublímál a vörösbe). A metastabil víz elpárologatásához szükséges hőt a stabilis víz kondenzálódásakor felszabaduló hő fedezi, a 2 és 3 cső közti hőtranszportot az 1 hőtároló vize biztosítja. Az átdestillálódás következtében a 2 csőben csökken, a 3 csőben emelkedik a víz szintje, a két csövet összekötő 5 csatornán keresztül tehát a hidrosztatikai nyomáskülönbség áramlást eredményez a 3 csőből a 2-be. Az 5 csatornába iktatott 6 vízmágnesező folyamatosan újra „kezeli” a vizet, ezáltal a körfolyamat állandósul. A 3 cső és a 6 vízmágnesező közé iktatható vízerőmű tehát folyamatosan villamos energiát termel. Az energiatermelés tetszőleges ideig fenntartható izoterm körfolyamatban történik, ami ellentmond a termodinamika második főtételének. Mivel örökmozgó köztudottan nem létezik, ebből következik, hogy az alaptétel a hibás, vagyis a mágneses kezeléssel előállított víz nem létezik. A gondolatkísérlet további elemzése a hivatkozott irodalomban olvasható.



4. ábra. A mágneses vízkezelésen alapuló örökmozgó

Az ivóvíz céljára készült pi-víz sok helyen beszerezhető: üzletekben csapvízből helyben „gyártják”, ásványvízként palackozva árusítják, kaphatók pi-víz készítő berendezések az ital otthoni előállítására, sőt (remélhetőleg ellenőrzött, de továbbra is kétséges tulajdonságú) termékek kaphatók a kereskedelemben, mint pl. a pi-sör. Összefoglalva ironikusan azt mondhatjuk, hogy a pi-víz gyártás a fillér forintosítása. 1 m³ víz (a csatornadíjjal együtt) kb. 500 Ft, azaz 1 liter víz ára 0,5 Ft. Ezzel szemben 1 liter így vagy úgy módosított víz kb. 50 Ft-ba kerül. Azaz százszoros az arány, vagyis a nyereség. Szomorúan lehet látni a szerencsétlen embereket, akik pénzüket százszor drágább csapvízre költik.

A vízkőmentesítés megoldásában még nagyobb üzlet van. Ezért itt sokkal élesebb a harc a tudomány és az áltudomány között, mint az ivóvíz piacán. Itt lép konfliktusba a tudomány és a

³⁷⁶ Kerti J. (1997): Magyar Kémikusok Lapja 52 533

jog is. Két neves magyar tudóst is bűnösnek mondtak ki a bíróságok (hitelrontás ügyében), mert a természettudományos tudásuk alapján kételkedni mertek a mágneses vízkezelésben, és ennek hangot is adtak. Mindkét esetben csak a legfelsőbb fokon semmisítették meg végül az ítéleteket (1976, 1994)³⁷⁷.

A mágneses vízkezelés hatásosságának ellenőrzésére (helyesebben annak cáfolatára) könnyen megtervezhetünk egyszerű tanulói kísérleteket is, hiszen a beszámolók 10-20-30%-os effektusokról szólnak. Ekkora effektus egyszerű eszközökkel is kimérhető. Néhány példa, amely a kémikus számára megfogható: forráshő és a forraláshoz szükséges energia csökkenése, a fagyáspont jelentős csökkenése, csíráztatási kísérlet, vastárgyak rozsdásodási sebességének összehasonlítása kezeletlen és kezelt vízzel. Ilyen kísérleteket az jelenségben hívő³⁷⁸ és az azzal szemben szkeptikus³⁷⁹ szerzők is közölnek. Ezek házilag elvégezhetőek, és mindenki maga vonja le a következtetéseket. Tudni kell természetesen, hogy tudományosan döntő kísérletek csak nagyon alaposan megtervezett és kivitelezett módon végezhetőek.

Irodalom

- Beck M. (1977): Tudomány-áltudomány. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Beck M. (2004): Parajelenségek és paratudományok, Vince Kiadó, Budapest
- Singh, S., Ernst, E. (2010): Trükk vagy terápia, Park Könyvkiadó, Budapest
- Kovács L., Csupor D., Lente G., Gunda T. (2011): Száz kémiai mítosz, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Goldacre, B. (2012): Rossz tudomány, Akadémiai Kiadó, Budapest
- <http://szkeptikus.bme.hu/> (utolsó látogatás: 2015. 06. 01.)
- <http://www.szkeptikustarsasag.hu/index.php> (utolsó látogatás: 2015. 06. 01.)
- <http://telapo.datatrans.hu/szkeptikus/> (utolsó látogatás: 2015. 06. 01.)
- <http://kodpizskalo.blog.hu/> (utolsó látogatás: 2015. 06. 01.)
- Budapesti Szkeptikus Konferencia <http://szkeptikus.bme.hu/> (utolsó látogatás: 2015. 06. 01.)
- Országos Szkeptikus Konferencia (Székesfehérvár) <http://telapo.datatrans.hu/szkeptikus/> (utolsó látogatás: 2015. 06. 01.)

³⁷⁷ Kerti J. (1997): Magyar Kémikusok Lapja **52** 533

³⁷⁸ Dr. Fülöp L.: Az életvíz története, é.n.

³⁷⁹ Riedel, M., Főző, A. L., Bernád, Cs., Hegyes, É. (1998): The pi-water - polluted source on internet, 1st European Conf. in Chemical Education (ECCE), Budapest, Hungary

X. A KÖRNYEZETI NEVELÉS ÉS A FENNTARTHATÓSÁG PEDAGÓGIÁJA

Schróth Ágnes

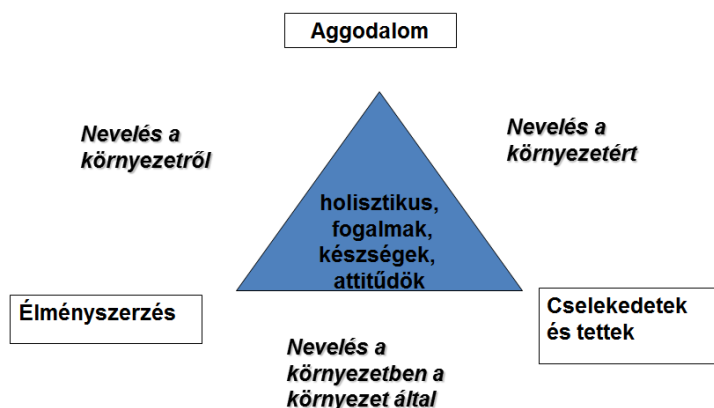
Tartalom

1. Környezeti nevelés
 - 1.1. A környezeti nevelés fogalma
 - 1.2. A környezeti nevelés lehetőségei
 - 1.3. A környezeti nevelés színterei
 - 1.4. A környezeti nevelés módszerei
 - 1.5. A fenntarthatóságra nevelés – a fenntarthatóság pedagógiája
 2. Néhány módszer a kémia tanítás keretében feldolgozandó környezeti témákhoz
 3. Hazai és nemzetközi környezeti nevelési projektek, programok
 - 3.1. A projektek néhány nevelési hatása
 - 3.2. Konkrét példák hazai és nemzetközi projektekre
 - 3.3. Hazai környezeti nevelési versenyek
- Irodalom

1. Környezeti nevelés

1.1. A környezeti nevelés fogalma

A környezeti nevelés, mint kifejezés alkalmazása viták során alakult ki. A környezeti szó kifejezi azt, hogy a természet értékei mellett az ember által létrehozott környezettel is foglalkozik. Ennek értelmében a környezeti nevelés magában foglalja a természetvédelmi nevelés célkitűzéseit is. A nevelés, vagyis a tanulók személyiségének formálása átfogóbb fogalom, mint az oktatás, ami az ismeretek átadása, ezért a nevelésbe mindig bele kell érteni az oktatást is. A környezeti nevelés kifejezés az angol „environmental education” (EE) fordítása. A környezeti nevelés tartalmát a *környezetről, környezetben, környezetért* tanulás összefüggési rendszere (3K) fejezte ki korábban a legátfogóbban (1. ábra).



1. ábra. A környezetről, környezetben, környezetért tanulás összefüggési rendszere (PALMER és NIEL, 1994 nyomán³⁸⁰)

A *környezetről* szóló nevelés az értékekről és a környezeti problémákról szóló ismeretek átadását és megértését jelenti. A *környezetben*, illetve a *környezet által* folytatott nevelés során a környezet a tanulás eszköze. A hangsúly a kutatáson, a tudakozódáson van. Ez olyan lehetőség,

³⁸⁰ Palmer, J., Neal, P. (1994): The Handbook of Environmental Education, Routledge, London

ami a vizsgálódási és a kommunikációs készségeket fejleszti. A *környezetért* való nevelés a környezettel szembeni gondoskodó magatartás és egyéni felelősség érzésének kialakítását szolgálja. Ez kapcsolódik a hozzáállás, az emberi felfogás és viselkedés fejlesztéséhez. A környezetért, a környezetben történő nevelés során kialakult készségek alkalmazásával különböző célok (pl.: akciók, kampányok stb.) megvalósítására lesznek képesek a tanulók. A környezetben (környezet által), a környezetről folyó nevelés eredménye az önálló élményszerzés lehetősége. A környezetről, a környezetért megvalósuló nevelés következtében aggodalom alakul ki a tanulóknál az egyes környezetet károsító tényezőkkel kapcsolatban.³⁸¹

A fenti hármas felépítésű környezeti nevelés egyik hiányossága, hogy igazán a környezet fogalmán csak a természeti környezetet érti, szinte alig érinti azt a tényt, hogy a környezeti kérdések egyben társadalmi problémák is.³⁸² Természetesen – ezeket az aggályokat figyelembe véve – a fenti összefüggésrendszer egy nagyon jól alkalmazható megközelítés a környezeti nevelés egyes területeinek meghatározására. Az új generációs és hagyományos környezeti nevelés szemléletének összehasonlítását az 1. számú melléklet mutatja.

Napjainkban a környezeti nevelést a fenntarthatóság pedagógiája foglalja magában. Ennek központi gondolata a „környezeti polgárrá” nevelés, és ezen belül a fenntartható fejlődés (felelősség a jövő generációkért), valamint a fenntartható fogyasztás érdekében szükséges ismeretek, magatartásminták, értékek és életviteli szokások megtanítása.³⁸³ Ez a pedagógiai gyakorlat kiterjed az emberi együttélésre, az ember-természet kapcsolatára, a testi-lelki egészségnevelésre, a társas készségek (pl.: konfliktuskezelés, döntés, együttműködés) fejlesztésére (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*).

„A környezeti nevelés célja a környezettudatos magatartás, a környezetért felelős életvitel elősegítése. Távlatból nézve a környezeti nevelés a természet – s benne az emberi társadalom – harmóniájának megőrzését, fenntartását célozza. Célja az épített és társadalmi környezet, az embert tisztelő szokásrendszer érzelmi, értelmi, esztétikai és erkölcsi megalapozása.” (Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia^{384,385})

A környezeti nevelés („environmental education”) lényege, tartalma:

- a diákok pozitív tapasztalatszerzése a természetben;
- környezet megismerésére törekvés, természeti jelenségek feltárása;
- csoportos részvételen alapuló élményszerzés.

A környezeti nevelés tartalmában a természettudományok túldimenzionálása jelenhet meg, bár a századfordulótól egyre inkább teret kap a művészeti nevelés is a környezeti nevelésen belül.

1.2. A környezeti nevelés lehetőségei

- **Multi- és interdiszciplináris.** Megjelenik a természet- és társadalomtudományok mindegyikében, és az egyes tudományok határterületeivel is foglalkozik. Ebből a jellemzőből adódóan vetődik fel időről időre az a kérdés, hogy tantárgyakba beépítve vagy önálló, esetleg szintetizáló tantárgyként kell-e a köznevelésben foglalkozni környezeti neveléssel. Előtérbe kerül a tantárgyi integráció kérdése is, hiszen ennek keretén belül jól megvalósítható az egyes tudományterületek összekapcsolása.
- **Rendszerszemléletre nevel.** Az egyes környezeti, társadalmi és gazdasági jelenségek, problémák összefüggenek egymással. A tanulókat képessé teszi arra, hogy az iskolai környezeti nevelés során elsajátított ismereteiket a napi életükben alkalmazni tudják.

³⁸¹ Kárász I., Kiss M., Szabó J. (2000): Környezeti nevelés szervezett iskolai és iskolán kívüli formái, közösségi és felnőtt nevelési programok. Környezet és társadalom, 3. modul, KLTE, JATE, Professzorok Háza, Budapest

³⁸² Breiting S. (1996): A környezeti nevelés új irányzatai, Új Pedagógiai Szemle, **10**, 73–81.

³⁸³ Havas P. (2001): A fenntarthatóság pedagógiai elemei, Új Pedagógiai Szemle, **10**, 3–15.

³⁸⁴ Vársárhelyi J. (szerk.) (2010): Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia, Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest

³⁸⁵ Czippán K. (2001): Kerettantervi segédlet a környezeti neveléshez, a könyvtárhasználatához és az egészségneveléshez, Konsept-H Könyvkiadó Kft., Budapest

- **Lokális és globális egyszerre.** A tanulók saját környezetében érzékelhető problémák megjelennek a világban, valamint saját tetteiknek következménye van vagy lehet, ha a dolgokat nagyobb léptékben vizsgáljuk. A helyi környezeti gondok mögött is legtöbbször globális társadalmi, gazdasági problémák húzódnak.
- **Analitikus és holisztikus ugyanakkor.** A világot és a felmerülő kérdéseket egyrészt részekre bontva, elemezve (mérések, modellalkotás, kísérletek) vizsgálja, miközben az egészet megbonthatatlan egységnek tekinti.
- **Folyamatos és élethossziglan tartó.** A tanulók környezeti nevelését meghatározza a szülők környezettudatos magatartása, és fordítva is igaz ez a hatás. Ehhez szükséges a felnőtt generáció környezeti nevelése is. Természetesen a gyerekkorban elkezdődött környezeti nevelés – ha közvetett módon is – felnőtt korban is folytatódik. Nagy szerepe van ebben például a médiának.
- **Értelmi és érzelmi nevelés is.** A következtetések levonásához egyrészt nélkülözhetetlen az objektív tények és adatok ismerete, másrészt azonban fontos az érzelmi reakció, hogy mit váltanak ki belőlünk, hogyan hatnak ránk az egyes jelenségek, tapasztalatok, megfigyelések. Az érzelmi nevelésnek jelentős szerepe van a tanulók motiválásában. Amit szeretünk, arra vigyázunk, azt óvjuk.
- **Az alternatív gondolkodás elsajátítása.** Az egyes környezeti kérdések megválaszolására több lehetőség áll fenn, de ki kell tudni választani a legjobb megoldást.
- **Aktuális és jövőbe tekintő egyszerre.** A jelen problémáit kell megoldani, de a döntések meghozatalánál erkölcsi kötelesség a jövő generáció érdekeinek figyelembevétele (fenntarthatóság pedagógiája).
- **A létminőség választása és a megfelelő viselkedési normák kialakítása.** Az emberek gondolkodásában és cselekedeteikben is vissza kell tükröződnie annak, hogy a környezet minősége határozza meg létminőségünket.

1.3. A környezeti nevelés színterei

- **Iskolán belül.** A tanórai környezeti nevelés minden tanár és diák számára adott lehetőség. Egy iskolai környezeti nevelési programnak kezdete lehet az összes tantárgyra kiterjedő, összehangolt környezeti nevelés. A nem hagyományos tanórai foglalkozások, illetve a tanórán kívüli környezeti nevelési programok közé tartozik például: a témanap és témahét, a jeles napok, a szakkör, az akciók, kiállítások és vetélkedők szervezése is.
- **Iskolán kívül.** Az iskolán kívüli környezeti nevelésre rövidebb és hosszabb időkeret áll a tanár rendelkezésére. A heti szakköri órarendbe jól beilleszthetők például a múzeumi és állatkerti órák, a rövidebb tájséták, terepgyakorlatok, valamint az üzemek és önkormányzatok meglátogatásai. Az éves iskolai programba kell beépíteni az erdei iskola, a többnapos terepgyakorlat és esetleg a környezeti neveléshez kapcsolható tanulmányi kirándulás szervezését. Fontos szerepe van az iskola életében a környezeti témákkal foglalkozó nyári táboroknak is.

1.4. A környezeti nevelés módszerei

A környezeti nevelés alapelveinek, célkitűzéseinek megvalósításához olyan módszereket (pl. problémamegoldó, tevékenykedtető, együttműködésre alapozott, (részletesebben lásd III. Oktatási módszerek) célszerű alkalmazni, amelyek a tanulókat képessé teszik arra, hogy felnőttkorukban környezettudatos, cselekvő állampolgárok legyenek, és az élet bármely területén hozott döntéseik a fenntartható fejlődéssel és fogyasztással összhangban legyenek.

Ezen a téren az ezredforduló tájékán előremutató változások indultak el a magyar közoktatásban. Az ismeretközlő, értelmi oktatás mellett teret nyert a kompetenciafejlesztő és érzelmi nevelés - oktatás. Sajnos a felsőoktatás, így a tanárképzés is, legalább egy évtizedes késéssel követte ezt a változást. Az oktatási szakemberek és a pedagógustársadalom feladata, hogy

ezeknek az egymást feltételező és kiegészítő folyamatoknak (nevelés és oktatás, ismeretközlés és készségfejlesztés) az egyensúlyát – a felnövekvő generáció érdekében – megtalálják. Az 1. táblázat a környezeti nevelés során fejlesztendő készségekből, alkalmazott tevékenységekből és módszerekből mutat be példákat. Minden készség többféle tevékenységi módszerrel fejleszthető.

1. táblázat. A környezeti nevelés során fejlesztendő készségek, kompetenciák, alkalmazott tevékenységek és módszerek

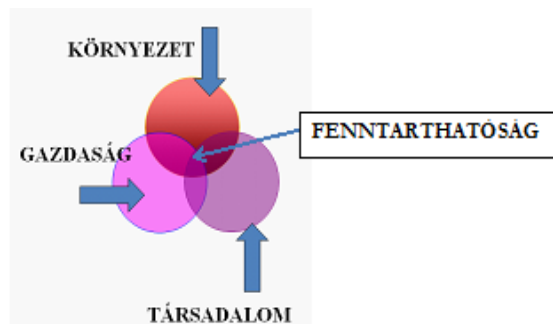
Fejlesztendő készségek, kompetenciák (példák)	Tevékenységek, módszertani javaslatok (példák)
problémamegoldás	önálló mérések, vizsgálatok, terepgyakorlatok, nyári táborok,
konfliktuskezelés	természet- és környezetvédelmi tevékenységek,
együttműködés	szituációs játékok, drámajátékok,
önálló ismeretszerzés	riportkészítés, kérdőív készítése,
elemzés	helyzetfelmérés (szociometriai vizsgálat), cikkelemzés,
megfigyelés	poszter készítése, házi dolgozat írása,
kommunikáció	tanulói előadások, internethasználat,
vita	modellkészítés, asszociációs feladatok,
előadói stb.	csoportmunka, önálló munka stb.

1.5. A fenntarthatóságra nevelés – a fenntarthatóság pedagógiája

A Környezet és Fejlődés ENSZ világbizottság, az ún. Brundtland bizottság (1984) által készített „Közös jövőnk” jelentés megfogalmazta, hogy „fenntartható az a fejlődés, amely a jelen generáció szükségleteit anélkül elégíti ki, hogy veszélyeztetné a jövő generációk esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.” A huszonekét tagú bizottságnak Láng István akadémikus személyében magyar tagja is volt. A 21. század elején gyökeresen új környezeti szemléletre van szükség ahhoz, hogy az élet minden területén érvényesüljön – a mindenki számára jobb életet biztosító, de a környezeti károkat is minimálisra csökkentő – fenntarthatóság elve. Ennek a szemléletnek a kialakításában meghatározó szerepük van a jövő generációt nevelő pedagógusoknak. Az ENSZ 57. ülésszaka 2002 decemberében a 2005 -2014 közötti időszakot a „Fenntartható fejlődést szolgáló oktatás évtizedének” nyilvánította, hangsúlyozva, hogy az oktatás nélkülözhetetlen eleme a fenntartható fejlődés elérésének. Az 5. Miniszteri Konferencia (Kijev, 2003) „Az európai környezetért” címmel nyilatkozatot jelentetett meg a fenntarthatóságra nevelésről. Ennek tartalma:

- Az oktatás a fenntartható fejlődés elérésének előfeltétele, egyben a demokrácia előmozdításának alapvető eszköze.
- A fenntarthatóságra nevelés abban segíthet, hogy jövőképünket a valóság nyelvére tudjuk lefordítani.
- A fenntarthatóságra nevelés – a fenntartható fejlődés érdekében – fejleszti és erősíti az egyéneket, a csoportokat, a közösségeket, a szervezeteket és az országok ítélelhozó és döntési képességét.”

A 21. század elejére egyértelművé vált, hogy a környezeti kérdésekkel szoros összefüggésben vannak a társadalmi és gazdasági kérdések. A fenntarthatóság akkor valósul meg, ha ez a három tényező összhangban van (2. ábra). A három terület közös halmaza adja a fenntarthatóságot.



2. ábra. A környezet, a társadalom és a gazdaság közös találkozási pontja eredményezi a fenntarthatóságot

A kétezres évek első felében a magyar nyelvű szakirodalom, valamint a Nemzeti alaptanterv (NAT) is leginkább a környezeti nevelés vagy a környezettudatosságra nevelés fogalmakat használja, de beleérti például a környezettudatos állampolgárok nevelését, a környezetkultúra alakítását. A környezeti nevelés eszközeivel a pedagógusok a fenntartható fejlődés érdekében szükséges magatartásformákra tanítják a diákokat. A tanulás, tanítás a fenntartható fejlődésért [Education for sustainability, (EFS)] pedagógiája azért jelentősen különbözik a hagyományos, a természetvédelemre és a környezeti problémák elhárítására koncentrálnó környezeti nevelés (EE) megközelítési módjától.

A tanulás, tanítás a fenntartható fejlődésért tartalmi elemei:

- komplex szociális-társadalmi-gazdasági összefüggésekre összpontosít;
- keresi a kapcsolatok mibenlétét a környezetminőség és az emberek közti boldogulási esélyek között;
- területe az emberi jogok, a békés egymás mellett élés természeti, politikai megalapozottsága, továbbá ezek etikai és gazdasági háttére.

Mindig is vitatott kérdés volt a fejlődés fogalmának értelmezése. Mi tekinthető fejlődésnek? Magát a fenntartható fejlődés fogalmát is sok esetben alkalmazzák olyan jelenségekre, folyamatokra, amelyekre ez nem áll. Ilyen téves megfogalmazások például:

- „fenntartható gazdasági növekedés”
- „az európai életszínvonal fenntarthatósága”
- „a fogyasztói világ fenntarthatósága” stb.

A tanulás, tanítás a fenntartható fejlődésért fogalom helyett a kétezres évek közepétől a fenntarthatóság pedagógiája fogalmat használjuk. A fenntarthatóság pedagógiájának és a környezeti nevelésnek a kapcsolatát a 3. ábra mutatja. Az ábráról leolvasható, hogy „a fenntarthatóság pedagógiája nem más, mint a környezeti nevelés kibővült tartalmi és fogalmi rendszerére épülő, a környezeti nevelést mintegy magába foglaló pedagógiai gyakorlat.”³⁸⁶ Más irányból megfogalmazva, a környezeti nevelés a fenntarthatóság pedagógiájának része (3. ábra).

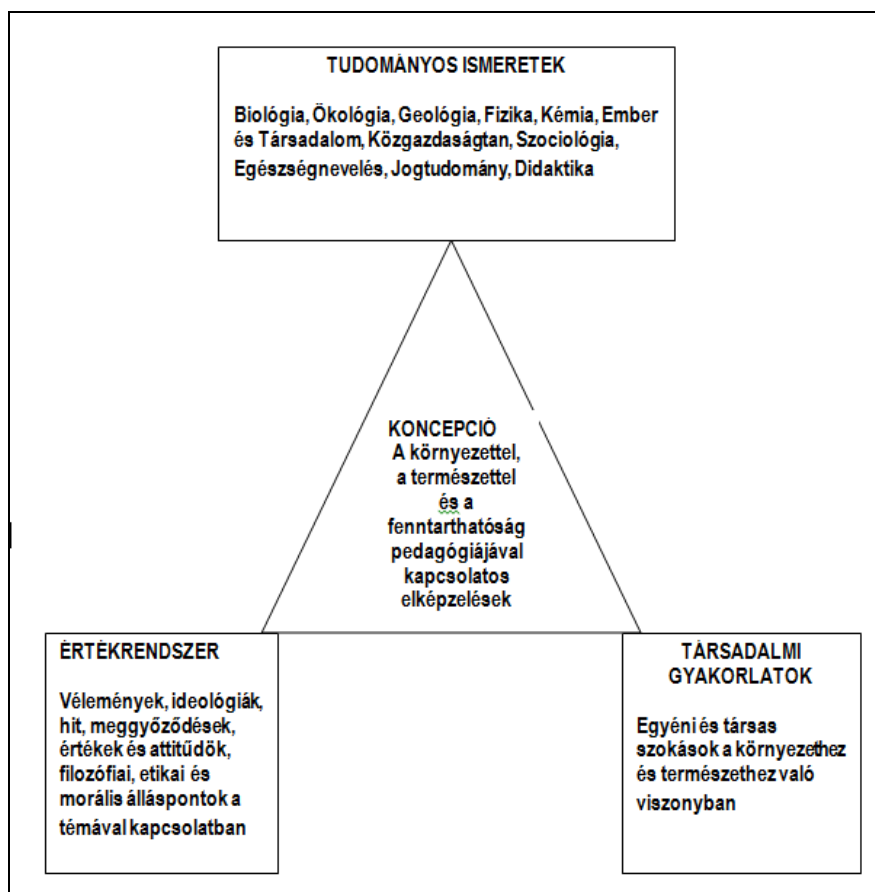
³⁸⁶ Vőcsei K., Varga A., Horváth D., Simoes de Carvalho, G. (2009): Pedagógusok és pedagógus jelöltek környezeti attitűdjei, in: Új pedagógiai szemle, ISSN 1215-1807, 2008. (58. évf.) 2. sz. 61-75. old., <http://www.ofi.hu/vocsei-katalin-varga-attila-horvath-daniel-graca-simoes-de-carvalho-pedagogusok-es-pedagogusjeloltek> (utolsó letöltés: 2015. 05. 15.)



3. ábra. A környezeti nevelés és a fenntarthatóság pedagógiájának kapcsolata

A fenntarthatóság megvalósulásához szükséges, hogy az oktatás-nevelés során a komplex társadalmi, gazdasági és környezeti összefüggések hangsúlyosan előkerüljenek, valamint elengedhetetlen, hogy a humán tárgyakban is jelen legyenek a környezettudatossággal és a fenntarthatósággal kapcsolatos felelősség kérdései.

A TÉT-konceptió^{387,388} a fenntarthatóság pedagógiája három fő komponense (tudományos ismeretek, értékrendszer, társadalmi gyakorlat) közötti összefüggést mutatja (4. ábra).



4. ábra. A fenntarthatóságra nevelés összetevői (TÉT-konceptió)

³⁸⁷ Clément, P. (2006): Didactic Transposition and KVP Model: Conceptions as Interactions between Scientific knowledge, Values and Social Practices. ESERA Summer School. IEC Univ. of Minho, Braga (Portugal), 9–18.

³⁸⁸ Vócsei K., Varga A., Horváth D., Simoes de Carvalho, G. (2008): Pedagógusok és pedagógus jelöltek környezeti attitűdjei, in: Új Pedagógiai Szemle, ISSN 1215-1807, 58 (2) 61-75., <http://www.ofi.hu/vocsei-katalin-varga-attila-horvath-daniel-graca-simoes-de-carvalho-pedagogusok-es-pedagogusjeloltek> (utolsó letöltés: 2015. 05. 15.)

A modell három pólusán az alábbi tényezők vannak:

T – tudományos ismeretek: különböző tantárgyakból származó tudományos háttértudás.

É – értékrendszer: mindazon tényezők, amelyek alapvetően meghatározzák az egyének döntéseit.

T – társadalmi gyakorlatok: egyéni és társas szokások, melyek összefüggésbe hozhatók a környezethez és természethez való viszonytal, valamint befolyásolják azokat, illetve ide tartoznak mindazon gyakorlatok, amelyek a használat/megőrzés kettősségére irányulnak. A tudományos alapú ismeretanyag (tankönyvekben, oktatásban) szorosan kötődik és támaszkodik a társadalmi szokás- és értékrendszerre.

Összegzés

A 21. század elején gyökeresen új környezeti szemléletre van szükség ahhoz, hogy az élet minden területén érvényesüljön – a mindenki számára jobb életet biztosító, de a környezeti károkat is minimálisra csökkentő – fenntarthatóság elve. Ennek a szemléletnek a kialakításában meghatározó szerepe van a jövő generációt nevelő pedagógusoknak.

„A Földet nem szüleinktől örököltük, hanem gyermekeinktől kaptuk kölcsön.” SITHU U THANT (1909–1974)³⁸⁹

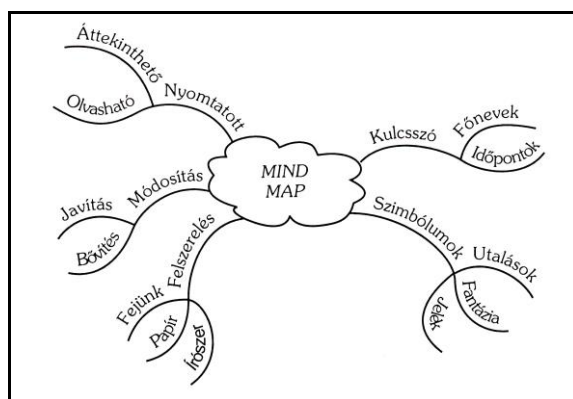
2. Néhány módszer a kémiatanítás keretében feldolgozandó környezeti témákhoz³⁹⁰

Ötletbörze

Minden tanuló írásban összegyűjti, hogy melyek azok a szavak, amelyek a víz témakörben eszébe jutnak. Követelményként meg lehet adni a rendelkezésre álló időt vagy a szavak számát. A közös megbeszélés során mindenki mond egy szót. A kört addig ismétljük, amíg minden összegyűjtött szó egyszer (ez fontos!) el nem hangzik. A diákok folyamatosan írják fel füzetükbe azokat a szavakat, amelyek nekik nem jutottak eszükbe. A későbbi felhasználás érdekében a tanár is írhatja a táblára. Ennek csak az a hátránya, hogy időigényes. Az ötletbörze során összegyűlt szavak adhatják például az asszociációs térkép alapját.

Az asszociációs térkép (gondolattérkép, „mind map”)

Az asszociációs térkép (vagy más néven gondolattérkép, (a készítését még lásd *III. Oktatási módszerek*) egy hálózat, amelynek közepén a téma, a kulcsszó (pl.: víz) áll. Ezt egy lap közepére írják fel a tanulók, és tetszőleges módon be is keretezik. Ebből a „körből” indulnak ki az elágazások, amiket főágaknak (pl.: szerkezet, készlet, szennyezés stb.) nevezünk. A főágak újra elágaznak. Ezek a mellékágak (pl.: típusa, ionok stb.), és így tovább. Az elágazások tetszőlegesen folytathatóak, később is kiegészíthetőek. A főág és mellékágai alkotják azokat az egységeket, amelyekből egy asszociációs térkép összetevődik (5. ábra).

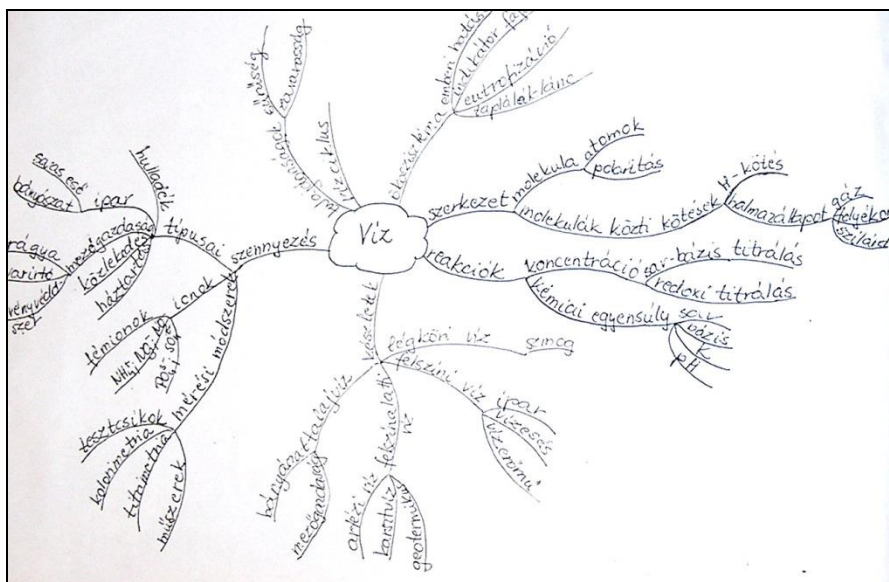


5. ábra. Az asszociációs térkép (gondolattérkép) készítésének szabályai

³⁸⁹ <http://slideplayer.hu/slide/1894655/> (utolsó letöltés: 2015. 07. 18.)

³⁹⁰ Chikán É., Fernengel A., Fodor E., Kéri A., Schróth Á., Szászné Heszlényi J. (2004): Környezeti nevelés a középiskolában, szerk.: Dr. Schróth Á., Trefort Kiadó, Budapest

- A középső szó felől kiindulva írjuk fel félkörívben a szavakat! Az adott szó hosszúságában „húzzunk” vonalat a szavak alá!
- Nyomtatott betűkkel írjunk! Így jobban olvasható lesz az ábra.
- Csak főneveket használjunk a tömörség és az áttekinthetőség érdekében!
- A szöveg mellett alkalmazhatunk jól érthető szimbólumokat, egyszerű rajzokat. Különböző színekkel ki lehet emelni az egyes területeket.
-



6. ábra. Egy elkészült asszociációs térkép

Hogyan készítsünk asszociációs térképet a víz témakörben? (6. ábra)

- Rajzoltassuk fel a tanulókkal a saját asszociációs térképüket! Ezzel a feladattal elérjük, hogy mindenki önállóan gondolkodik, nem a másik megoldására vár.
- Alakítsunk ki maximum 3-4 fős csoportokat, és ők is készítsék el a közös asszociációs térképüket!
- A legjobban sikerült ábrákat a táblára vagy az írásvetítőre felírva elemezzük együtt. Ha lehetőségünk van rá, akkor minden térképet névvel ellátva tegyük ki egy poszterrel!
- Amennyiben szükségét látjuk, mutassunk meg egy általunk előre elkészített teljes ábrát.

Az asszociációs térkép bővíthető és kicsi az eszközigénye (papír és is toll elegendő, bár szoftverek is letölthetők a gondolattérképek online megalkotásához (részletesebben lásd III. Oktatási módszerek). Készítése során az ismeretek felelevenítése és rendszerezése mellett több olyan készséget is fejlesztünk tanítványainkban, amelyekre aktív környezetvédő polgárokként szükségük lesz. Megtanítjuk diákjainkat arra, hogyan gyűjtsék össze és foglalják logikus rendszerbe gondolataikat, valamint hogyan rögzítsék adott formában terveiket. Rávilágítunk az összefüggések és kapcsolati rendszerek felismerésének fontosságára. A közös ábra elkészítése során szükségük van arra, hogy a csoportban társaikkal együttműködjenek, elérjék azt, hogy az ő gondolataik is megjelenjenek, de tiszteljék a többiek elképzelését is. A közös elemzések során arra mutathatunk rá, hogy többféle jó válasz születhet egy probléma, egy kérdés megoldására.

Adatok elemzése és kezelése

Napjainkban diákjainkat is az információk óriási mennyisége árasztja el. Nagyon fontos, hogy képesek legyenek ezeket értelmezni, és maguk is meglátni az összefüggéseket. A víz témakörben sok olyan számadat van, amely alkalmas ennek a készségnek a fejlesztésére. Kiváló

lehetőség nyílik arra is, hogy bizonyos számítástechnikai műveleteket (például: grafikon-, táblázat- és diagramkészítés) valós adatok felhasználásával tanítsunk meg a diákoknak. Így a tantárgyak közötti együttműködésre is lehetőségünk nyílik (részletesebben lásd *VIII. Infokommunikációs technológiák alkalmazása a kémiaoktatásban*).

Számolási feladatok

A víz témakör alkalmas arra, hogy konkrét számadatok ismeretében kiszámoltassuk a tanulóinkkal, hogy szokásaik megváltoztatásával mennyi vizet tudnak megtakarítani, és ez által a keletkező szennyvíz mennyiségét mennyivel tudják csökkenteni. Adatok alapján például kiszámoltathatjuk, hogy egy ember, egy ország mennyi vizet takaríthat meg évente a fent említett tevékenységek során. Így diákjaink konkrét értékek ismeretében győződhetnek meg arról, hogy egyetlen ember is milyen sokat tehet a környezet védelméért. Egyúttal pedig életközeli, releváns példákön gyakorolhatják a számítási feladatok megoldását (részletesebben lásd *VI. A kémiai számítások tanítása*).

Modellkísérletek

A szennyvíztisztítás első fázisát, a mechanikai szennyvíztisztítást modellező tanulói kísérletként végeztethetjük el a diákokkal.

- Első lépésben készítsünk „szennyvizet” úgy, hogy például homokot, étolajat és néhány papírdarabot keverünk el egy pohár vízben! Utána ezt a „szennyvizet” ülepítsük, dekantáljuk, majd szűrjük le!
- Készítsünk szappanoldatot! Hasonlítsuk össze a lágy, a kemény és a lágyított vízben a szappan habzását!
- Vizsgáljuk meg a madártoll szerkezetének változását az „olajszennyezés” hatására!
- Vizsgáljuk meg például egy gyufaszál „úszását” tiszta vízben és mosószeres vízben!

Összehasonlító elemzés

A levegőszennyezés egyik összetett formája a szmog. Az angol smoke (füst) és fog (köd) összevonásából származik. Magyar jelentése: füstköd (lásd bővebben³⁹¹). A 2. táblázat adatainak elemzése jó lehetőség az összehasonlításra.

2. táblázat. A kétféle szmog összehasonlító jellemzése (RÓZSAHEGYI és WAJAND nyomán³⁹²)

Ismérvek	Oxidáló típus (fotokémiai)	Redukáló típus
Hőmérséklet	25 – 35 °C	0 °C körül
Relatív páratartalom	70% alatt	80% fölött
Szélesebbesség	2 m/s alatt	2 m/s alatt
Leggyakoribb előfordulás	júniustól szeptember végéig	októbertől február végéig
Fő komponensek	O ₃ , NO _x , CO, C _n H _m , peroxi-acetil-nitrát (PAN)	SO ₂ , CO, CO ₂ , korom
Kémiai hatás	oxidáló	redukáló
Maximális koncentráció	délben	reggel, este
Elsődleges hatás	kötőhártya-irritáció	légzőszervi megbetegedés

Közvetett vizsgálat

A kén-dioxid-tartalom kimutatása közvetett módon, az ún. zuzmó skála alkalmazásával is lehetséges. A levegő kén-dioxid-tartalmára egyes növények és zuzmók jelenléte, illetve hiánya utalhat. Egy tájséta vagy nagyobb kirándulás alkalmával folyamatosan vizsgálhatják a diákok a

³⁹¹ Balázs K., „Levegőt!” című óraterv. Lásd Szalay L. (szerk.) (2015): „Óratervek a kémia és a környezetten oktatásához”, ELTE, Budapest, TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007

³⁹² Rózsahegyi M., Wajand J.: Kémia itt, kémia ott, kémia mindenhol, ELTE, Eötvös Kiadó, 2003

zuzmók jelenlétét vagy hiányát, és kapcsolatot kereshetnek a szennyező források és a zuzmók megjelenése között. A jelen levő zuzmók típusából a levegő kén-dioxid-koncentrációjára lehet következtetni.

A *porszennyeződés* mindennapjaink elkerülhetetlen kísérője. A poros levegőnek az egészségre káros hatásai is vannak. A porszennyeződés például gátolja a gázcserét, hatással van a párologtatásra, a fotoszintézisre és a légzésre. A porszennyeződést vizsgálhatjuk az ún. celluxmódszerrel. (A módszerek részletes leírását lásd SCHRÓTH és mtsi³⁹³.)

Szituációs játék

Középiskolában például az erdei iskola teljes időtartamán is végighúzódhat, keretet is adhat a programoknak egy szituációs játék. A szituációs játék célja, hogy a diákok megismerve egy konkrét esetet, szituációt, környezeti problémát, maguk vitassák meg a helyzetet, és hozzanak döntést. Fontos, hogy különböző nézőpontok ismeretében vitatkozzanak, és ezeknek a figyelembe vételével hozzanak döntést az adott helyzetről. A problémának lehet napi aktualitása (pl.: atombaleset, a globális felmelegedés, az üvegházhatás fokozódása stb.), a helyszín adta lehetőségként (pl.: a környék hulladékgazdálkodása, vízszennyezése, közlekedési helyzete stb.), valamint a tanulmányok során előkerült kérdésként is fontos lehet. A szerepek meghatározása, valamint a tanulóknak az egyes szerepekhez való rendelése mindig nagy körültekintést igényel.

Házi dolgozatok készítése

A házi dolgozatok készítésének egyik célja, hogy diákjaink megismerjék az önálló irodalmazás alapjait, gyakorolják gondolataik igényes, megszerkesztett formában történő megfogalmazását. Lényeges, hogy megfelelő időt (három-négy hét) adjunk a diákoknak a dolgozatok elkészítésére. A házi dolgozatok elkészítése és kiértékelése a tanár és a diák részéről is munkaigényes feladat, de nagyon sok olyan készséget fejleszthetünk vele, ami a későbbiek során diákjaink számára nélkülözhetetlen, és ugyanakkor fontos környezeti témákkal ismerkednek meg tanítványaink

Tanulói kiselőadás

A tanulói kiselőadás jelentősége azonos a házi dolgozatéval, de ebben az esetben az írásbeli megfogalmazás mellett a szóbeli pontosságot, igényességet is fejlesztjük. A diákok gyakorolják, hogy adott idő alatt, adott témában logikusan, összeszedetten beszéljenek. A szemléltetőeszközök használata mindig kihívást jelent számukra.

Projekt módszer

Mivel a környezeti nevelési programok jelentős része tanórán kívül, és hosszabb idő alatt valósul meg, így a projekt módszer az egyik legalkalmasabb a megvalósításukra. A szó maga tervet, tervezést, megtervezett munkát jelent. A módszer 60-70 éve létezik a hazai és nemzetközi oktatásban (részletesebben lásd *III. Oktatási módszerek*). A projekt módszer olyan tanulási egység, amely az egészből indul ki, és ehhez rendeli a részleteket, vagyis az általában megszokottak ellenkezője. A projektmódszerrel történő tanulás arra készíti a tanulókat, hogy összegezzék az egy-egy tantárgyban tanult ismereteiket, tudásukat az adott témával kapcsolatban. Vagyis az integrált megközelítést feltételezi. A módszer a tanulás folyamatát is megváltoztatja, hiszen serkenti a diákokat az önálló és a csoportokban történő feldolgozásra. Ez nagyobb felelősséget, alkalmazkodni tudást feltételez, mint a korábban megszokott hagyományos módszerek. Fontos, hogy a tanár és a diák a projekt egész ideje alatt partnerként, együtt vegyen részt a munkafolyamatban. A pedagógus szerepe a projekteknél az, hogy motiválja a tanulókat, ötleteket adjon munkájukhoz, figyelemmel kísérje és összefogja a csoportok tevékenységét, valamint ahol szükséges, segítsen, adott esetben korrigáljon. Miközben tanítjuk, vezettjük

³⁹³ Chikán É., Fernengel A., Fodor E., Kéri A., Schróth Á., Szászné Heszlényi J. (2004): Környezeti nevelés a középiskolában, szerk.: Dr. Schróth Á., Trefort Kiadó, Budapest

diákjaikat, saját szakmai ismereteink is gyarapodnak, és módszertani kultúránk fejlődik. Összességében megállapítható, hogy e módszer használatával új szintű tudás érhető el. Alkalmazható: tanórán, összefoglalásként, témanapon, témahéten, táborban, erdei iskolában.

3. Hazai és nemzetközi környezeti nevelési projektek, programok

A kilencvenes évek elejétől egyre több nemzetközi környezeti nevelés programba kapcsolódott be az ország. Ez egyrészt szorosan összefüggött azzal, hogy Magyarországon ezekben az években kerültek szóba nyilvánosan is az ország környezeti szennyezésének kérdései, másrészt ekkorra megerősödtek a környezeti neveléssel és a környezetvédelemmel foglalkozó civil szervezetek. Fontos tényező volt, hogy alapvetően megváltozott az iskolai nyelvoktatás is. Azzal, hogy a nemzetközi kapcsolatok a társadalom és a gazdaság minden területén nyitottabbá váltak, a környezeti nevelésben is kialakultak a két- és többoldalú együttműködések. Az ország bekapcsolódott a nemzetközi környezeti nevelési projektekbe, és a nemzetközi folyamatok, hatások a magyar környezeti nevelésben is érezhetőek lettek.

3.1. A projektek néhány nevelési hatása

- *Kitekintés az iskolából.*
A diákjaink saját tapasztalataik alapján meglátják, hogy a környezeti problémák megoldásának társadalmi és gazdasági vetülete is van. Megismerkednek az ország más területein, sőt más országokban élő fiatalokkal. Gyakorolják az idegen nyelveket.
- *Globális gondolkodás.*
Ezek a mérések lehetőséget adnak tanítványainknak annak megértésére, hogy vannak országhatároktól független, közös gondjaink, amiket csak más nemzetekkel összehangoltan, együtt tudunk megoldani. Ennek kapcsán jó alkalom kínálkozik arra, hogy a diákjaink maguk is megélik a „gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan” környezeti szemléletet.
- *Együttműködési készség.*
A diákjaink mindig nagyon lelkesen dolgoznak, amikor olyan feladatuk van, amit – tőlük távol, de mégis velük együtt – több ezer diáktársuk is ugyanabban az időpontban végez.
- *Aktivitás, cselekvőkészség.*
A projekt teljes ideje alatt tanulóink kreatívan dolgoznak együtt a tanárukkal és a csoportokon belül egymással is. A program által megszabott keretek között maguk is befolyásolhatják a méréseket, ezért minden megoldást eredeti munkaként élhetnek meg. A feladatokat csak úgy tudják elvégezni, ha az elméleti ismereteiket alkalmazzák a gyakorlatban, valamint összekapcsolják a különböző tantárgyak keretein belül megszerzett tudásukat.
- *Méréstechnika.*
A környezeti nevelési projektek során a kvantitatív meghatározásokhoz jól használhatók a gyorsesztek (részletesebben lásd *IV. Kémiai kísérletek és egyéb szemléltetési módok*). Minden mérésorozatban, természettudományos kísérletben az eredmények összevethetőségének, valamint az elvégzett mérések megismételhetőségének, értékelhetőségének az alapja a pontosság, a feladat előírásnak megfelelően történő kivitelezése. A diákjaink megtanulják rögzíteni, használni és értelmezni az adatokat, kezelni a táblázatokat. Mindeközben fejlődik informatikai tudásuk. Ennek a munkastílusnak a megismerése és elsajátítása során olyan készségekre tesznek szert a tanulók, amelyek segítik későbbi munkájukat.

3.2. Konkrét példák hazai és nemzetközi projektekre

Iskolai és diákprojektek során a gyorsesztek már a múlt század kilencvenes éveiben bebizonyították alkalmasságukat az ilyen vizsgálatokhoz [Blue Danube Project³⁹⁴, Savas Eső

³⁹⁴ River Empathy, The Blue Danube Projekt (1999), Primax Ltd, Bulgaria

Mérése Iskolai Mérőhálózattal (SEMI)^{395,396}, Air Pollution Project Europe³⁹⁷ stb.]. Néhány újabban megszervezett projektet pedig az alábbiakban sorolunk föl.

LENA (Lernraum Natur) – Tanulás a természetben

„Az Ausztria-Magyarország Határon Átnyúló Együttműködési Program keretében a környezeti nevelés terén megvalósuló projekt, amelynek során az osztrák és a magyar fiatalok testközelben érezhetik a természetet Bécs mellett és Obornak-Csömödér térségében. A környezeti nevelők bilaterális tapasztalatcseréje kiemelt szerepet kap. A kétoldalú, eseménydús, természeti élményt biztosító kültéri rendezvények sikeres lefolyása ösztönző impulzus a jövőre nézve.” A program keretében megvalósuló projektek, például: Ökovasút, Az erdő élménye, Zöld hét Bécsben, Zöld napok.³⁹⁸

A víz összeköt (Water Connects)

„Hogyan értik és értékelik a fiatalok a vízi ökoszisztémákat (ökológiai rendszereket)? Hogyan tudják kutatni, felfedezni és követni a vízi ökoszisztémák és a következők közötti viszonyokat és kapcsolatokat mint a

- a globális vízkörzés,
- a klíma és időjárási jelenségek egyensúlya,
- a természeti és kulturális táj (környezet) alakítása és megőrzése,
- az összes állat- és növényfaj élete,
- a minőségi ivóvízzel és élelemmel való ellátás,
- kikapcsolódási lehetőségek,
- tevékenységek kidolgozása?

Ezek azok a kérdések, melyekre mi magunk is generációk óta keressük a választ. A 2013/14-es tanév második félévében megpróbáltuk körbejárni ezeket a témákat a „WATER CONNECTS” azaz a „Víz Összeköt” projektben, amely a már hagyományos „BMW Tiszta Víz Verseny” nemzetközi projekt témáit viszi tovább. Célja a különböző vízi ökoszisztémák tanulmányozása, kutatása és a lehetőségek keresése állapotuk fenntartására és javítására. Az Ökoiskola program (Eco-School programme) is részt vesz a projektben mint partner, miközben a World Wide Fund for Nature (WWF, magyarul Természetvédelmi Világalap) nemzetközi környezetvédő szervezet szakmai és anyagi támogatást nyújt.³⁹⁹

A Carbon Detectives (Szén-dioxid Nyomozók) projekt

„Az Európai Unió által indított versenyképesség és innováció keretprogram (Competitiveness and Innovation Framework Programme) keretén belül 400, ún. Intelligens Energia projekt indult 2009-ben. Ezek egyike a Carbon Detectives projekt. Az intelligens energia programok az energiahatékonyság növelésére, az energia ésszerű és takarékos használatára és a megújuló energiaforrások minél szélesebb körű hasznosítására biztatnak. A projekt célja, hogy Európában az iskolákban a fenntarthatóságra nevelés terén nagyobb integráltságot érjen el. Fókusz az intelligens energiával kapcsolatos tudatosság növelése, az iskoláknak a klímaváltozáshoz való hozzájárulásának csökkentése.”⁴⁰⁰

Cetelem Zöldsuli Program

„A Cetelem Zöldsuli Program célja a környezettudatos gondolkodás erősítése az általános iskolás gyermekek, vagyis a jövő generációjának aktív bevonásával. A pályázat keretében nyújtott támogatás segítségével a hazai általános iskolák osztályai számára lehetőség nyílik az

³⁹⁵ Riedel M., Hobinka I. (1992): Iskolakultúra II 41

³⁹⁶ Hobinka I., Riedel M. (1993) Fizikai Szemle, LXIII 140

³⁹⁷ Az Európai Levegőtisztosítási Projekt tapasztalatainak összefoglalása 1992 – 1998 (1998), Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest

³⁹⁸ <http://le-na.eu/welcome> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

³⁹⁹ <http://mkne.hu/projektek.php?projekt=25> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

⁴⁰⁰ <http://www.carbondetectives.hu/>; <http://mkne.hu/projektek.php?projekt=12> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

erdei iskolákban, táborokban való részvételük finanszírozására. A pályázat alkalmat teremt az osztályok diákjainak arra, hogy az iskolapadokból kikerülve az erdei iskolákban valós természetismereti és környezetvédelmi tapasztalatokat és élményeket szerezhessenek. Az erdei iskolákban tanultak hatására a gyermekek sokkal környezettudatosabbá válnak, bolygónk iránti felelősségérzetük növekszik.”⁴⁰¹

PontVelem Okos Program

„A program a tudatos diákok és iskolák programja. A program okos, mert értékes nyereményekkel, játékos formában ösztönöz a szelektív hulladékgyűjtésre, a pénzügyi tudatosságra és a rászorulókat támogatására. A programban részt vevő diákok ez idáig használt elemeket, kisakkumulátorokat, illetve használt mobiltelefonokat és italos alu-dobozokat is gyűjthettek. 2014-ben startolt a BankVelem pénzügyi oktató, ismeretterjesztő program, ami szervesen ráépül a már eddig is futó szelektív gyűjtésre, pontgyűjtésre. A diákok a szelektív gyűjtés és játékos tanulás mellett rengeteg szórakoztató akcióban, játékban vehetnek részt, illetve a gyűjtött pontjaikból a „Segíts Velem – Adni jó!” kezdeményezés keretében támogathatnak kiemelt célokat.”⁴⁰²

REACH - vegyianyag projekt

„A ma forgalomban lévő mintegy 100 000 vegyi anyag túlnyomó többségéről nem tudjuk, milyen egészségügyi és környezeti hatásuk van hosszú távon. Szervezetünk nap mint nap több tízezer ismeretlen hatású vegyülettel érintkezik, és egy átlagos európai ember véréből akár 300 mesterséges vegyi anyag is kimutatható. Közben egyre többet hallunk arról, hogy korábban ártalmatlannak tartott anyagokról kiderül, hogy allergizáló, vagy éppen rákkeltő hatásúak. Kampányunk keretében minél több emberrel szeretnénk megismertetni a problémakört és az egyén lehetőségeit, hogy minimalizálja a veszélyes vegyi anyagok jelentette kockázatot. Célunk továbbá, hogy olyan új szabályozás szülessen, mely az élet minél több területéről valóban kiszorítja a kockázatot jelentő kemikáliákat. Projektünk egyszerre irányul az ártalomcsökkentésre és a szabályozás befolyásolása révén a megelőzésre is.”⁴⁰³

3.3. Hazai környezeti nevelési versenyek

Curie Környezetvédelmi Emlékverseny

„**A verseny célja:** A versenyzők irányítottan figyeljék meg, ismerjék meg környezetüket, vegyék észre a környezeti problémákat, a civilizáció ártalmait, keressék a megoldást. Alakítsák ki környezettudatos magatartásukat, legyen igényük a szép környezetre.”⁴⁰⁴

Kaán Károly országos természet- és környezetismereti verseny

„A verseny célja: A különböző iskolatípusban tanuló 5-6. osztályos gyerekeknek lehetőséget biztosítani környezetük önálló megfigyelésére, a terepmunka gyakorlására, a kutatómódszerek önálló alkalmazására, kiselőadásban mondanivalójuk kifejtésére. A verseny tartalma: A 4-5-6. évfolyamon feldolgozott tananyaghoz kapcsolódik. Természetismereti, környezetismereti, biológiai, földrajzi alapismeretek, vizsgálatok, kibővíti a lakóhelyi környezet élővilágának bemutatásával. Az ott végzett megfigyelésekkel, a verseny keretében szervezett terepgyakorlat tapasztalataival, a Fertő-Hanság Nemzeti Park és az Bükk Nemzeti Park alapvető ismeretével.”⁴⁰⁵

⁴⁰¹ <http://humusz.hu/hirek/cetelem-zoldsuli-program/20425> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

⁴⁰² <http://humusz.hu/hirek/folyamatosan-bovul-es-peldatlanul-sikeres-szelektiv-hulladekgyujtes-az-altalanos-iskolakban> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

⁴⁰³ <http://www.levego.hu/kampanyok/reach-vegyianyag-projekt> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

⁴⁰⁴ <http://www.curiealapitvany.hu/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

⁴⁰⁵ http://www.oec.hu/upload/html/2013-09/Ka%C3%A1n22%20VERSENYKI%C3%8DR%C3%81S_2014.pdf ; <http://kaankaroly.hu/styled-7/index.html> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

Sajó Károly Kárpát-medencei környezetvédelmi csapatverseny

„A verseny pedagógiai célja: több műveltségterületet átfogó komplex programként a Nemzeti alaptanterv I.1.1. Fejlesztési területek – nevelési célok/Fenntarthatóság, környezettudatosság kiemelt területéhez illeszkedve, a Nemzeti Tehetség Program célkitűzéseinek megvalósítását segíti elő.

A verseny céljai:

- A felelős, fenntartható fejlődés iránt elkötelezett rendszerszemléletű generáció nevelése;
- Komplex ökológiai szemlélet kialakítása;
- Kulcskompetenciák kialakítása, fejlesztése;
- A Kárpát-medencei helyi erőforrások, értékek megőrzése;
- Hazai és határon túli szakmai szervezetek közötti együttműködés fejlesztése, hálózatépítés, a magyar identitás megerősítése, a magyar nyelv ápolása, megőrzése.”⁴⁰⁶

A tanulmányi és projektversenyek teljesebb skálája található meg a *VII. Differenciált oktatás, felzárkóztatás, tehetséggondozás* fejezetben.

A Nemzeti alaptanterv (NAT) írja elő azt, hogy a kémia tananyag mely környezeti témákat tartalmazza (3. táblázat).

3. táblázat. Környezeti tartalmak a kémia tantárgyban⁴⁰⁷

Ember és Természet műveltségi terület		
Témák	Kémia (7.-8. évfolyam)	Kémia (9.-12. évfolyam)
Energetika		Atomenergia, kőolaj és földgáz, bioetanol
	Égési folyamatok, tökéletes és tökéletlen égés	A szén és oxidjai Az energiahordozók felhasználásának környezeti hatásai
Éghajlat		Az ózon előfordulása és hatásai
Ciklusok	A víz, mint vegyület, A víz, mint oldószer, Természetes vizek és szennyvizek.	A nagyobb biogeokémiai körfolyamatok kémiai alapjai
		A víz szerkezete, fizikai és kémiai tulajdonságai közötti összefüggések, Vizes oldatok kémhatása.
Hulladék	Műanyagok és felhasználásuk, műanyag hulladékok és gyűjtésük.	Műanyagok szerkezete, előállítása, a hulladékkezelés problémái.
Környezeti problémák	Víz- és levegőtisztaság a természetes vizek és a levegő kémiai összetételének ismeretében	A füstköd, az aeroszol, a füst és a köd fogalma. Teendők szmogriadó esetén
	A szennyező források és a megelőzés mindennap végrehajtható módjai, helyes szokások	A zöld kémia törekvései, jelentősége, alapelvei
	Környezetet terhelő és óvó folyamatok kémiai háttere	A mezőgazdasági és az ipari tevékenység környezeti hatásai
		Környezeti katasztrófák
Fenntarthatóság		A jelentkező környezeti problémák megoldását célzó egyéni és közösségi cselekvés lehetőségei, cselekvésvállalás

⁴⁰⁶ <http://www.korisonprofit.hu/2015-sajo-karoly-karpat-medencei-kornyeztvedelmi-csapatverseny/versenykiiras/> (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)

⁴⁰⁷ <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/MK12066.pdf> (utolsó letöltés: 2015. 06.15.)

Irodalom

- Breiting S. (1996): A környezeti nevelés új irányzatai, Új Pedagógiai Szemle, **10** 73–81.
- Clément, P. (2006): Didactic Transposition and KVP Model: Conceptions as Interactions between Scientific knowledge, Values and Social Practices. ESERA Summer School. IEC Univ. of Minho, Braga (Portugal), 9–18.
- Czippan K. (2001): Kerettantervi segédlet a környezeti neveléshez, a könyvtárhasználathoz és az egészségneveléshez, Konsept-H Könyvkiadó Kft., Budapest
- Falus I. (szerk.) (1998): Didaktika, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Havas P. (2001): A fenntarthatóság pedagógiai elemei, Új Pedagógiai Szemle, **10** 3–15.
- Kárász I., Kiss M., Szabó J. (2000): Környezeti nevelés szervezett iskolai és iskolán kívüli formái, közösségi és felnőtt nevelési programok. Környezet és társadalom, 3. modul, KLTE, JATE, Professzorok Háza, Budapest
- Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet, http://www.ofi.hu/sites/default/files/attachments/mk_nat_20121.pdf (utolsó letöltés: 2015. 06. 15.)
- Palmer, J., Neal, P. (1994): The Handbook of Environmental Education, Routledge, London
- Chikán É., Fernengel A., Fodor E., Kéri A., Schróth Á., Szászné Heszlényi J. (2004): Környezeti nevelés a középiskolában, szerk.: Dr. Schróth Á., Trefort Kiadó, Budapest
- Vásárhelyi J. (szerk.) (2010): Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia, Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest
- Vócsei K., Varga A., Horváth D., Simoes de Carvalho, G. (2009): Pedagógusok és pedagógus jelöltek környezeti attitűdjei, in: Új Pedagógiai Szemle, ISSN 1215-1807, **58**, (2) 61-75. <http://www.ofi.hu/vocsei-katalin-varga-attila-horvath-daniel-graca-simoes-de-carvalho-pedagogusok-es-pedagogusjeloltek> (utolsó letöltés: 2015. 05. 15.)

XI. ELLENŐRZÉS, ÉRTÉKELÉS, MÉRÉS

Csenki József

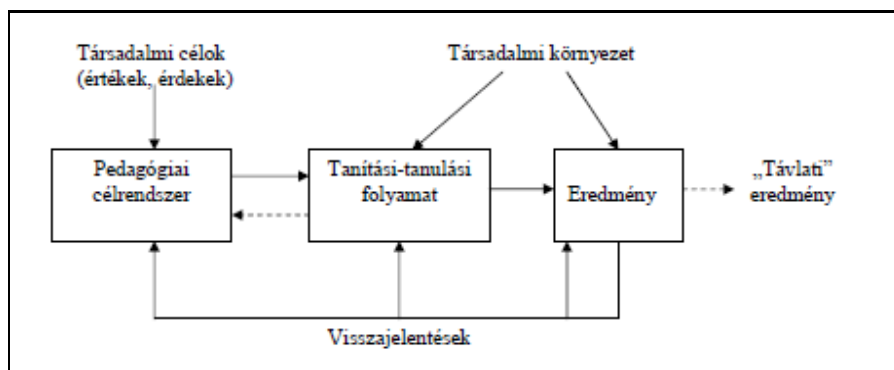
Tartalom

1. Az értékelés fogalma, szintjei, funkciói
2. Ellenőrzés – értékelés – mérés
3. Az értékelés folyamata, formái, viszonyítási alapja
4. Méréselméleti alapok
5. Tananyagelemzés, követelménystruktúra
6. Feladatírás, feladattipológia
 - 6.1. Feleletválasztó feladatok
 - 6.2. Feleletalkotó feladatok
7. Hazai és nemzetközi mérések a természettudományos tantárgyakból
8. A kétszintű kémia érettségi

Irodalom

1. Az értékelés fogalma, szintjei, funkciói

A pedagógiai értékelés meghatározására többféle definíció is született. A legkorábbi felfogás szerint az értékelés a pedagógus felől a tanuló irányába adott minősítő információ. Ha ezt a „legősibb” meghatározást elemezzük, máris felvetődik egyik hiányossága: a pedagógus a tanulót a tanuló által nyújtott teljesítmény alapján értékeli, tehát gyakorlatilag a tanulóról – a pedagógus közvetítésével – a tanulóra irányuló információról van szó. Továbbgondolva a témát felmerül a kérdés, hogy az értékelés valóban csak a tanulót értékeli-e? Nem ad-e információt a tanítás minőségéről, esetleg a tanítás céljainak megfelelőségéről? Többek között ezen felmerült kérdések vezettek a tanítás-tanulás rendszerszintű modelljének megalkotásáig és benne az értékelés szerepének megállapításáig.



1. ábra. A tanítás-tanulás rendszerszemléletű modellje (BÁTHORY nyomán)

Az 1. ábra részletes elemzése meghaladja e fejezet kereteit. Ami azonban az értékelés tárgykörébe tartozik, jól látható az ábrán: az értékelés gyakorlatilag a visszajelentések rendszereként fogható fel. A pedagógiai értékeléssel foglalkozó szakemberek körében általánosan elfogadott meghatározás szerint a pedagógiai értékelés „a pedagógiai információk szervezett és differenciált visszajelentésének elmélete és gyakorlata” (BÁTHORY, 1997.)⁴⁰⁸. A fentiekből kirajzolódik a pedagógiai értékelés alapstruktúrája, mely szerint az értékelés egyrészt a tanulóra, másrészt a tanítási-tanulási folyamatra, harmadrészt pedig a teljes pedagógiai célrendszerre

⁴⁰⁸ Báthory Z. (1997): Tanulók, iskolák, különbségek. Okker, Budapest, 224.

(tantervek szintjei, tanmenetek, tematikus tervek, óratervek, valamint a kimenet felől például az érettségi vizsgakövetelmények) irányuló tevékenység.

Az értékelés céljait és feladatait annak időpontja függvényében NAGY JÓZSEF (1990) a következőképpen foglalta össze (1. táblázat).

1. táblázat. Az értékelés céljai és feladatai

AZ ÉRTÉKELÉS			
IDEJE Mikor értékelünk?	TÁRGYA Mit értékelünk?	CÉLJA Miért értékelünk?	
		MINŐSÍTÉS	DIAGNÓZIS
A tanulási-tanítási folyamat ELŐTT	TANULÓT, TANULÁST	felvételi, csoportba soroló értékelés	előteszt pl.: felzárkóztatáshoz
	PEDAGÓGUST, NEVELÉST	tanár- vagy módszerválasztás	felkészülés, folyamattervezés
	CÉLT, TARTALMAT	bevezetés előtti minősítés	bevezetés előtti diagnózis
A tanulási-tanítási folyamat KÖZBEN	TANULÓT, TANULÁST	felelet osztályozása, piros/fekete pont stb.	segítő (formatív) értékelés
	PEDAGÓGUST, NEVELÉST	minősítés óralátogatás alapján	önadaptálás
	CÉLT, TARTALMAT	cél/tartalom minősítés	cél/tartalom adaptálás
A tanulási-tanítási folyamat UTÁN	TANULÓT, TANULÁST	hagyományos vizsga, szummatív értékelés	elemző vizsga, elemző értékelés
	PEDAGÓGUST, NEVELÉST	globális minősítés	öndiagnózis innovációs vizsga
	CÉLT, TARTALMAT	cél/tanterv minősítő értékelése	céldiagnózis tantervfejlesztés

Az értékelési tevékenység több szinten valósul meg. Ezen szinteket az határozza meg, hogy az értékelési folyamat során ki végzi az értékelést és az értékelés kire, illetve mire irányul. Ezek alapján a tanulók, illetve a tanítási-tanulási folyamat értékelése része a szaktanár mindennapos pedagógiai gyakorlatának. Egy osztály értékelése általában az osztályban tanító pedagógusok, illetve a tantestület kompetenciája. Az iskola értékelése történhet a tantestület, illetve az intézményvezetés által, esetleg külső vélemények (szülők, diákönkormányzat stb.) bevonásával, ekkor intézményi önértékelésről beszélünk, amely alapvetően belső értékelés. Előfordulhat azonban, hogy az iskolát annak fenntartója (általában szakértők bevonásával) értékeli, ekkor külső értékelésről van szó. Egy adott tantárgy valamint a neveltségi kérdések helyzetének értékelését egy-egy településen, régióban szaktanácsadók, szakértők, kutatók végzik. Az egyes műveltségi területek, illetve készségek, képességek fejlettségének országos helyzetét szakértői csoportok, kutatók értékelik (lásd: országos kompetenciamérés rendszere), míg ezek nemzetközi vizsgálata (pl. *Programme for International Student Assessment*, PISA) nemzetközi projektek keretében működő kutatócsoportok végzik annak érdekében, hogy az ország oktatási rendszerének helyzetét, eredményességét meghatározzák.

A továbbiakban röviden a tanulói, illetve a tanítási-tanulási folyamat értékeléséről esik szó, mivel a célrendszer, illetve az oktatási tartalmak értékelése leginkább szakértői feladat, de semmiképpen sem a kezdő szaktanár feladata.

A tanulók értékelése, a tanulóról általában a pedagógus közvetítésével a tanulóra irányuló minősítő információ. Mindemellett a tanulói önértékelésnek valamint a tanulóknak a tanulók által történő értékelésének (például egy csoportos feladat során a csoporttagok munkájának egymás közötti értékelésének) fontos személyiségfejlesztő, a reális énképet és önismeretet, illetve a szociális kompetenciákat fejlesztő hatása is van. A tanulói értékelés során is több funkció köthető az értékeléshez. Az első az értékelés motiváló funkciója. Ezen funkció teljesülése részben a tanuló személyiségétől, kognitív (értelmi) stílusától függ. A tanulás iránt motivált, mezőfűggetlen – a környezet visszajelzéseit kevésbé figyelembe vevő – tanulók esetében az értékelés motiváló hatása gyakorlatilag nem jelenik meg. Önmagára a tanulási tevékenységre kevésbé motivált, illetve

mezőfűgő tanulók esetében az értékelés motiválhatja a tanulót, de kedvét is szegheti. Az egysíkú, a csupán feleletekre, röpdolgozatokra, témazáró dolgozatokra épülő értékelési módszer szocializálja, hozzászoktatja a tanulót a tanár értékelési gyakorlatához, kiszámíthatóvá, unalmasá teszi az értékelés mozzanatait, így a motiváltság csak sokféle értékelési technika változatos alkalmazásával tartható fenn. A tanulók egy részénél az értékelés debilizáló (gátló, teljesítményt rontó) szorongás forrása lehet, amely elvonja a figyelmet a feladatról, s a tanácsstalanság, alkalmatlanság érzését keltheti, így gyenge teljesítményt eredményezhet. Ez esetben nem a teljesítményt, hanem a szorongás mértékét mérjük. Ezt a jelenséget szintén a sokféle értékelési módszer alkalmazása segít csökkenteni.

Ilyen módszerek lehetnek az előzőekben említett csoportos feladatok, a csoporttagok egymást értékelő tevékenységével, kiselőadások, projektek bemutatása, amelyeket a projektben részt nem vevő tanulók értékelnek. Lehetőséget kell adni a tanulóknak a tananyaghoz kapcsolódó kiselőadások, érdekességek gyűjtésére és előadására, amelyet szintén értékelünk (lásd III. Oktatási módszerek). Adható olyan kreativitást igénylő feladat is, amely látszólag távol áll magától a szaktudománytól, de annak törvényszerűségeit használja fel egy másféle probléma, kérdéskör elemzéséhez (például fogalmazás íratása „a Le Chatelier–Braun-elv érvényesülése társadalmi, gazdasági folyamatokban” címmel). Itt említhető meg, hogy a rendszeresen negatív értékelés a tanuló motivációját csökkenti, kialakul a pszichológiából ismert tanult tehetetlenség: „ha úgys mindig rossz eredményt érek el, miért tanuljak?”.

E ponton felmerül a kérdés: szükség van-e egyáltalán a tanulói teljesítmények értékelésére? Erre a kérdésre ad választ HURLOCK 1925-ben elvégzett kísérlete⁴⁰⁹, amely azonos összetételű, azonos módszerrel tanított csoportok motivációját vizsgálta, kísérleti változóként az értékelési módszer bevonásával. A kísérlet tapasztalatai azt mutatták, hogy a buzdító, elismerő, pozitív tartalmú értékelés egyértelműen növelte a tanulócsoprt motivációját. Jóval kevésbé voltak motiváltak a hibákat felróó, büntető hangnemben értékelt csoport tagjai, míg a legkevésbé motivált csoport az volt, amelyik semmilyen visszajelzést nem kapott teljesítményéről, vagyis még az elmarasztaló értékelés is hatékonyabb, mint a semmilyen.

Az értékelési funkcióknak hagyományosan három alaptípusát különítjük el: diagnosztikus (tényfeltáró), formatív (segítő, fejlesztő) és szummatív (összegző, lezáró, szelektáló) értékelést. Az itt felsorolt sorrend egyben megadja az egyes értékelési funkcióknak a tanítás-tanulási folyamatban betöltött időrendi sorrendjét is.

Diagnosztikus értékelést⁴¹⁰ valamely folyamatot megelőzően, helyzetfeltáró céllal végzünk. A helyzetfeltárás irányulhat az előzetes tudás feltérképezésére, ennek alapján megfelelő csoport, illetve módszer kiválasztására. Diagnosztikus értékelés végezhető valamely tanulási probléma felmerülésekor a probléma okának feltárására, vagyis ennek elsődleges célja a pedagógiai döntések előkészítése. A diagnosztikus értékelés tárgya lehet valamely kognitív (értelmi), affektív (érzelmi), pszichomotoros terület; fizikális, pszichológiai vagy környezeti tényező. Diagnosztikus mérés a vizsgálni kívánt terület teljes körű feltárásával készült, a vizsgált terület egészét feladatokkal lefedő és szntenderdizált⁴¹¹ mérőeszközzel és az ahhoz kapcsolódó értékelési, értelmezési eszközökkel (úgynevezett diagnosztikus térképázslattal⁴¹²) lehetséges. Mivel egy valódi diagnosztikus mérőeszköz-rendszer összeállítása többéves kutatói-fejlesztői munka eredménye, ezért az ilyen eszközök készítése nem tartozik a gyakorló pedagógus mindennapi feladatai közé, szakszerű

⁴⁰⁹ Hurlock, E. (1925): An Evaluation of Certain Incentive Used in Schoolwork, J. of Educational Psychology, XVI.

⁴¹⁰ A témával kapcsolatban részletesebben lásd: Vidákovich T. (2000): Diagnosztikus tudásszint- és képességvizsgálatok, in: Csapó B., Vidákovich T. (szerk.) Neveléstudomány az ezredfordulón 314-327. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

⁴¹¹ Sztenderdizálás: olyan statisztikai eljárás, amely az értékelőeszköz kipróbálásában részt vevők (minta – lásd XII. A kémiaoktatás kutatásának alapjai) eredményei alapján becslő az alapsokaság (populáció) teljesítményét és így összehasonlíthatóvá teszi az egyén teljesítményét a populáció átlagával.

⁴¹² A vizsgált terület jellemzőit részletesen, több szempontból leíró információrendszer, amely megadja a diagnosztikus elemzéshez szükséges mutatók kiszámítási módját és szerkezetét.

alkalmazásuk azonban kívánatos. Tantárgyi diagnosztikus mérőeszközök ma még csak igen korlátozottan állnak rendelkezésre. Úttörő kezdeményezésként a Szegedi Tudományegyetemen működő, a Magyar Tudományos Akadémia Képességfejlesztés Kutatócsoportja az elmúlt években olyan mérőeszköz-fejlesztésbe kezdett, amelynek célja a fenti kritériumoknak megfelelő és a diagnózis felállítása mellett szummatív funkcióval is bíró tesztrendszerek kidolgozása több tantárgyból, köztük kémiából is⁴¹³, bár ennek fejlesztése megtorpant.

A formatív értékelés célja a visszacsatolás a tanulóhoz (és a tanárhoz), a hibák azonosítása a tananyagon belül, a javítási módok kialakítása végett, vagyis **a tanulás tanítás folyamatában fejlesztő szerepű**. Funkciójából következően folyamatos, hibaorientált, ugyanakkor türelmes, megengedő. Alkalmazása során a tanulóknak megadatik a hibázás lehetősége. Tárgya minden esetben kognitív területekre terjed ki. Eszközei a feladatlapok, röpdolgozat, felelet – akár jegy nélkül, „pontokkal” értékelve. A tanuló saját magát is javíthatja. Tulajdonképpen formatív értékelést végzünk akkor is, amikor egy tanári kérdésre érkezett jó választ elismerő szavakkal, egy mosollyal jutalmazunk, vagy egy jól megfogalmazott tanulói kérdést megdicsérünk.

A szummatív értékelés funkciója a **minősítés, lezárás, szelektálás**. E funkciójából következően szigorúnak és objektívnek kell lennie. Jellemzően az **oktatási szakasz végén** kerül alkalmazásra. Tárgya általában valamely kognitív terület, de a tantárgytól függően esetleg pszichomotoros vagy affektív szférák értékelésére is sor kerülhet. Jellemző eszközei a témazáró dolgozatok (ha sztenderdizáltak, diagnózis felállítására is alkalmasak), vizsgák.

2. Ellenőrzés – értékelés – mérés

Ezek a fogalmak, bár a tanulási-tanítási folyamatban szorosan összetartoznak, mégsem kezelhetők szinonimaként. Az ellenőrzés nem azonos az értékeléssel, de annak egyik részfolyamata, előzménye. Az ellenőrzésnek nincs feltétlenül visszacsatoló szerepe, általában rövidtávú hatása van, és gyakori vele kapcsolatban az öncélúvá válás veszélye. Tekintsük például a házi feladatot! Ha azt vizsgáljuk, hogy a házi feladat elkészült-e, ellenőrzést végzünk. Ilyenkor általában a házi feladat hiányát tesszük szóvá (ami már egyfajta értékelési mozzanat), a többi tanuló nem kap visszajelzést. Ha a házi feladat minőségét is vizsgáljuk, az esetleges hibákat javítjuk, a jó megoldásokat nyugtázzuk, már értékelést végeztünk.

Mérés esetén a vizsgálandó dolgokhoz számokat rendelünk, vagyis a mérőeszközön rögzített skálát hozzámérjük a vizsgálandó tulajdonsághoz. Például egy tudásmérő teszt kérdései esetében a jó válaszhoz az 1 értéket, hibás válaszhoz a 0 értéket. Természetesen a pedagógiában más dolgok méréséhez (például a kémia tantárgy kedveltségének 10-es skálán való értékeléséhez, vagy a tantárgyak kedveltség szerinti sorba rendezéséhez) más értékek is rendelkezhetők⁴¹⁴. Mérések esetében feltétlenül szem előtt kell tartani, hogy az eredmények elemzésében a számoknak csak azon tulajdonságait szabad felhasználni, amelyekkel azok a dolgok is rendelkeznek, amelyet a számok jelölnek (lásd XII. A kémiaoktatás kutatásának alapjai). Természetesen pedagógiai jelenségek értékelésekor nem minden jelenséget lehet számszerű adatokkal jellemezni. Ez egyben azt is jelenti, hogy a mérés szintén nem egyenlő az értékeléssel, bár annak érvényességét, objektivitását és megbízhatóságát (lásd később) javítja. Ugyanakkor az értékelés során a mérési eszközök mellett minden esetben szükség van humanisztikus, a személyiség és a környezet egészét figyelembe vevő eljárások alkalmazására is.

⁴¹³ Vidákovich T. (2004): Kimeneti szabályozás, standardizált értékelés, feladatbankok, tesztbankok, előadás az OKI *Minőség – eredményesség – hatékonyság* címmel rendezett konferenciáján <http://www.oki.hu/oldal.php?tipus=cikk&kod=minoseg-tobbek-5vitaforum> (utolsó letöltés: 2015. 01. 10.)

⁴¹⁴ Ezzel kapcsolatban lásd XII. A kémiaoktatás kutatásának alapjai fejezetet. Az ott leírtak alapján a tudásmérő teszt feladatelemeire adott pontszámok intervallumskálát, a tantárgy kedveltségére vonatkozó kérdések rangskálát alkotnak.

Ennek alátámasztására nézzük a következő – gyakorlatból vett – példát. Két tanuló félévkor szerzett érdemjegyeinek átlaga 3,5. Milyen osztályzatot kapjon a két tanuló? Van-e különbség a két tanuló között? Ezt csak a tanulási-tanítási folyamat, a tanulók egyéni képességeinek, szorgalmának ismeretében tudjuk megmondani. Ha például az egyik tanuló valamilyen részképesség-zavarral (diszlexia, diszgráfia, Asperger-szindróma) küzd, míg a másik kifejezetten értelmes, de kevésbé szorgalmas, ez a tény már árnyalja a képet. Egyértelmű, hogy az előző tanuló sokkal nagyobb erőfeszítéseket tett a 3,5 átlageredmény eléréséhez, mint az utóbbi. Ebben az esetben humanisztikus értékelési eljárást is alkalmazunk, ha az előző tanulónak megadjuk a jó osztályzatot, míg az utóbbinak felajánljuk a javítási lehetőséget. Vagyis az értékelés során figyelembe vesszünk számadatokkal jellemezhető és azokkal nem leírható jelenségeket is.

A fentiek talán érzékeltetik, hogy a tanulók igazságos, objektív értékelése csak akkor valósítható meg, ha a pedagógus törekszik a minél változatosabb értékelési formák alkalmazására, a szóbeli és jelöléses (osztályzatokkal történő) értékelés egyensúlyára, az értékelési funkciók tudatos elkülönítésére. Mindemellett tudatában kell lennie annak, hogy az értékelés természetes, az emberi személyiségből fakadó velejárói azok az ellentmondások, amelyek fellelhetők a tanulók értékelésében. Ilyen például a tanári szubjektivizmus, amelynek leggyakoribb oka a naiv személyiségelméletekben rejlik (pl. „a jó gyerek okos is”). Hasonlóan torzíthatja az értékelést a holdudvarhatás (sok kiváló felelet után egy átlagos felelet nagyon gyengének, vagy több gyenge felelet után egy átlagos kifejezetten jónak tűnik), valamint a Pygmalion-effektus⁴¹⁵ (az előzetes elvárásoknak való megfelelés, önmagát beteljesítő jóslat). Ezzel kapcsolatban szükséges hangsúlyozni, hogy ezek a hatások annak ellenére jelen vannak, hogy a pedagógus külső szemlélőként olvasva úgy gondolja: ezek nála nem fordulhatnak elő. Mivel azonban ezek a sajátosságok az emberi személyiségből fakadnak, mindannyiunk esetében jelen vannak, ha pedig ennek tudatában vagyunk, hatásuk jelentősen csökkenthető.

3. Az értékelés folyamata, formái, viszonyítási alapja

Mint a korábbiakból kiderült, az értékelés nem önmagáért való részlete a tanulási-tanítási folyamatnak, hanem meghatározott célból végzett tevékenység. Ebből következően az értékelési folyamat az értékelés céljának megfogalmazásával kezdődik. A cél pontos meghatározása egyben orientálja az értékelő személyt az értékelési eszközök kiválasztására, valamint az értékelés eredményének (az értéklethez) a kialakítására is. Hiszen gondoljunk bele, hogy ugyanarról a jelenségről – például tanulmányi teljesítményről – más megfogalmazású értéklethez adunk a tanulónak, a szülőnek, az azonos szakos munkaközösség tagjainak, a nem azonos szakos intézményvezetőnek.

Az értékelés céljának meghatározása után már vállalkozhatunk az információgyűjtés eszközeinek, módszereinek kiválasztására, kialakítására. Az értékelési folyamat következő lépése maga az információgyűjtés, amelyet az információk elemzése, értelmezése követ. Ez után következik az értéklethez kialakítása, amely nem más, mint a megfelelő minősítés megfogalmazása, a döntés meghozatala (pl.: az eredmények ismeretében ezután a pH fogalmát úgy tanítom, hogy...).

Az *értékelés formáit* is két fő szempont szerint vizsgálhatjuk: egyrészt az *adatgyűjtés módja*, másrészt az *értéklethez formája* szerint. Az **adatgyűjtés módja** szerint megkülönböztetünk szóbeli, írásbeli adatgyűjtést (ide értve a kialakulóban lévő online tesztelés gyakorlatát), illetve az újabb technikák közül a projektet és a portfóliót. Ha a tanulók tantárgyi értékelésének körében maradunk, úgy a szóbeli és írásbeli adatgyűjtés nem más, mint a hagyományos felelet illetve a dolgozat, valamint a vizsga, amely e két módszert külön-külön vagy együttesen is tartalmazhatja. A projekt értékelésénél valamennyi, a projekt elvégzéséhez szükséges lépés (tervezés, módszerek

⁴¹⁵ Rosenthal, R., Jacobson, L. (1968): Pygmalion in the classroom: Teacher expectations and pupils' intellectual development, Holt és Rinehart-Winston, New York

megválasztása és kivitelezés, a projekt produktuma) külön-külön is értékelés tárgyát képezheti, majd ezek a részértékelések alakíthatják ki a teljes projekt értékelését. A portfólió esetében a tanulói teljesítményeket bemutató dokumentumok (tanulói munkák, füzetrészletek, dolgozatok, kiselőadások anyaga akár írott, akár elektronikus formában) gyűjteményéről van szó. Ezt a gyűjteményt alsóbb évfolyamokon akár a pedagógus is összeállíthatja, magasabb évfolyamokon viszont a tanulók feladata. Ennek gyakorlati megvalósítása lehet, hogy negyedévenként egy-egy nagyobb témát kapnak a tanulók, amely feldolgozásának dokumentumait, produktumait összegyűjtik, majd értékelik munkájukat, amelyben leírják, hogy mi volt számukra könnyű, érdekes, mi okozott nehézséget, mit tudtak illetve nem tudtak megvalósítani. Az értékelés a tanulóval közösen az egyes témák végén, majd a tanév végén, a portfóliók legjobb produktumaiból összeállított értékelési portfóliót készíthetnek. Ezek jól mutatják a tanév során a tanulók fejlődését is, látható, hogy egyre jobb színvonalú, kiforrottabb munkákat készítenek. A portfólió alapján történő értékelés több szempontú, így árnyalt értékelést tesz lehetővé a tanulói teljesítmények tekintetében.

Az előzőeken túl a kémia tantárgyban lehetőség van gyakorlati feladatok (kísérletek) elvégzésének értékelésére is. Ebben az esetben egyes pszichomotoros képességek, vagyis a fizikai mozgások és a mentális tevékenység kapcsolatának értékelése is történik. Ilyenkor azonban különösen nagy gondot kell fordítani a cselekvéssor elemekre bontására, a kísérlet elvégzésének, elemzésének, értelmezésének egymáshoz viszonyított súlyára. Ennek egy lehetséges módja megtalálható az érettségi vizsgaleírás szóbeli vizsgarészének szabályozásában⁴¹⁶. Azt azonban a szaktanárnak kell eldönteni, hogy a kísérlet elvégzését milyen részlépésekre bontja (pl. baleset-megelőzési szabályok betartása, borszeszegő meggyújtása, eszközök megfelelő használata stb.). Gyakorlati feladat értékelése során a kísérlet elvégzése, a tapasztalatok rögzítése és értelmezése egyseget kell, hogy alkosson.

Az **értéklet formája** szerint első közelítésben beszélhetünk kvalitatív és kvantitatív értékelésről. A kvalitatív (minőségi) értékelés – amelyet gyakran szöveges értékelésnek is neveznek – előnye, hogy árnyaltabb értékelést tesz lehetővé és magába foglalhatja a kvantitatív adatok értelmezését is⁴¹⁷. Hátránya, hogy öncélúvá, terjengőssé válhat, illetve a gyakorlatban elterjedt értékelő sablonmondatok alkalmazásával gyakorlatilag nem haladja meg a kvantitatív értékelés lehetőségeit. A kvantitatív (mennyiségi) értékelés esetében a vizsgált tulajdonsághoz (pl. attitűdhez, tanulmányi teljesítményhez) valamilyen skálán értelmezhető számértéket rendelünk. Előnye, hogy gyorsan kialakítható, az objektivitás érzetét kelti, a hagyományok alapján könnyen értelmezhető, míg hátránya, hogy kevésbé informatív. A kvantitatív értékelés esetében a skálák „érzékenysége” alapján három típust különböztethetünk meg.

A *megítélés* esetében kétfokú (dichotom) skálát alkalmazunk, amelynek értékei a „megfelelt” – „nem felelt meg” minősítések lehetnek. Ilyen értékeléssel találkozunk például a KRESZ-vizsga esetében, de ezt alkalmazzuk egy teszt feladatelemeinek értékelése során is (*lásd később*).

A *becslés* során a vizsgált tulajdonságot már többfokú skálán próbáljuk elhelyezni, azonban ebben az esetben a skála értékei nem pontosan definiáltak, nagyban függenek attól, hogy az értékelő mit gondol az egyes skálaértékekhez tartozó minőségekről. A magyar közoktatásban alkalmazott ötfokú osztályozási skála tipikusan becslési skála. Egy felelet esetében például a pedagógusnak van valamilyen előzetes, belső elképzelése arról, hogy milyen minőségű a jeles, jó stb. felelet. Ehhez a skálához méri a tanulói teljesítményt. Látható, hogy a skála pontjai nem rögzítettek, az osztályzat a belső elvárásoktól, esetlegesen egyéb körülményektől (a tanuló szorgalma, képességei) függ. Bár pontosabbnak tűnik a dolgozatok pontszámának átváltásával született osztályzat, azonban ennek megbízhatósága is megmarad a becslés szintjén, ugyanis a dolgozatok feladatainak összeállítása sok esetben tükrözi a szaktanár szakmai preferenciáit. Ez

⁴¹⁶ http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/erettsegi/vizsgakovetelmenyek2012/kemia_vl.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

⁴¹⁷ A kvalitatív értékelés értelmezése a szöveges értékeléshez képest bővebb, hiszen egy metakommunikatív visszajelzés, vagy egy tárgyjalalom szintén ebbe a kategóriába tartozik.

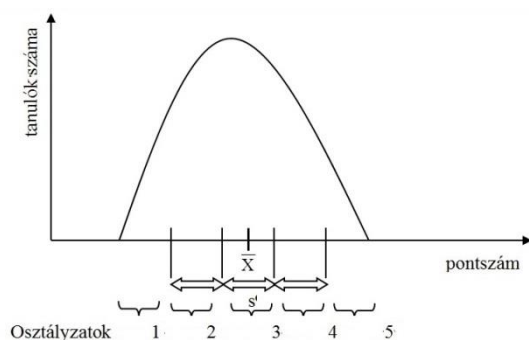
csökkenthető abban az esetben, ha a dolgozatírás során bemért mérőeszközt alkalmazunk, de ebben az esetben is a pontszámok jegyekké történő átváltása során jelentős információvesztéssel számolhatunk, hiszen nem állíthatjuk, hogy a jó osztályzat alsó és felső ponthatárát elérő tanuló teljesítménye azonos, pedig pusztán az értéklet alapján nem tudunk különbséget tenni a kétféle teljesítmény között.

A mérés pontosabb eredményt szolgáltat a becslésnél, mivel ebben az esetben egy mérőeszközzel előre rögzített skálához mérjük hozzá a vizsgált tulajdonságot (pl. tanulói teljesítményt). Ez feltételezi azt, hogy a méréshez olyan mérőeszközt alkalmazunk, amely tartalmazza azokat az elméleti paramétereket és statisztikai mutatókat, sztenderdek (átlag, szórás)⁴¹⁸, amelyek az egyes tanulók eredményeit hozzámérhetővé teszik a követelményekhez illetve a populáció átlagteljesítményéhez. Ebből következik, hogy a szaktanár által összeállított feladatlapok, témazáró dolgozatok – sőt a kereskedelmi forgalomban kapható témazáró feladatlapok többsége – sem ilyenek, így nem mérést, csak becslést tesznek lehetővé.

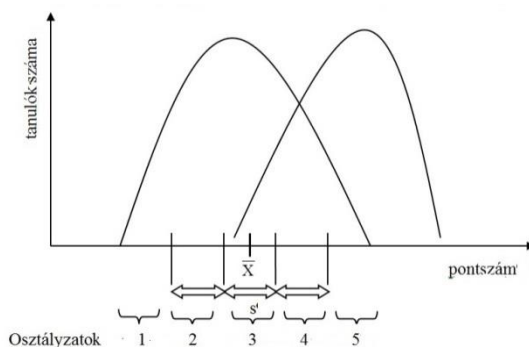
Bármilyen értékelést, mérést végzünk is, felmerül a kérdés, hogy az értékelni kívánt tulajdonságot, a kapott adatokat milyen kontextusban értelmezzük. Ezzel eljutottunk az értékelés viszonyítási alapjának kérdéséhez. A vizsgált tulajdonságot viszonyíthatjuk más személy vagy személyek ugyanezen tulajdonságához. Például egy tanuló tantárgyi teljesítményét, egy dolgozatának eredményét összehasonlíthatjuk a legjobb, vagy leggyengébb teljesítményt nyújtó tanuló eredményéhez, vagy a leggyakrabban alkalmazott módszer szerint az osztály teljesítményének átlagához, esetleg, ha megfelelő adat rendelkezésre áll, a teljes populáció számított átlagához (sztenderdhez). Az ilyen módszerrel végzett értékelést normaorientált értékelésnek nevezzük. A normaorientált értékelés belső szempontú, az értékelésben részt vevő tanulók teljesítményéből, közvetve pedig a tanítási-tanulási folyamatból, annak a tanulóra gyakorolt hatásából indul ki, hiszen a tanítási-tanulási folyamat eredménye a teljesítmény. Így azonban a normaorientált értékelés nem alkalmas a tanulási-tanítási folyamat értékelésére. Ebben az esetben a pontszám vagy az osztályzat nem mutatja meg, hogy milyen a tanuló teljesítményének abszolút minősége, milyen szinten sajátította el a követelményeket. A módszer abból a feltételezésből indul ki, hogy a csoportban a teljesítmények egy eloszlásfüggvénnyel jellemezhetők, meghatározható átlaggal és szórásértékkel. Egyrészt ez nem lehet az oktatás célja, hiszen arra törekszünk, hogy minél több tanuló lehetőleg maximális teljesítményt érjen el. (Ennek szélsőértéke az lenne, ha mindenki elérné a maximális pontszámot, így az eredmények nem szóródnának, ami a teljes statisztikai háttér összeomlásához vezetne.) Másrészt vizsgáljuk meg, hogyan alakulnának egy azonos dolgozaton két különböző képességű, teljesítményű osztály pontszámai és az arra kapott osztályzatok. Általánosan elfogadott átváltási mód az, hogy az átlagtól felfelé és lefelé 0,5-0,5 szórásnyi távolságban lévő pontszámintervallum a közepes, a közepes alsó határától egy szórásnyival lejjebb található pontszámok az elégséges, az ennél gyengébb pontszámok az elégtelen, míg a közepes felső határától egy szórásnyival felfelé lévő pontszámok a jó, az ennél magasabb pontszámok a jeles határt jelölik ki (2. ábra). Tételezzük fel, hogy két különböző képességű osztályban ugyanazt a témazáró dolgozatot íratjuk meg. A két osztály teljesítményének eloszlása a 3. ábrán látható. Az ábráról leolvasható, hogy normaorientált értékelést alkalmazva az egységesen jobb képességű csoportba járó tanulók ugyanazért a pontszámban kifejezett abszolút teljesítményért gyengébb osztályzatot kaphatnak, mint az alacsonyabb átlagteljesítményt nyújtó csoport tagjai.

A normaorientált értékelésnek előnye ugyanakkor, hogy az értékelő eszköz sokkal könnyebben elkészíthető (nem igényel pontos strukturális elemzést) és a tanulók versengését fokozza, ami a versengő személyiségű tanulóakra motiváló hatással lehet.

⁴¹⁸ Értelmezésüket lásd XII. A kémiaoktatás kutatásának alapjai fejezetben



2. ábra. Teljesítmények normál eloszlása és osztályzatokká váltása



3. ábra. A normaorientált értékelés viszonylagossága

A vizsgált tulajdonságot viszonyíthatjuk egy külső – a vizsgált személyektől független – szempontrendszerhez, például tantárgyi teljesítmény értékelése során a követelményekhez. Ebben az esetben kritériumorientált értékelésről beszélünk. A kritériumorientált értékelés kritériumai maguk a tantárgyi követelmények. Alkalmazásához nagyon pontos, részletes, műveletekre lebontott követelményrendszer szükséges, amelyek előre ismertek mind a pedagógus, mind pedig a tanulók számára⁴¹⁹. Kritériumorientált értékelés során annak megállapítása történik, hogy az adott követelményelemet a tanuló elsajátította-e, vagy sem. Ha a követelményrendszer és ennek alapján az értékelőeszköz megfelelő részletességgel kidolgozott, vagyis lefedi a követelményeket, úgy képet kaphatunk a tanuló „tudásstruktúrájáról”. Tehát a kritériumorientált értékelés alapja nem a tankönyv, nem a tanítási-tanulási folyamat, hanem maga a mindenki számára előzetesen megismerendő cél- és követelményrendszer. Így alkalmas különböző tankönyvek, módszerek összehasonlító elemzésére, a továbbhaladási feltételek meghatározására. Ennek az értékelési formának a matematikai-statisztikai háttere alapvetően különbözik a normaorientált értékelés során alkalmazott úgynevezett klasszikus tesztelméleti megközelítéstől. A matematikai háttér részletes bemutatását mellőzve, annak lényege abban fogalmazható meg, hogy egy kiválasztott követelménynek megfeleltetett feladatelemet egy adott képességű tanuló adott valószínűséggel old meg. Vagyis egy nehezebb feladatelemet egy jobb képességű tanuló nagyobb valószínűséggel old meg, mint egy gyengébb képességű tanuló míg a jobb képességű tanuló a könnyebb feladatelemet nagyobb valószínűséggel oldja meg. Ilyen módon azonos skálán ábrázolható a tanuló képességszintje és a feladat nehézsége. Az eljárás a modern tesztelmélet, valószínűségi tesztelmélet, Rasch-modell, illetve IRT (Item Response Theory) néven⁴²⁰ vonult be a pedagógiai

⁴¹⁹ Ez biztosítja az értékelés korrektségének elvét, és ez jelenik meg a mindenki számára hozzáférhető részletes érettségi követelményekben is:
http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/erettsegi/vizsgakövetelmények2012/kemia_vk.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

⁴²⁰ Molnár Gy. (2013): A Rasch-modell alkalmazási lehetőségei az empirikus kutatások gyakorlatában, Gondolat Kiadói Kör Kft., Budapest

szakirodalomba, illetve a kutatásba. Ezen tesztelméleti megközelítést alkalmazza a magyar közoktatási rendszerben működő Országos Kompetenciamérés is⁴²¹.

Az értékelés során viszonyítási alapnak tekinthetjük magukat az értékelt tanulókat is. Ez azt jelenti, hogy a tanulók saját képességeiknek megfelelő feladatsoron dolgoznak (míg a hagyományos tesztelés során mindenki ugyanazt a feladatsort oldja meg), így eredményük a saját képességük függvényében értelmezhető. Az értékelés ezen formáját adaptív tesztelésnek⁴²² nevezzük. Ez az értékelés teljes mértékben személyre szabott, matematikai háttérrel a valószínűségi tesztelmélet biztosítja. Elterjedése a számítógépek, számítógépes hálózatok oktatásban való megjelenésére vezethető vissza. Az ilyen rendszerek működési elve a következő: egy feladatbank nagy mintán, előre bemért, különböző nehézségparaméterekkel ellátott feladatokat tartalmaz. A tesztelni kívánt személy (tanuló) kap egy átlagos nehézségű feladatot. Ha azt sikerrel megoldja, nehezebbet, ha nem oldja meg, könnyebbet kap. (Természetesen mindezt a számítógép választja ki számára a feladatbankból, a válasz megadása és értékelése is online történik.) Mindezt az adott témakörben addig ismétlik, amíg a megoldott és nem megoldott feladatok nehézsége alapján jó közelítéssel becsülhető az illető képességparamétere. Az értékelés ezen formája még nem elterjedt, részben a technikai háttér elégtelensége, részben pedig a megfelelő nehézségi paraméterekkel ellátott feladatokat tartalmazó feladatbankok hiányában. Elmondható azonban, hogy a jövő útja mindenképpen ezen értékelési metódus elterjedése.

4. Méréselméleti alapok⁴²³

A pedagógiai mérések alaptézise, hogy a tanulóknál a környezet (nevelés, oktatás) hatására létrejött változás mérhető. A természettudományos mérések elméletéből tudjuk, hogy a mérés során kapott érték (M) a valódi érték (V) és a mérési hiba (H) összege, vagyis $M = V + H$. Azt is tudjuk, hogy a valódi érték gyakorlatilag nem ismerhető meg, így a mérések során a hiba értékét kell minimalizálni. Ismert, hogy a *mérési hiba* két komponensből tevődik össze: a *szisztematikus* (a mérési rendszerből adódó) és a *véletlen* (random) *hiba*. A társadalomtudományi mérések – és ilyenek a pedagógiai mérések is – során a szisztematikus hibát a mérés érvényességének (validitásának) kérdéseként, a random hibák mértékét a mérés megbízhatóságának (reliabilitásának) és objektivitásának kérdéseként értelmezzük. Vagyis a valódi értéket akkor közelítjük legjobban a mért értékkel, ha biztosítjuk a mérés objektivitását, validitását és reliabilitását. Csak ezen követelmények teljesülése esetén beszélhetünk mérésről.

*Objektivitás*on azt értjük, hogy a mérés eredménye nem függ az adatfelvétel körülményeitől (ki, mikor, hol vette fel az adatokat), az értékelő személyétől. Ezt biztosítja a sztenderdizált adatfelvétel valamint a részletesen kidolgozott értékelési útmutató. (Természetesen teljes egészében nem biztosítható egy pedagógiai mérés objektivitása. Az országos kompetenciamérés esetében az objektivitás leírt körülményei teljesülnek, de ha az egyik településen a mérés napján viharos idő és villámlás, egy mások településen kánikula van, ezen tényezők már nem azonosak az adatfelvételi objektivitás szempontjából, ugyanakkor hatással lehetnek a tanulói teljesítményekre.)

*Validitás*on⁴²⁴ (érvényességen) azt értjük, hogy a mérőeszköz a mérni kívánt tulajdonságot méri-e. Így például egy összegképlet felírását számon kérő feladat nem alkalmas a kötészerkezeti ismeretek megértésének vizsgálatára.

⁴²¹ Balázs I., Rábainé Szabó A., Szabó V., Szepesi I. (2005): A 2004-es Országos kompetenciamérés eredményei. Új Pedagógiai Szemle 55. évf. 12. sz. 3-21. o. <http://epa.oszk.hu/00000/00035/00098/2005-12-ta-Tobbek-2004.html> (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

⁴²² Az online adaptív teszteléssel kapcsolatban lásd: Csapó B., Molnár Gy., R. Tóth K. (2008): A papíralapú tesztektől az online adaptív tesztelésig. Iskolakultúra, 3-4. sz. 3-16.

⁴²³ A pedagógiai mérések során alkalmazott statisztikai eljárásokról lásd: Falus I., Ollé J. (2000): Statisztikai módszerek pedagógusok számára, Okker Kiadó, Budapest

⁴²⁴ A validitással kapcsolatban lásd *XII. A kémiaoktatás kutatásának alapjai* fejezetet.

A *reliabilitás* (megbízhatóság) azt mutatja meg, hogy mennyire mér jól a mérőeszköz, vagyis ha a mérést sokszor elvégezzük, akkor nagy valószínűséggel ugyanazt a mért értéket kapjuk. Természetesen például egy tudásszintet mérő teszt esetében nincs értelme ugyanazt a tesztet ugyanazzal a tanulócsoporttal megírni, ezért a megbízhatóság megállapítására matematikai statisztikai módszereket alkalmaznak, amelynek részleteit lásd XII. A kémiaoktatás kutatásának alapjai fejezetben.

Érdekes kapcsolat áll fenn a mérőeszköz reliabilitása és validitása között. Ha egy teszt reliabilitásmutatója magas, vagyis a teszt megbízható, még nem biztos, hogy érvényes is. A reliabilitásmutató ugyanis csak arról ad felvilágosítást, hogy a mérőeszköz valamit jól mér, de azt nem mutatja meg, hogy mit. Fordítva viszont nem áll fenn a kapcsolat: ha egy teszt nem érvényes, akkor megbízható sem lehet.

A mérések során cél a mérési hibák minimalizálása. Ezt nagymértékben elősegíti, ha a mérés célja fogalmilag tiszta, nem keverednek benne az értékelési funkciók. Maga a mérőeszköz megfelel a mérés céljának, tárgyának, a mérésmethodikai követelményeknek. Ezért mérőeszközzől valójában csak a hosszú fejlesztő munkával, többszöri kipróbálással készített eszközök esetében beszélhetünk. Különösen igaz ez a képességmérő tesztek esetében. A mérési hiba minimalizálását a mérés előkészítése, lebonyolítása valamint az egységesített javítás és adatfeldolgozás is jelentősen elősegíti.

A pedagógiai mérések során alkalmazott mérőeszköz a *teszt*. A teszt többféle pszichikus struktúrát (intelligencia, adottság, tudás, képesség) megfelelő skálán mér. A tudásszintet mérő tesztek között megkülönböztethetők a tanár által, általában szűk kör számára készített, a teszt minőségére vonatkozó statisztikai mutatókat nélkülöző, valamint sztenderdizált, mérési szakemberek által készített, bemért, elméleti és empirikus paraméterekkel ellátott eszközök⁴²⁵. A tesztek *feladatokból* állnak. Egy feladat általában több, önálló döntést és műveletet igénylő és így önállóan értékelhető feladatelemet (*itemet*) tartalmaz. Egy-egy item értékelése már csak kétféle lehet: jó megoldás esetén 1, hibás megoldás esetén 0 pont (lásd ezzel kapcsolatban a 6. alfejezetben leírtakat is). Az item pontértéke magasabb is lehet, fontosságának vagy nehézségének függvényében. Az item fontosságát szakértői konszenzussal (iskolán belül például a másik kémia szakos kollégával vagy a települési munkaközösség tagjaival – ha van – történő megbeszélés során), nehézségét a bemérés során, a százalékos megoldottságával becsülhetjük. Ezt a tevékenységet nevezzük *súlyozásnak*. Ennek során ajánlott, hogy az item pontértéke 5-nél ne legyen nagyobb. Így tehát egy, a szakértők által fontosabbnak ítélt, vagy a feladat kipróbálása során nehéznek mutatózó item egy pontnál magasabb pontszámú (pl. 2, 3, 4 vagy 5 pontos) is lehet. Ekkor azonban ügyelni kell arra, hogy – mivel az item a teszt legkisebb, önállóan értékelhető egysége – hibás megoldás során az itemre 0 pont, jó megoldás esetén az item súlyozott pontszáma adható. Vagyis egy ötpontos itemre semmiképpen nem adható például 2 vagy 3 pont, csak 0 vagy 5.

A pedagógus által készített feladatlapok elemzésére alkalmas módszer a feladatmátrix⁴²⁶ (2. táblázat). Ezek feladatelemenként tartalmazzák az egyes tanulóknak a feladatokon elért eredményeit és a tanuló feladatlapján elért összteljesítményét pontszámban, illetve százalékban, valamint az egyes feladatelemek százalékos megoldottságát. Előbbi a tanulói teljesítmények, utóbbi a feladatok – és így a tanulási-tanítási folyamat minőségéről szolgálat információt, hiszen egy alacsony átlagos megoldottságú item utalhat arra, hogy az általa vizsgálni kívánt tudáselem tanításának, tanulásának folyamata volt eredménytelen. (Utalhat persze az item hibájára is, ami

⁴²⁵ Csapó B. (2000): Tudásszintmérő tesztek. In: Falus I. (szerk.): Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 277-316.

⁴²⁶ Kiss M., Mezősi K., Pavlik O.-né, (1998): Értékelés a pedagógiában, Fővárosi Pedagógiai Intézet, Budapest. 39.

reliabilitási probléma. Ennek vizsgálatára érdemes az item és az összpontszám korrelációját⁴²⁷ vizsgálni. Hibásnak minősül az item, ha a vizsgálat azt mutatja, hogy az itemet rendre a gyengébb összteljesítményű tanulók oldották meg jól, míg a magas pontszámot elért tanulók rosszul.)

2. táblázat. A feladatmátrix szerkezete

Feladatelemek								
Tanulók	1.	2.	3.			<i>n.</i>	Összesen (A tanuló pontszáma)	(Összesen/ <i>n</i>)·×100 (A tanuló %-os teljesítménye)
A. B.								
X.Y.								
Összesen:								
(Összesen/létszám) ×100 (A feladatelem %-os megoldottsága)								

A fenti feladatmátrix egyponstos itemekre alkalmazható.

A sztenderdizált, diagnosztikus tesztek esetében a feldolgozás a mérőeszközhöz biztosított, annak struktúráját tükröző diagnosztikus térképábrák kitöltéséből és az abban megadott sztenderdekkel való összehasonlításból áll. Azonban a sztenderdizált mérőeszközök használatának is vannak korlátai. A mérőeszköz pontosságát ronthatja, ha a vizsgált minta összetétele nem egyezik meg a sztenderd populációval (azzal a populációval, amelyre a mérőeszközt sztenderdizálták), ha a sztenderdek elavultak (a sztenderdizálás túl régen történt), ha a tesztek ismertté válnak. Ezek kivédésére alkalmasak a nagyszámú egyenértékű tesztváltozatot tartalmazó tesztbankok, melyek a lehető legteljesebben lefedik a tudásanyagot.

A mérőeszközök készítésének általánosan elfogadott algoritmusa van. Első lépés a *tananyagelemzés*, amely részletesen feltárja a vizsgálni kívánt terület szerkezetét mind tartalmi, mind műveleti szempontból, vagyis taxonómiát készítenek (lásd az 5. alfejezetet). Ezt követi a tananyag elemeinek megfelelő *feladatok elkészítése*, vagy a feladatbankból a feladatok *kiválasztása*. A következő lépés a feladatokból a *teszt összeállítása*, vagyis a vizsgálni kívánt terület feladatokkal való – lehetőleg teljes – lefedése. Ennek során különösen törekedni kell arra, hogy azonos formájú (izomorf); egyenértékű (ekvivalens) feladatok, tesztek kerüljenek összeállításra, melyben a témakör nagyságától függően 2-4 tesztváltozat fedi le a tananyagot. A különböző tesztváltozatok elkészítése nem csak a tanulók „összedolgozásának” esélyét csökkenti (ami objektivitási kérdés), hanem a tesztrendszer validitását is biztosítja. Egy-egy témakör valamennyi tudáselemére ugyanis nem kérdezhetünk rá minden egyes tanuló esetében, mert ekkor az esetek többségében a teszt nagyon hosszú lenne (és a végén már esetleg nem is a tanuló tudását, hanem fáradtságának szintjét mérné). Ha viszont a tananyag egészét az említett 2-4 tesztváltozat fedi le, akkor a teszt egy tanóra alatt egy tanulóval kitölthető, és így a tananyag teljességének elsajátításáról kapunk képet, az egyes tanulók teljesítményének összehasonlítását pedig a tesztváltozatok ekvivalenciája biztosítja. A tesztváltozatok ekvivalenciájáról azonban csak a teszt kis mintán történő *kipróbálása* során lehet meggyőződni. Ez a próbamérés teszi lehetővé a teszt megbízhatóságának megállapítását, az egyes feladatok, itemek tesztelési szempontból vizsgált minőségének megítélését. Ha pedig a próbaméréskor kiválasztott minta reprezentálja (leképezi) a vizsgálni kívánt populációt, úgy alkalmas a sztenderdek kialakítására is. (Országosan reprezentatív mintához elegendő nagyjából 300 fő, megfelelő mintavételi eljárással kiválasztott tanulóval elvégezni a próbamérést.) A próbamérést követi a *teszt javítása*, az objektivitás, érvényesség, megbízhatóság biztosítása, amelyet szükség esetén újabb kipróbálás követhet. Ekkor a teljes tesztet és a feladatokat is ellátják a megfelelő elméleti (mely tudáselemet és milyen műveleti szintet

⁴²⁷ A korreláció fogalmával kapcsolatban lásd *XII. A kémiaoktatás kutatásának alapjai* fejezetet

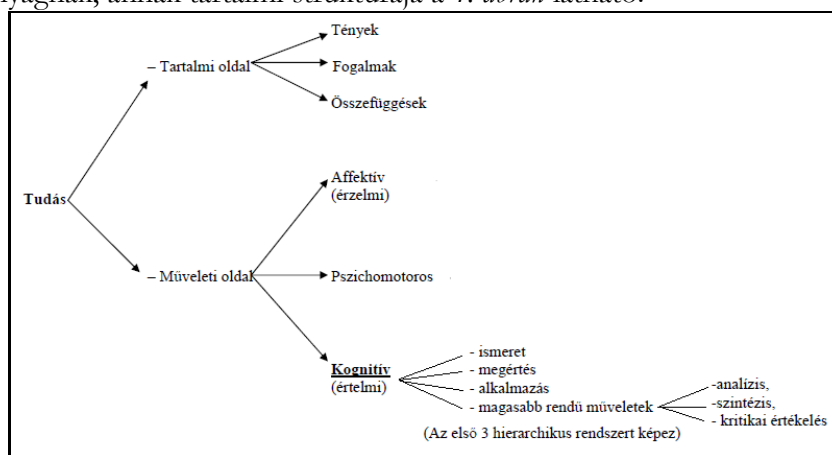
mér) és empirikus (nehézség, átlagos megoldottság, szórás) paraméterekkel. Ezután kerülhet sor a mérőeszköz *használatára*.

5. Tananyagelemzés, követelményszerkezet

Mint a kritériumorientált értékelés bemutatása során arról szó esett, egy adott tananyag, témakör elsajátításának méréséhez arra van szükség, hogy az adott tananyagot a lehető legteljesebb mértékben feltérképezzük. A tanulási-tanítási folyamat során optimális esetben ez természetesen nem az értékelési, mérési tevékenységet közvetlenül megelőzően, hanem a folyamat elején megtörténik, mint célképzés. Ezen célok egyrészt orientálják a pedagógust a munkájának megtervezésében, másrészt a tanulók számára is világossá teszik, hogy milyen követelményeknek és milyen szinten kell megfelelniük.

A tananyag céljainak, követelményeinek számbavételére többféle elmélet és módszer is született. Az egyik legismertebb rendszert BENJAMIN BLOOM⁴²⁸ dolgozta ki, mely rendszer sok bírálatot is kapott, de széles körben elterjedt és viszonylag könnyen alkalmazható. BLOOM taxonómiája a pedagógiai célokból indul ki, amelyek lehetnek kognitív, affektív és pszichomotoros célok. Ezeket tartja BLOOM a tudás művelési oldalának. Egy tantárgyi tudásszintmérés a kognitív művelési követelmények meglétére irányul. Ezen kognitív követelmények az ismeret, a megértés, az alkalmazás, valamint a magasabb rendű műveletek: az analízis, a szintézis és a kritikai értékelés. A kognitív követelmények első három eleme hierarchikus rendszert képez: egy adott tartalom megértésének feltétele annak ismerete, alkalmazásának feltétele annak megértése. A magasabb rendű műveletek az alkalmazás szintre épülnek, de közöttük mellérendeltségi viszony van.

Természetesen a kognitív műveleteket tartalmi elemeken lehet elvégezni. A tartalmi elemeket BLOOM tényekre, fogalmakra és összefüggésekre osztotta. A tananyag elemzésének első lépéseként azt tárjuk fel, hogy milyen ezen tartalmi elemek rendszere a vizsgálni (illetve megtanítani) kívánt témakörben. Ez általában egy szintezett lista vagy gráf szerkesztésével végezhető el legkönnyebben. Ha például a Bloom taxonómiával kapcsolatban eddig leírtakat tekintjük tananyagnak, annak tartalmi szerkezetét a 4. ábrán látható.



4. ábra. A Bloom-féle taxonómia szövegben tárgyalt tartalmi szerkezet

A tananyagelemzés következő lépése annak megállapítása, hogy a tartalmi szerkezet elemei tények, fogalmak, vagy összefüggések-e. Például az oldatokkal kapcsolatos tananyag tartalmi szerkezetében annak megállapítása, hogy a konyhasó vízben oldódik az tény; az oldat fogalom; az oldhatóság és az anyagszerkezet kapcsolata („hasonló a hasonlóban” elv) pedig összefüggés.

⁴²⁸ Bloom, B. (1956): *Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain*, McKay, New York

A követelménystruktúra összeállításának utolsó szakaszában azt kell megvizsgálni, hogy az adott tényt, fogalmat vagy összefüggést mely kognitív műveleti szinten várjuk el a tanulóktól. Lássunk egy példát az érettségi követelményrendszeréből⁴²⁹! Az anyagi halmazok témakörével kapcsolatos tananyagelem a fémrácsos kristályt összetartó erő (a fémes kötés), amely a követelmények tartalmi oldaláról fogalomnak minősül. Középszintű követelmény a fémrácsos anyagok jellemzőinek megértése a szerkezet alapján (ami persze a fémrács, illetve fémes kötés fogalmának ismeretét is feltételezi), míg emelt szinten követelmény, hogy ezen ismeretek alkalmazásra kerüljenek egyes fémek megadott fizikai állandóinak alapján azok tulajdonságainak magyarázatára. A feltárt tananyagelemeknek a tartalmi és a műveleti oldal két dimenziója mentén történő mátrixba (táblázatba) rendezésével készül a tananyag taxonomikus elemzése (3. táblázat).

3. táblázat. A tananyag elemeinek elrendezésére szolgáló kognitív taxonómia (Báthory nyomán)⁴³⁰

Művelet \ Tartalom	Tény	Fogalom	Összefüggés
Ismeret			
Megértés			
Alkalmazás			
Magasabb rendű műveletek			

6. Feladatírás, feladattipológia

A követelménystruktúra ismeretében kerülhet sor a követelmények feladatokkal való lefedésére. A feladat olyan szerkezeti egység, mely egy adott, jól körülhatárolt pszichikus rendszert (tantárgyi feladat esetében a tudást) működtet. Megoldásuk egy vagy több lépésből áll, külön-külön értékelhető részteljesítményekre bontható. Ezeket a részteljesítményeket nevezzük itemeknek (feladatelemeknek), amelyek önállóan értékelhetők, megoldásuk vagy jó (1 pont) vagy rossz (0 pont). A feladatok elkészítésénél figyelembe kell venni, hogy a feladat az adott tartalmi elemet a lehető legmagasabb műveleti szinten mérje. Például a „Mi az alkoholok funkciós csoportja?” kérdés az alkoholok fogalmának ismeretszintjét méri. Ugyanakkor elvárható a fogalom megértés szintjén való elsajátítása, amelyet egy olyan feladat mérhet, amelyben a tankönyvben nem szereplő, a tanulók által nem ismert alkohol képletével kapcsolatban az a kérdés, hogy a képlettel jelölt anyag funkciós csoportja alapján a szerves vegyületek melyik csoportjába tartozik.

A feladatok tartalmuk és formájuk szerint lehetnek nyílt vagy zárt feladatok (4. táblázat). Formailag zárt végűek a hagyományosan feleletválasztó feladatoknak nevezett feladatok, mert ezekben rögzített válaszokat kell az utasításban megjelölt módon megjelölni. Formailag nyíltak azok a feladatok, amelyek megoldásának formáját a válaszadó adja meg, például egy szám, mennyiség, ábra, vagy szöveg önálló megalkotásával. Ezeket a feladatokat szokás feleletalkotó vagy nyílt végű feladatoknak nevezni.

Tartalmilag zártnak tekintünk egy feladatot, ha formájától függetlenül csak egyféle válasz lehetséges, nyíltak pedig akkor, ha a tanuló a válasz kialakításában – bizonyos határokon belül – szabadságot élvez.

Látható, hogy egy zárt tartalmú feladat nyílt és zárt formában is feltehető, ha azonban a feladat tartalma nyílt, vagyis a megoldást a tanulónak kell megalkotnia, az eleve formailag is nyílt feladatként szerepelhet.

⁴²⁹ http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/erettsegi/vizsgakovetelmenyek2012/kemia_vk.pdf 11. oldal (utolsó letöltés: 2015. 01. 14.)

⁴³⁰ Báthory Z. (1997): Tanulók, iskolák, különbségek, Okker, Budapest., 151.

4. táblázat. A feladatok csoportosítása formájuk és tartalmuk szerint, 1-1 példával.

		A feladat formája	
		Zárt	Nyílt
A feladat tartalma	Zárt	Pl.: Mi a sósav képlete? Írd a megfelelő képlet betűjelét a négyzetbe! A: HNO_3 B: HCl C: H_2SO_4 D: H_2CO_3	Pl.: Mi a sósav képlete? Írd a pontozott vonalra!
	Nyílt		Pl.: Magyarázd meg a sósavszőkőkút-kísérlet során tapasztaltakat!

A feleletválasztó és feleletalkotó feladatok összehasonlítását az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat. A feleletválasztó és feleletalkotó feladatok főbb sajátosságai

Szempontok	Feleletválasztó feladatok	Feleletalkotó feladatok
Meghatározás	Megoldásakor előre megadott alternatívák közül választ a tanuló.	A választ a tanuló szerkeszti, fogalmazza meg.
Alkalmazás	Általában a tudás egyszerűbb elemeinek (ismeret szint) mérésére alkalmasak.	A tudás bonyolultabb összetevőinek értékelését teszi lehetővé.
Előnyök	a) Rövid idő alatt megoldható, egy mérőeszközbe több feladat fér, így több információt szolgáltat. b) Látszólag objektívebbek, mivel az értékelési objektivitás könnyebben biztosítható, mert egyértelmű a pontozási, javítási útmutató.	a) Szerkesztése viszonylag könnyű. b) Magasabb szintű gondolkodási műveletek mérésére is lehetőséget adnak.
Hátrányok	a) Elkészítésük nehéz, sok időt vesz igénybe. Nehéz a feladatok megfogalmazása. b) Csak igen elmélyült tesztfejlesztési folyamat után használhatók a tudás minőségének, a magasabb rendű gondolkodási műveleteknek a mérésére.	a) A válaszadás – különösen a hosszú válaszos kérdések – esetében sok időt vesz igénybe. b) Az értékelési objektivitás nehezebben biztosítható, mivel nehéz kellő objektivitással rendelkező javítási útmutatót megadni. c) Gyakran speciális értékelő eljárást (pl. több értékelő munkáját) igényel.

A táblázatban foglaltak közül magyarázatra szorul a feleletválasztó feladatok objektivitásának látszólagosságával kapcsolatos megjegyzés. Ez arra vonatkozik, hogy az objektivitást a feladat szerkesztése során már előre is biztosítani kell. A feladatkészítéskor nem megengedhető, hogy a javítókulcsban szereplő megoldáson kívül olyan megoldás is lehessen, amely racionálisan magyarázható. Több esetben a feladat nem megfelelő formája, a megoldási utasítás nem megfelelő módja szintén validitási, objektivitási problémákhoz vezethet. Erre történik utalás az egyes feladatokkal kapcsolatban.

6.1. Feleletválasztó feladatok

Tartalmilag és formailag is zárt feladatok, melynek megoldása abból áll, hogy a tanulónak előre megadott válaszlehetőségek közül kell kiválasztani a helyes választ vagy válaszokat. Szerkesztésük közös követelménye, hogy a válaszadás módját pontosan közölni kell a tanulókkal, különben súlyos objektivitási és validitási problémával állunk szemben.

1. Alternatív (dichotom) választás – igaz-hamis típusú feladatok

A feladattípus előnye, hogy nagyon gyorsan javítható és megválaszolható, így sok feladat befér egy feladatlapba. Hátránya, hogy igen nagy (50%) a vaktalálat valószínűsége, ezért csak sok feladat ad megbízható képet a tanuló tudásáról. A nagy számú feladat megoldása monoton, közben a tanuló figyelme elkalandozhat, ami validitási problémához vezethet. További hátránya,

hogy csak ismeretszintű tudáselemek mérésére alkalmas. Veszélyt jelenthet továbbá, hogy a megoldás során egyes hamis állítások rögzülhetnek a tanulóknál. (Ennek veszélye valamennyi feleletválasztó feladat esetében fennáll.)

Szerkesztésük során a következőkre kell figyelemmel lenni:

- Egy feladatban legalább 8-10 állítás legyen, csökkentve a vaktalálathoz eredő pontatlanságot.
- A hamis állítások ne legyenek „viccesek”!
- Nagyjából fele-fele arányban legyenek igaz és hamis állítások, vagy több legyen a hamis.
- Ne legyen kiszámítható az igaz-hamis állítások váltakozása. Ez legegyszerűbben úgy érhető el, hogy az állítások megírása után a sorrend eldöntése pénzfeldobással történik. (Az ember pszichés tulajdonságaiból fakadóan a véletlenszerűnek gondolt sorrendben is felfedezhető szabályszerűség.)
- A feladat megoldási utasításában kérjük a tanulóktól, hogy I-vel vagy H-val jelöljék a válaszukat, vagy előre elkészített, fejlécében „Igaz”, „Hamis” feliratokat tartalmazó kétoszlopos táblázatban beikszeléssel jelöljék a válaszukat. (Kézenfekvő megoldás lenne az igaz állítások betűjelének vagy sorszámának a bekarikázása, a hamisak áthúzása, azonban bizonyították, hogy ez esetben a lányok szignifikánsan jobb teljesítményt nyújtanak. Ennek pszichológiai oka az, hogy ilyen formán két műveletet kell végezni: döntést hozni, majd a döntést átkódolni karikázásra vagy ikszelésre. Ez a figyelem divergenciáját követeli meg, amely pszichológia vizsgálatok által bizonyítottan a lányoknak kedvez.)
- Pontos adjuk meg a megoldási instrukciót! Pl.: „Az állítások melletti négyzetbe írd I-betűt ha igaz, H-betűt, ha hamis az állítás!”
- Olyan dolgok szerepeljenek a kérdések között, amelyek természetüktől fogva igazak vagy hamisak! Például egyes elméletekre vonatkozó állításokat ne kérdezzünk ebben a formában! Hibás az az állítás is, hogy „A hőmérséklet emelése növeli az oldhatóságot”. Ugyanis van olyan eset, amikor igen, van amikor nem.
- Kerüljük a tagadószó használatát! (Nem szabad a tanulót „becsapni”. Ez igaz valamennyi feleletválasztó feladatra. Ha mégis tagadószót használunk, azt emeljük ki a szövegből félkövér, dőlt betűvel!)
- Kerüljük a hosszú mondatokat!
- Egy igaz-hamis item – logikai értelemben – egyetlen állítást tartalmazzon. Hibás ilyen feladatban például „Az oldódás sebességét a melegítés és a keverés növeli”, ugyanis ha két tényezőt felsorolt az állítás, miért nem sorolja fel mindegyiket? Így hamisnak is ítéltető.
- Kerüljük a „mindig, soha, néha, legtöbbször...” szavak használatát, mert sugalmazzák az állítás igazságtartalmát.
- Ne szerepeltessünk tankönyvből kiollózott mondatokat!
- Az igaz és a hamis itemek hossza nagyjából azonos legyen. (Gyakori hiba, hogy az igaz állítások hosszabbak a hamisaknál.)

2. Többszörös választásos feladatok

Jellemzőjük, hogy több válaszlehetőség közül kell kiválasztani a helyes választ vagy válaszokat.

2. A) Több válaszlehetőség közül az egyetlen helyes válasz kiválasztása.

Ezeket a feladatokat hagyományosan az „egyszerű választás” feladatokként említik. Szerkezetük az alábbi:



A feladattípus előnye, hogy gyorsan és objektíven javítható, valamint viszonylag kicsi a vaktalálát valószínűsége (4 opció esetén 25%, 5 opció esetén 20%). Hátránya, hogy nehéz megírni, sokáig tart elkészíteni.

Szerkesztésük szabályai:

- Egyértelmű legyen a tanuló számára, hogyan kell válaszolni, ezért pontos megoldási utasítást kell adni! (A helyes válasz betűjelének a négyzetbe írásával válaszolj!)
- Az itemtő önmagában értelmezhető feladatot jelentsen, önálló kérdésként is megválaszolható legyen!
- Kerüljük a tagadószó használatát! (Ha mégis van, emeljük ki!)
- Kerüljük a hibakutatás típusú feladatokat! Amennyiben mégis alkalmazzuk, emeljük ki (pl. csupa nagybetűvel, félkövér, dőlt vagy aláhúzott betűtípussal, hogy a HIBÁS választ kell megjelölni.
- Győződjünk meg róla, hogy pontosan egy helyes válasz van!
- Az opcióknak nyelvtanilag illeszkedniük kell az itemtőhöz! (Ha a példában a „Melyik elemnek sárga a színe?” kérdés szerepelt volna az itemtőben, akkor az opcióknak „A vasnak.” stb. kellene lennie.)
- A helyes válasz ne legyen feltűnően hosszabb a disztraktoroknál (a megtévesztő, hibás opcióknál)!
- A teljesen tájékozatlan tanuló számára minden opció egyformán hihető legyen, ne legyenek eleve kizárható, humoros válaszlehetőségek!
- Ne legyenek túl hosszúak az opciók!
- Ne helyezzünk el kulcsszót (olyan szót, amely sugalmazza a helyes megoldást) az itemtőben!
- Ne legyen a három (négy) disztraktor egymáshoz túlságosan hasonló!
- Az a, b, c, d helyek között hasonló arányban oszolják meg a helyes választ!
- Ha az opciókban mennyiségek vagy számok szerepelnek, tegyük azokat nagyság szerinti sorrendbe!
- Ne válják az opciók sora igaz-hamis itemek sorozatává, vagyis az itemtő a „Melyik a helyes...” vagy ezzel egyenértékű megfogalmazás legyen!
- Lehetőleg kerüljük ebben a feladattípusban a hiányos mondat kiegészítésének kérését a megfelelő opcióval. Ha mégis kiegészítendő mondat szerepel az itemtőben, akkor a kiegészítendő mondatrész a mondat közepére/végére kerüljön!
- Az opciók legyenek egymást kölcsönösen kizárók! (Pl.: kerüljük a halmaz-részhalmaz viszonyt az opciók között! Ebből a szempontból nem egyértelmű például egy olyan feladat ahol az itemtő a „Melyik vegyületcsoport viselkedik vízzel szemben savként?”, míg az opciók a hidroxivegyületek, a fenol, az alkoholok és a ketonok lennének.)

2. B). Több válaszlehetőség közül több helyes válasz kiválasztása.

Ezeknek a feladatoknak a szerkezete megegyezik az előző feladattípusával. Szerkesztésük hasonló az egy helyes választ tartalmazó feladatokéhoz, azonban legalább a helyes válaszok kétszeresének megfelelő számú opció szerkesztése szükséges. Ügyelni kell a szerkesztés során a

válaszadás módjának pontos megadására. Ebben az esetben kerülendő a helyes válaszoknak megfelelő számú négyzet bejelölése, mert ez orientálja a tanulót a helyes válaszok számát illetően. Így célszerű a helyes válaszok betűjelének bekarikázását, vagy a megoldások aláhúzását kérni. Az objektivitás biztosítása végett fokozottan ügyelni kell a pontozásra. A feladatra adható pontszám nem egyenlő a helyes válaszok számával, hiszen arról is döntést kell hoznia a tanulónak, hogy melyik a helyes, és arról is, hogy melyik a helytelen válasz. Így a feladat tananyagban elfoglalt fontosságának, súlyának figyelembe vételével vagy döntésként kell egy pontot adni (ilyenkor a feladat pontszáma megegyezik az opciók számával), vagy az egész feladat hibátlan megoldása ér egy pontot.

3. Illesztési feladatok

Ezekben a feladatokban két halmaz elemei között adott szempont alapján kell az összetartozó elemeket egymáshoz rendelni. Szerkesztésükre többféle megoldás kínálkozik. Kérhetünk egy az egyhez, több a többhöz, illetve egy a többhöz illesztést.

Egy az egyhez illesztés

Írd a sav sorszáma melletti vonalra a savmaradéka előtti betűjelet!

1. ___ Kénsav	A) NO_3^-
2. ___ Salétromsav	B) SO_4^{2-}
3. ___ Szénsav	C) PO_4^{3-}
	D) CO_3^{2-}

Megoldás: 1. B; 2. A; 3. D
Itemszám: 3

Több a többhöz illesztés

Mely savakra igazak az alábbi tulajdonságok? Az állítás betűjelét írd a megfelelő sav képlete utáni vonalra! Egy tulajdonság több savra is igaz lehet!

HNO_3 _____	A) A gyomomedvében van
H_2SO_4 _____	B) Bomlekony
HCl _____	C) Oxidáló hatású
H_2CO_3 _____	D) A vasat passziválja
	E) Savmaradéka a nitrácion

Megoldás: HNO_3 : B, C, D, E; HCl : A
 H_2SO_4 : C, D; H_2CO_3 : B

Itemszám: 4 (vagy 5)

Egy a többhöz illesztés

Milyen kémhatású a felsorolt sók oldata? Írd a megfelelő nagybetűt a só betűjele előtti vonalra!

___ a) NH_4Cl	A) lúgos
___ b) K_2CO_3	B) semleges
___ c) CuSO_4	C) savas
___ d) AlCl_3	

Megoldás: a) C; b) A; c) C; d) C
Itemszám: 2

A szerkesztés szabályai:

- Használjunk viszonylag rövid, maximum tíz elemből álló listákat!
- Egy-egy halmazba homogén elemek kerüljenek!
- A feladat szövegében fel kell hívni a figyelmet az illesztés módjára.
- Kerüljük az összekötéssel való illesztést! Előfordulhat, hogy a tanulók egy pontban vezetnek át az összekötő vonalakat, majd arra hivatkoznak, hogy a vonal ott „megtörik” és a jó megoldáshoz vezet tovább. (Értékelési objektivitás!)
- A feladat szövegében meg kell adni az illesztés szempontját!
- Egy az egyhez illesztési feladatoknál feltétlenül használjunk „kakuktkojást” is! Ha ezt nem tesszük, az utolsó elem illesztése nem igényel gondolkodási műveletet és a pontszámok sem lehetnek függetlenek egymástól, hiszen az illesztések számánál eggyel kevesebb pont nem adható.
- Több az egyhez illesztési feladatoknál az illesztendő halmaz elemei logikailag zárják ki egymást.

- Fokozottan ügyeljünk a pontozásra! Egy a többhöz illesztés esetén nem az illesztések számát, hanem a halmazok elemeinek illesztését kell pontozni. Mivel a példafeladatban szereplő sók hidrolizálnak, ezért vagy a „savas”, vagy a „lúgos” halmazba tartoznak, ezért a feladat két pontos. Ha a NaCl is szerepelne a sók között, már hárompontos lenne.

4. Szélektálás, halmazba rendezés

Formailag szintén többféle szerkesztés lehet. Egy lehetséges példa az alábbi:

A megfelelő számok halmazábrába történő beírásával rendszerezd az alábbi vegyülettípusokat, vegyületeket!

1. bután-2-on; 2. hidroxivegyületek; 3. pentanal; 4. hexán-1-ol; 5. oxovegyületek;
 6. egy oxigénatomos funkciós csoportot tartalmazó szerves vegyületek; 7. fenol;
 8. etil-propil-éter; 9. aldehidek; 10. pentán-2-on; 11. 3-metilbutanal; 12. ciklohexanon

A)

B)

ketonok

C)

D)

Elméleti paraméterek: Az egy oxigénatomos funkciós csoportot tartalmazó szerves vegyületek funkciós csoport szerinti csoportosításának megértése.

Megoldás: A-halmaz: 6
 Ebben a halmazban: 8
 B-halmaz: 5
 Ketonok halmazában: 1, 10, 12
 C-halmaz: 9
 Ebben a halmazban: 3, 11
 D-halmaz: 2
 Ebben a halmazban: 4, 7

Itemszám: 5

Szerkesztésük szabályai:

- A felsorolt dolgok a halmazba rendezés szempontja szerint egyértelműen besorolhatók legyenek! Ebben a halmazábrában például nem helyezhető el a hidroxiaceton. Természetesen lehet egymással halmaz-részhalmaz vagy metszet viszonyban álló halmazok elemeit is kérni, ekkor azonban a halmazábrát úgy kell szerkeszteni, hogy a besorolás egyértelmű legyen.
- A feladattörzsben pontosan közöljük a halmazba sorolás módját, vagyis a tanulótól elvárt tevékenységet!
- Ebben a feladattípusban is ügyelni kell a pontozásra. Nem elemenként, hanem halmazonként, illetve besorolási szempontonként adjunk 1-1 pontot! Így elkerülhető a halmaz-részhalmaz, illetve a metszet viszonyból adódó bizonytalanság. (A bizonytalanságot az okozza, hogy nem dönthető el, hogy például a hibásan a metszet halmazba sorolt elemről tudja a tanuló azt, hogy az egyiknek biztosan eleme.) Így a fenti példában az öt halmaz (A, B, C, D és ketonok) hibátlan megadása, kitöltése ér 1-1 pontot.

5. Sorkepzéses feladatok

A feladatban az elemek sorba rendezését általában számozással kérik, az alábbi példa szerint:

A pontokra írt számozással állítsd forráspontjuk szerint növekvő sorrendbe a felsorolt vegyületeket!

..... etán etanol etanal dimetil-éter

Megoldás: 1, 4, 3, 2

Itemszám: 1 vagy 3 pont

Szerkesztésük szabályai:

- Négy-hat dolog sorba rendezését kérjük! Se kevesebb, se több ne legyen! Kevesebb elem esetén sérül a lokális függetlenség elve, több elem esetén nem a sorrendi viszonytal kapcsolatos tudást, hanem a tanuló figyelmét mérjük.
- Objektíven sorba rendezhető elemek rendezését kérjük! Hibás például az olyan feladat, amely a nehézfémek, a savas eső, az ózonlyuk és az üvegházhatás károsító hatás szerinti sorba rendezését kéri.
- Adjuk meg a sorba rendezés szempontját! (Például: időbeni egymásra következés, növekvő tömeg, csökkenő méret...)
- Fokozottan ügyeljünk a pontozásra! Nem a sorba rendezendő elemek száma a pontszám, ekkor ugyanis egy tévesztés a feladat további részének is 0 ponttal való értékelését jelentené, pedig lehet, hogy további 2-3 elem sorrendje jó. Vagy az egész sor 1 ponttal pontozható, vagy páronként kell megítélni a pontokat. Ez látható a feladat itemszámánál.

6. Reláció megállapítása (Kisebb, nagyobb, egyenlő – típusú feladatok)

A feladat formai szerkesztésére a következő megoldást alkalmazzák a leggyakrabban:

Melyik mennyiség a nagyobb? A megfelelő relációs jel (<; >; =) pontsorra írásával válaszolj!

- a) kötésszög értéke a C_2H_2 -molekulában kötésszög értéke a CO_2 -molekulában
 b) kötésszög értéke a H_2O -molekulában kötésszög értéke a CH_4 -molekulában
 c) kötési energia a HCl -molekulában kötési energia a HI -molekulában
 d) kötéshossz értéke a H_2O -molekulában kötéshossz értéke a H_2S -molekulában

Megoldás: a) = ; b) < ; c) > ; d) <

A szerkesztés szabályai:

- Fokozottan ügyeljünk az objektivitásra! Három összehasonlítandó mennyiségpár lehetőleg ne szerepeljen a feladatban.
- Csak valóban kvantifikált mennyiségeket, azok arányait, illetve pontosan ismert matematikai valószínűségeket hasonlíttassunk össze!
- Ne legyenek közel egyenlő mennyiségek a két oldalon!
- Lehetőleg mindig a relációs jeleket kérjük válaszként!

6.2. Feleletalkotó feladatok

Formailag *nyílt végű feladatok*, melyek megoldása során a tanulóknak szemantikailag új információt kell létrehozniuk. A feleletalkotó feladatok tartalmilag lehetnek nyílt vagy zárt végűek, aszerint, hogy a válasz formája szigorúan meghatározott (például egy képlet vagy egy fogalom megnevezése), vagy a tanuló a tartalmilag helyes választ többféle formában is megalkothatja. Utóbbira példa lehet a szökőkút-reakció magyarázatának megfogalmazásában a „légnyomás a

vizet a lombik alacsonyabb nyomású terébe préseli”, vagy: „a víz a lombik alacsonyabb nyomású üregébe áramlik” stb. Látható, hogy ez esetben tartalmilag azonos, formailag azonban igen különböző megoldások születhetnek.

A feleletalkotó feladatok csoportosíthatók az elvárt válasz hosszúsága valamint annak formája alapján. A válasz hosszúsága alapján megkülönböztetünk *rövid választ (1-2 szó), hosszú választ (néhány szó, maximum 1-2 mondat) igénylő és esszé típusú feladatokat*, amelyek több, összefüggő mondat megalkotását várják el a tanulóktól. A válasz formája alapján megkülönböztethetők verbális (szöveges), numerikus (számot, mennyiséget), vizuális (ábra, rajz), illetve formalizált (pl. képlet, reakcióegyenlet) választ igénylő feladatok.

A feleletalkotó feladatok alkalmasak képességek és ismeretek működésének vizsgálatára, mérésére. Előbbiek a transzformálás (grafikus vagy numerikus adatok verbális megfogalmazását, például táblázat adatai alapján oldhatóság hőmérséklet-függésének megfogalmazását kérő feladat) illetve a kivitelezés (információkból új információ előállítását kérő, például számítási vagy problémamegoldó feladatok) képességét méri (részletesebben lásd *VI. A kémiai számítások tanítása*). Az ismeretek működésének vizsgálatára alkalmasak az asszociálást, felidézést (kiegészítés, feliratozás, rajzolás), értelmezést, magyarázatot igénylő feladatok. A feleletalkotó feladatok közös sajátosságait az *5. táblázat* tartalmazza, így ehelyütt ezek megismétlésétől eltekintünk.

Rövid választ igénylő feladatok

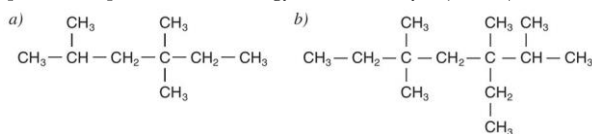
Olyan esetben alkalmazhatók, amelyek során egy fogalom, vagy esetleg egy gondolati egységen belül két-három fogalom leírása a tanuló feladata. A feladattípus előnye, hogy viszonylag könnyű megírni és a gondolkodás magasabb szintű komponensei (megértés, alkalmazás) is mérhetők ezekkel. Hátránya, hogy a javítókulcs elkészítése különösen nagy gondosságot igényel. Az értékelési objektivitás növelhető, ha minél több szinonima szerepel a javítókulcsban. Mivel azonban a tartalmilag nyílt feladatok esetében ez gyakran nehézkes, így utalni kell arra, hogy „valamennyi tartalmilag helyes megoldás elfogadható”. A napi pedagógiai gyakorlatban az értékelésük nem jelent különösebb nehézséget, azonban az olyan esetekben, amelyekben nagyobb tétje van az objektív értékelésnek (pl. Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny, emelt szintű érettségi), fontos lehet, hogy a javítást több, független javító végezze. (Különösen igaz ez a hosszú választ igénylő és esszé jellegű feladatokra.) További hátrányt jelenthet a javítás során a tanulók kézírásának nehezen olvashatósága valamint helyesírása, amelyet a javítás során nem lehet figyelembe venni.

Szerkesztésük során törekedni kell arra, hogy egyértelmű legyen, mit várunk a tanulótól, adjunk pontos megoldási utasítást (pl.: Írd a kipontozott vonalra...!)! A feladat eleje lehetőleg mindig direkt kérdés legyen, és ne mondatkiegészítés! Ha mégis kiegészítés a feladat, a mondatból csak fontos elem kerüljön kihagyásra! Egy, maximum két szóval kelljen kiegészíteni a mondatot, a hiányzó szavak a mondat közepén vagy végén legyenek! Több kihagyott elem esetén a kihagyott helyek egyforma méretűek legyenek! Ügyelni kell arra, hogy a mondat nyelvtani formája ne segítsen [Pl.: a(z)]. Ebben a feladattípusban is kerülendő a tankönyvben szereplő mondatok kiollózása és azokból szavak elhagyása.

Ha a kérdésre több válasz is lehetséges, ne kössük meg a válaszok számát! (Például a „Nevez meg három megújuló energiaforrást!” helyett célszerű a „Sorold fel a megújuló energiaforrásokat!” megfogalmazás.) Ebben a feladatban minden tanulótól elvárható a nap-, víz-, szél-, geotermikus- és biomassza-energia ismerete, így a feladat öt pontot érhet, ami a feladatlapon feltüntetve orientálja a tanulót a szükséges elemek számát illetően.

Mint a fentiekben látható, a rövid választ igénylő feladatok tartalma és formája igen sokféle lehet. Az alábbiakban bemutatunk néhány alaptípust, közölve a feladathoz tartozó elméleti paramétereket.

A képletek alatti pontsorra írd fel a vegyületek szabványos (IUPAC) nevét!



Megoldás: a) 2,4,4-trimetilhexán

b) 3-etil – 2,3,5,5-tetrametilheptán

Itemszám: 2

Elméleti paraméterek: Témakör: szénhidrogének

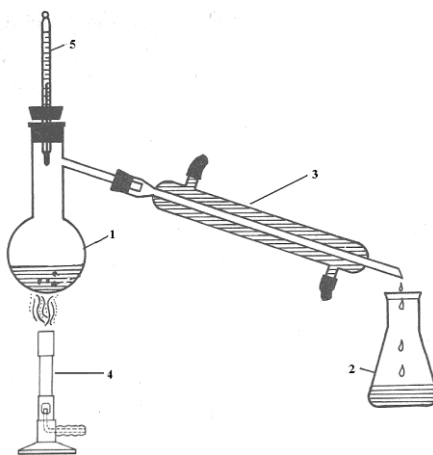
Mért követelmény: A szabványos nevezéktan *alkalmazása*

Alkalmazási szint: Transzformálás (formalizált információ verbális információvá alakítása)

Feladattípus: rövid válasz (verbális kód)

Ha ezt a feladatot átalakítva a nevek alapján a félkonstitúciós képletet kérjük, a paraméterek annyiban változnak, hogy alkalmazási szintként verbális információ formalizált információvá alakítása, a feladattípusban formalizált kód szerepel.

Milyen laboratóriumi művelet végzésére alkalmas az ábrán látható berendezés? Nevezd meg a berendezésen számokkal jelölt eszközöket! Válaszodat a megfelelő pontsorra írd!



a) Az eszközzel végezhető laboratóriumi művelet:

b) Az 1. számú eszköz neve:

c) A 2. számú eszköz neve:

d) A 3. számú eszköz neve:

e) A 4. számú eszköz neve:

f) Az 5. számú eszköz neve:

Megoldás: a) desztillálás/desztilláció

b) frakcionáló lombik/oldalsócsöves lombik

c) szedőedény/Erlenmeyer-lombik

d) hűtő

e) Bunsen-égő/gázégő

f) hőmérő

Itemszám: 6

Elméleti paraméterek: Témakör: Kémiai alapismeretek

Mért követelmény: A laboratóriumi desztilláló berendezés felépítésének ismerete

Alkalmazási szint: felidézés

Feladattípus: rövid válasz (verbális kód)

Ennél a feladatnál magyarázatra szorul az alkalmazási szint besorolása. Első közelítésben grafikus információ szöveges információvá transzformálásának tűnik a feladat, azonban mivel a készülék a tanulók számára ismert, tankönyvükben a képe szerepel, jó esetben a tanórán összeállították és használták, így csak *ismeretek felidézése* történik a válaszadás során.

Rövid választ igénylő feladatnak minősülnek az egyetlen lépésben, egyetlen összefüggés felhasználásával megoldható számítási feladatok is:

Hány darab megadott részecskét tartalmaznak az alábbi anyagmennyiségű anyagok? Írd a pontsorra!

a) 3 mol hidrogénatom: darab hidrogénatom

b) 50 mol proton: darab proton

c) 0,5 mol vízmolekula: darab vízmolekula

Megoldás: a) $1,8 \cdot 10^{24}$ vagy $18 \cdot 10^{23}$; b) $3 \cdot 10^{25}$ vagy $300 \cdot 10^{23}$; c) $3 \cdot 10^{23}$ (Más alakban megadott jó megoldás is elfogadható)

Itemszám: 3

Elméleti paraméterek: Témakör: Bepillantás a részecskék világába
Mért követelmény: Avogadro-állandó *alkalmazása*
Alkalmazási szint: kivitelezés
Feladattípus: rövid válasz (numerikus kód)

Hosszú választ igénylő feladatok

A hosszú választ igénylő feladatok maximum két-három mondat (pl. egy definíció) megalkotását várják el a tanulóktól. Előnyei között sorolható fel, hogy magasabb szintű értelmi műveleteket mérnek, hátrányai viszont, hogy a feladat megfogalmazása nagy pontosságot igényel, egyértelmű utasítást kell tartalmaznia a megoldás módjára. Értékelése, pontozása, a pontos javítókulcs elkészítése sem egyszerű, a javítást pedig mindig szakos szakképzettségű embernek kell végeznie (míg feleletválasztó feladatok esetében ez ugyan szerencsés, de nem elengedhetetlen feltétel). A verbális választ igénylő feladatok esetében a javítókulcsnak tartalmaznia kell a lehető legtöbb szinonimát, a megfelelő logikai viszonyokra való utalást.

A reakcióegyenletek felírását kérő feladatok szintén hosszú választ igénylő feladatnak tekinthetők. Ilyen esetben a javítókulcsot körültekintően kell elkészíteni, a lehetséges jó jelöléseket számba kell venni és meggondolandó a pontozás kérdése is. Teljes reakcióegyenlet kérése esetén többféle eljárás is alkalmazható. Az egyik, amely szerint a helyes reakcióegyenlet egyetlen itemként egy pontot ér. Egy másik eljárás során minden reakcióegyenlet két itemmel értékelnek. Az egyik item a minőségileg jó egyenletre jár, a másik a mennyiségi viszonyok (sztöchiometriai számok) helyességére. Ebben az esetben azonban a második pont csak akkor adható meg, ha a minőségi felírás helyes. Előfordul olyan pontozási módszer is, amely az egyenletben minden helyes sztöchiometriai számmal helyesen szereplő képlethez egy-egy pontot rendel. Ez utóbbi esetben azonban gyakran az egyenlet túlzottan nagy súllyal szerepelhet a feladatban illetve a mérőeszközön. Bármely pontozási módszert alkalmazunk is, azt előre ki kell kötni és következetesen az egész feladatlapon kell alkalmazni.

értékeléséről bővebben lehet olvasni az érettségi dolgozatok központi javítási útmutatóiban⁴³¹. Az alábbiakban egy közömbösítéssel kapcsolatos számítási feladat és az ahhoz tartozó javítókulcs egy lehetséges itemekre bontási módja szerepel.

125 cm³ 0,200 mol/dm³ koncentrációjú kénsavoldat közömbösítéséhez mekkora térfogatú 20,0 tömegszázalékos, 1,22 g/cm³ sűrűségű nátrium-hidroxid-oldat szükséges? (5 pont)

Javítókulcs:

- Reakcióegyenlet: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
(Vagy a $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{NaOH} = 1:2$ arány alkalmazása)
- a kénsavoldatban lévő kénsav anyagmennyisége
 $0,125 \text{ dm}^3 \cdot 0,2 \text{ mol/dm}^3 = 0,025 \text{ mol}$
- ennek közömbösítéséhez a reakcióegyenlet szerint
 $2 \cdot 0,025 \text{ mol} \cdot 40 \text{ g/mol} = 2 \text{ g NaOH}$ szükséges.
- Ez 2 g / 0,2 = 10 g NaOH-oldatban van,
- amelynek térfogata $10 \text{ g} / 1,22 \text{ g/cm}^3 = \underline{\underline{8,20 \text{ cm}^3}}$.

Minden más, elméletileg helyes levezetés teljes pontszámmal elfogadható!

Itemszám: 5

Elméleti paraméterek: Témakör: kémiai számítások, sztöchiometria

Mért követelmény: sztöchiometriai összefüggések *alkalmazása*

Alkalmazási szint: kivitelezés

Feladattípus: hosszú válasz (numerikus/formalizált kód)

3. Esszé jellegű feladatok

Az esszé jellegű feladatokban több, összefüggő mondat megalkotásával kell a tanulóknak a kérdést megválaszolniuk. Ezeknek a feladatoknak az előnye, hogy magasabb szintű értelmi műveleteket mérnek, fejlesztik a fogalmazási képességet. Hátrányai ugyanakkor, hogy szerkesztésük a látszat ellenére nem könnyű, nagy odafigyelést igényel már a feladat megfogalmazása is. További hátránya, hogy – mivel megoldásuk sok időt vesz igénybe – a feladatlap tartalmi és formai változatossága kevésbé biztosított, csakúgy, mint az objektív és megbízható pontozás. Nem elhanyagolható a „tanulói blöff” szerepe sem: jó fogalmazási készséggel bíró tanulók nagy terjedelmű fogalmazása gyakran „vaktalálathoz” vezet, valamint a javítóban a teljesség érzetét keltheti.

A feladat megfogalmazása során ügyelni kell arra, hogy egyértelmű legyen, mit várunk a tanulótól! Különösen ügyelni kell a kérdés megfogalmazására. Nem szerencsések az olyan kérdések, hogy „Mi a véleményed, miért...?”, „Mennyiben tekinthető...?”. Ilyen esetekben a tanuló gyakorlatilag bármely választát el kell fogadni, hiszen nem a tananyag elemeire, hanem saját meggyőződésére kérdez rá, amely különbözhet is a tananyagban szereplő állásponttól, illetve utóbbi kérdésfeltevés esetében a „sokban” vagy „kevésbé” jellegű válaszok is nyelvtanilag helyesek. Javasolhatók a „Hasonlítsd össze...!”, „Jellemezd...!”, „Miben különbözik (hasonlít) a ...?”, „Magyarázd meg...!”, „Értelmezd...!”, „Írj példá(ka)t...!” megfogalmazású kérdések, utasítások, amelyek utalnak az elvárt tevékenységre is. A feladat szerkesztésénél ügyelni kell arra, hogy megfelelő hely álljon rendelkezésre a válaszadáshoz. Szövegszerkesztővel készített, előre vonalazott feladatok esetén minimum 1,5-es sorközt kell alkalmazni.

Előre meg kell határozni (és a tanulóval közölni) a feladat megoldásához szükséges időt és az elérhető pontszámot! (A feladat időigényének meghatározásakor jó közelítéssel alkalmazható az úgynevezett „egyharmados” szabály, amely szerint a profi feladatmegoldónak (a tanárnak)

⁴³¹ Például: https://dari.oktatas.hu/kir/erettsegi/okev_doc/erettsegi_2014/e_kemma_14maj_ut.pdf. 2. old. (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

harmadannyi időre van szüksége az esszé megírásához, mint a tudásanyagot először elsajátítónak.) Nem szerencsés az a megoldás, hogy a tanulók választhatnak az ilyen típusú feladatok között, mert az az összehasonlíthatóságot, azonos szempontok mentén történő objektív értékelést nehezíti. Szintén előre el kell dönteni (és közölni a tanulókkal), hogyan kerül beszámításra a helyesírás és a külalak. A feladatok értékelése során lehetőleg névtelenül és feladatonként („manufaktúráisan”) érdemes pontozni.

Az esszé jellegű feladatok pontozására két módszer az elterjedt. Az értékelő skála (rating scale) módszert általában kötetlen témák esetében, személyes vélemény megfogalmazását kérő feladatokban alkalmazzák, amelyek a kémiában kevésbé jellemzőek. Az értékelő skála nem a tartalmi elemek meglétére, hanem a szövegalkotás módjára, minőségére fókuszál. Így az értékelés szempontjai között szerepel az összbenyomás (külalak, helyesírás), a tartalom (annak hitelessége, gazdagsága, kifejtettsége, a témataratás, eredetiség), a szöveg szerkesztettsége, stílusa. Az értékelés objektivitást ez esetben több értékelő bevonásával, vagy az értékelési szempontok bővítésével lehet biztosítani. Ezt az értékelési módot kémia tantárgyi esszéekben gyakorlatilag nem alkalmazzák, de elemei megjelennek az érettségi vizsga szóbeli részének értékelési szempontjai között, amennyiben az „A” feladat esetében maximum öt pont adható az előadásmódra, logikai helyességre a 6. táblázatban szereplő skála szerint.

6. táblázat. Az előadásmód, logikai helyesség értékelése⁴³²

5 pont	3-4 pont	1-2 pont	0 pont
A felelet minden része logikus rendszerbe foglalt. A vizsgázó csak ritkán keresi a szavakat mondanivalója megfogalmazásához.	A felelet nagyrészt logikusan felépített, csak néhány logikai hibát tartalmaz. A vizsgázót többször kell kisegíteni a mondanivalója megfogalmazásánál.	A felelet sok súlyos logikai hibát tartalmaz, illetve a megfogalmazások szakszerűtlenek.	A felelet összefüggéstelen, logikai rendszere követhetetlen.

Kémiai tartalmú írásbeli esszéfeladatokban gyakoribb megoldás a „checklist”-típusú javítókulcs. Az objektív és megbízható értékelés végett igen körültekintően kell elkészíteni a javítási útmutatót. Ez listaszerűen sorolja fel a *kulcsszavakat*, *mondatokat* (amelyek optimális esetben szakértők, de legalábbis iskolán belül azonos szakos szaktanárok egyezségén alapulnak), valamint *formai elemeket*. A javítás során ezen elemek meglétét, a közöttük lévő logikai kapcsolatok helyességét értékelik 0 vagy 1 ponttal.

⁴³² A kémia érettségi vizsga leírása

http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/erettsegi/vizsgakovetelmenyek2012/kemia_vl.pdf 4. old. (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

A következő feladat példa egy esszé típusú feladatra és javítási útmutatójára.

Magyarázd meg az ammóniaszőkökút-kísérlet során tapasztalt jelenségeket! Ügyelj a szakkifejezések használatára! (13 pont)

Javítókulcs: *Tartalmi elemek:* a) Az ammónia nagyon **jól oldódik vízben**
 b) ezért a lombikban lévő **egy csepp vízben is** feloldódik
 c) ezért **csökken** a lombikban a **nyomás**
 d) így a **külső nyomás** a vizet a lombikba préseli
 e) a felszökő víz **ciklámen/lila színű lesz**
 f) mert **fenoltalein** volt benne
 g) ami a **lúgos kémhatást** ezzel a színnel jelzi
 h) a kémhatás azért lúgos, mert az **ammóniamolekulák**
protont vesznek fel a vízmolekuláktól (vagy: a
vízmolekulák protont adnak le az
ammóniamolekuláknak)
 i) így **hidroxidionok** keletkeznek
 j) Helyes, logikus sorrend megtartása (Az a-b sorrend szabadon felcserélhető, a c-d sorrend kötött, a h-i ok-okozati sorrend kötött, e-g felcserélhető)
 k) Ok-okozati viszonyok helyes interpretálása
 l) változatos, árnyalt kifejezések használata (pl.: indikátor, keletkezik-képződik, ammóniamolekula, vízmolekula stb.)
 m) A megfelelő helyeken, a logikai viszonyoknak megfelelő kötőszavak használata

Formai elemek:

Elméleti paraméterek:

Témakör: A nitrogéncsoport elemei és vegyületei. – Az ammónia

Mért követelmény: Az ammóniával végzett szőkökútkísérlet során tapasztalt jelenségek *megértése*.

Alkalmazási szint: reprodukció értelmezés

Feladattípus: esszé

Itemszám: 13

7. Hazai és nemzetközi mérések a természettudományos tantárgyakból

A tanulói teljesítmények értékelésének mintegy hét évtizedes hagyományai vannak a pedagógiai kultúrában. A tanítási- tanulási folyamat, valamint az oktatási rendszerek hatékonyságának megítélése, a rendszer hatékonyságának ismeretében annak fejlesztése azonban nem túl régóta áll az oktatáskutató szakemberek vizsgálódásának középpontjában.

Az oktatási rendszerek eredményessége több irányból is megközelíthető: vizsgálható az oktatás különböző szintjein állók létszáma, a pedagógus/tanuló arány, a lemorzsolódók aránya, az adott oktatási formát sikeresen befejezők száma, a továbbtanulók aránya, ezek gazdasági mutatókra vetített jellemzői. Ezek rendszerbe foglalását, korszerű megközelítését foglalta keretbe az OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development – Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet) által kidolgozott oktatási indikátorrendszer (IMRE, 2003.)⁴³³. Ezek az adatok egy oktatási rendszer hatékonyságának mennyiségi jellemzőit adják. Az

⁴³³ Imre A. (2003): Az OECD INES tevékenysége és hatása a nemzeti gondolkodásra, in: Monostori A. (szerk.): Szakmai napok, OKI, Budapest

eredményesség minőségi jellemzőit a tanulóban az oktatási rendszer hatására végbemenő változások vizsgálata, vagyis a tanulói készségek, képességek, motívumok, attitűdök valamint ismeretek feltérképezése teszi lehetővé. E minőségi mutatók vizsgálatára az 1950-es évektől kezdve egyre nagyobb hangsúlyt fektetett a pedagógiai kutatók társadalma. Az említett területek közül a legnagyobb hagyományai a tanulói tudás- és képességvizsgálatoknak vannak mind a nemzetközi, mind a hazai gyakorlatban. Az 1970-es évek elejétől Magyarország több nemzetközi mérésben, vizsgálatban is részt vett és kidolgozta a hazai Monitor mérések rendszerét, de ezek eredményeinek közvetlen hatása csak kevésbé mutatkozott meg az oktatás tartalmi szabályozásában, az oktatási rendszer szervezésében.⁴³⁴

Az 1990-es évek elejétől a magyarországi közoktatás decentralizálása, a tartalmi szabályozás többszintűvé válása szükségessé tette azt, hogy az oktatási rendszer hatékonyságának vizsgálatába bevonják a tanulói teljesítmények országos szintű értékelését. Az ennek érdekében kidolgozott mérési rendszer immár másfél évtizedes hagyományra tekint vissza, amely napjainkig is folyamatosan fejlődik, eredményei, tanulságai egyre inkább beépülnek a közoktatási rendszer fejlesztésének folyamatába.

A pedagógiai kutatók érdeklődése az 1960-as évek elején fordult a tanulói teljesítmények empirikus vizsgálatának irányába. Az Amerikai Egyesült Államokban ezekben az években kezdődött átfogó kutatás az iskolai esélyegyenlőség (Equality of Educational Opportunity) vizsgálatával kapcsolatban, amely az afroamerikai népesség integrációjának lehetőségeit kívánta feltárni. Ezidőben készült felmérés az angol közoktatás helyzetéről, valamint TORSTEN HUSÉN és munkatársai Svédországban is ekkor végeztek empirikus neveléstudományi kutatást. Ezek a kutatások átvették a szociológiai, társadalomkutatási vizsgálatok reprezentatív mintavételen és alapvetően matematikai statisztikai módszereken alapuló vizsgálati módszereit, a felmérés (survey) technikát (BÁTHORY, 1997.)⁴³⁵

1958-ban az UNESCO hamburgi oktatási intézete által összehívott tanárok, nevelépszichológusok és szociológusok megállapodtak abban, hogy mielőbb meg kell valósítani a tanulói teljesítmény mérésének rendszeres gyakorlatát. 1967-ben e szándék megvalósulásaként kezdte meg működését a teljesítmény értékelésére létrehozott nemzetközi társaság, a mérési tapasztalatairól rendszeresen hírt adó IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement). Ehhez a szervezethez megalakulása után egy esztendővel, 1968-ban hazánk is csatlakozott.

Jelenleg a világon 63 tagország társul az IEA szervezetéhez. A szervezet hivatalos megalakulása előtt már végzett nemzetközi felméréseket. Első vizsgálatát 1959-62 között végezte 13 éves tanulók körében, 12 országban a matematika, szövegértés, a földrajz, a természettudomány és a nem-verbális képességek területén. Ennek a felmérésnek nem annyira az eredményei voltak lényegesek, hanem a kutatási módszerek, az alkalmazott eszközök (tesztek, kérdőívek, megfigyelési szempontok) nyelvtől és nemzeti kultúrától függetlenítésének elérése, kipróbálása, a háttértényezők rendszerének kidolgozása.

Az 1980-as években a szervezet vezetői megállapodtak abban, hogy a természettudományok és a matematika vizsgálata egyszerre, a negyedik és nyolcadik évfolyamon történjen. Így alakult ki a TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) vizsgálatok jelenlegi rendszere, mely a tanulói teljesítmények mellett az azok mögött meghúzódó háttértényezőket is vizsgálja, csakúgy, mint a teljesítmények trendjeit. A TIMSS méréssorozat a jegyzet megjelenésének időpontjában öt cikluson van túl (1995, 1999, 2003, 2007, 2011), és zajlik a hatodik, 2015-ös vizsgálat előkészítése.

1970-ben végezte az IEA az első természettudományi mérést, melybe hazánk is bekapcsolódott. Ezt 1983-ban követte a második, majd 1995-ben – most már TIMSS-ként – a

⁴³⁴ Schüttler T. (2003): A PISA-sokk – avagy minden negyedik magyar gyerek nem tanul meg olvasni. Új Pedagógiai Szemle 2003. március <http://epa.oszk.hu/00000/00035/00069/2003-03-ko-Schuttler-PISA.html> (utolsó letöltés: 2015. 02. 20.) Lásd a pódiumbeszélgetés szerkesztett változatában Csapó B., Mihály O., Vári P. hozzászólását

⁴³⁵ Báthory Z. (2003): Rendszerszintű pedagógiai felmérések, Iskolakultúra, 8. sz. 3-19.

harmadik természettudományi vizsgálat. Valamennyi kutatásban Magyarország is részt vett, csakúgy, mint az ezt követő 1999-es, 2003-as, 2007-es és 2011-es vizsgálatokban, melynek eredményeit 2012-ben publikálták magyar nyelven (BALÁZSI, BÁNFI, SZALAY és SZEPESI, 2012.)⁴³⁶.

Az IEA által végzett első vizsgálatok tartalmi keretét a tagállamok központi tanterveinek metszete adta. Ezen vizsgálatokon a magyar tanulók az első és második helyeken osztoztak Japánnal karöltve. Ez Magyarország természettudományos (és matematika) oktatásának sikerét mutatta. A TIMSS vizsgálatok hangsúlya később eltolódott az ismeretek felől az ismeretek alkalmazási képességének mérése irányába. Ettől az időponttól – bár Magyarország még mindig az élmezőnybe tartozott – a teljesítmények visszaestek, több tagállam megelőzte a magyar tanulók teljesítményét, ami a természettudományos oktatás kritikájaként is felfogható.

A 2011. évi TIMSS mérés során a 4. évfolyamos magyar tanulók természettudományi eredménye (534 pont 500-as átlagú, 100-as szórású skálára sztenderdizálva) nemzetközi viszonylatban is jónak számít, hiszen már a 2003-as vizsgálat óta a legjobban teljesítő európai diákok között vannak. Magyarország átlageredménye immár két ciklus óta nem változott számottevő mértékben, a legelső, 1995-ös vizsgálatához képest azonban nagy arányban, 27 képességponttal javult. Ez a javulás elsősorban a jó képességű tanulók arányának növekedéséhez kapcsolódik. A magyar tanulók eredményénél jobbat csak hét ország ért el: Korea, Szingapúr, Finnország, Japán, Oroszország, Tajvan és az Egyesült Államok, és olyan nemzetek diákjaival vannak azonos tudásszinten, mint Csehország, Hongkong, Svédország, Szlovákia, Ausztria, Hollandia, Anglia, Dánia és Németország.

A TIMSS-vizsgálat korábbi ciklusaiban a 8. évfolyamos magyar diákok eredményei a legjobbak közé tartoztak. Különösképpen igaz volt ez a természettudományra, amelyben a domináns távol-keleti országok után a magyar diákok tudása az egyik legjobb volt az európai országok között. A TIMSS 2011-ben ezt a pozíciót Oroszország és Finnország foglalta el, mivelhogy tanulóink eredménye matematikából 12, természettudományból 17 ponttal gyengült. A magyar eredmények visszaesésében nincsenek kiemelt területek, a kémiaán kívül minden tartalmi területen és kognitív műveletben, mindkét nem esetében és az összes képességszinten romlott tanulóink teljesítménye. A magyar diákok eredménye azonban továbbra sem mondható rossznak, hiszen tudásuk természettudományból Anglia, Egyesült Államok, Ausztrália, Izrael és Új-Zéland 8. évfolyamos diákjaiéval egyenértékű, és jobb, mint például a svéd vagy a norvég tanulóké. Tény azonban, hogy a természettudományban elért 522 pont szignifikánsan alacsonyabb érték a TIMSS-mérés minden korábbi 8. évfolyamos adatánál. Azok a 8. évfolyamos diákok, akik 2011-ben részt vettek a mérésben, 4. évfolyamosként szintén felmérésre kerültek 2007-ben, így eredményeik változása nyomon követhető. Ennek során megállapítható, hogy a vizsgált magyar diákok relatív eredménye is csökkent valamennyit a négy évvel korábbihoz képest, 2007-ben még 36, 2011-ben már csak 22 ponttal jobbak a TIMSS-skálaátlagnál.

A tanulói teljesítményeken túl tanulságos a magyar tanulók attitűdje a természettudományhoz. A TIMSS keretében kimutatták, hogy a 8. évfolyamos magyar tanulók motiváltsága, természettudományhoz fűződő attitűdje a legtöbb vonatkozásban meglehetősen negatív, és többnyire elmarad a felmért országokra jellemző átlagtól. Kevésbé szeretik tanulni a két tudományt (a természettudományon belül is legkevésbé a kémiát), és kevésbé tekintik azt fontosnak saját életük szempontjából. Ez mindenképpen rámutat a jelenlegi és a jövődi kémiaitanár-generáció felelősségére.

Az elmúlt évtizedekben felgyorsult világméretű ipari és gazdasági fejlődés következtében a gazdasági szféra is megfogalmazta, hogy a fejlődés fenntartása érdekében milyen képességekkel, tulajdonságokkal, – napjaink szóhasználatával élve – kompetenciákkal kellene rendelkeznie a ma munkavállalóinak. Ez a „leltár” készült el az OECD keretében, oktatási szakértők bevonásával, és ezen összetevők mérése valósul meg a szintén OECD megrendelésre készülő PISA (Programme

⁴³⁶http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktat/nemzetkozi_merese/timss/TIMSS_2011_Osszefoglalo_jelentes_8evf_eredmenyeirol.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

for International Student Assessment) mérések során. A mérési adatokat nemcsak önmagukban, hanem a résztvevő országok – főként gazdasági – jellemzőinek tükrében is elemzik.

A háromévente megrendezésre kerülő PISA-vizsgálat három tudásterületen (szövegértés, matematika és természettudomány) méri a tanulók képességeit. Minden felmérés részletesebben foglalkozik egy-egy tudásterülettel, 2000-ben és 2009-ben a tanulók szövegértése, 2003-ban és 2012-ben a matematikai műveltsége volt a középpontban, 2006-ban pedig a tanulók természettudományos műveltsége kapott kiemelt figyelmet.

A vizsgálat célja annak felmérése, hogy a közoktatás kereteit hamarosan elhagyó 15 éves tanulók milyen mértékben rendelkeznek azokkal az alapvető ismeretekkel, amelyek a mindennapi életben való boldoguláshoz, a továbbtanuláshoz vagy a munkába álláshoz szükségesek. A vizsgálat során tehát nem elsősorban az iskolai tananyag számonkérése a cél, hanem annak felmérése, hogy a tanulók megállják-e helyüket a mindennapi életben, képesek-e tudásukat hasznosítani, új ismereteket befogadni és azokat alkalmazni. Ennek érdekében a PISA igyekezett olyan mérőeszközöket kialakítani, amelyek lehetővé teszik, hogy a tanulók teljesítményei nemzetközileg összehasonlíthatók legyenek.

A tanulói teljesítmény mérése mellett, az oktatásért felelős döntéshozók munkájának segítése érdekében, a vizsgálat nagy hangsúlyt helyez a különböző oktatási rendszerek összehasonlítására, illetve a jó teljesítményekkel leginkább együttjáró tényezők azonosítására. Ennek érdekében az OECD-PISA háttérinformációkat is gyűjt. Minden diák valamint minden iskolaigazgató háttérkérdőívek megválaszolásával segíti ezen tényezők feltárását. A kérdőívek fontos háttérinformációkkal szolgálnak az eredmények elemzéséhez és interpretálásához. Ezen felül a tanulói teljesítményeket összevetik az OECD által korábban már kidolgozott oktatásügyi indikátorokkal, a GDP oktatásra fordított arányával.

A vizsgálatban az OECD országok mellett partnerországok is részt vesznek. 2000-ben összesen 32, 2003-ban 41 ország vett részt, 2006-ra pedig a számuk 57-re nőtt. 2009-ben és 2012-ben már 65 ország, illetve oktatási rendszer vett részt a felmérésben. Magyarországon reprezentatív minta alapján minden felmérésen több mint 200 iskola körülbelül 4600 tanulója vesz részt.

Az OECD-országokban újtára indult PISA mérésekhez Magyarország is csatlakozott 2000-ben. Ekkor a három mérési terület közül az olvasott szöveg értése volt a mérés központi témája. A mérés eredményei a közvélemény számára sokkolóan hatottak, bár – a PISA-méréshez hasonlóan – a matematikai és az anyanyelvi eszköztudást mérő Monitor vizsgálatok eredményeinek ismeretében a szűkebb szakmai közvélemény számára nem voltak túl meglepőek: a 15 éves magyar diákok szignifikánsan az OECD-átlag alatt, a mérésben részt vevő 31 ország közül a 23. helyen szerepeltek. A háttérelmzés rámutatott, hogy Magyarországon az iskolatípustól erősen függ a tanulói teljesítmény: amíg a gimnazisták nemzetközi viszonylatban is jól teljesítenek, a szakiskolások lemaradása szembetűnő. A következő, 2003. évi mérés során a helyzet gyakorlatilag nem változott.

A legutóbbi, 2012. évi mérés természettudományi részén a 15 éves magyar tanulók eredménye szignifikánsan az OECD átlag alatt helyezkedik el⁴³⁷. Ez a teljesítmények visszaesését mutatja, ugyanis a korábbi mérések alkalmával a magyar tanulók az OECD-átlag szintjén teljesítettek. Az eredmények a 34 OECD-tagország sorában a 19-26. míg az összes résztvevő 65 szereplő között a 27-36. helyek valamelyikét érik el. (A bizonytalanság a mérés sztenderd hibájából következik, amelyről a Méréselméleti alapok című alfejezetben esett szó.)

A magyar diákok eredménye statisztikai értelemben nem különbözik a lett, a francia, a dán, az egyesült államokbeli, a spanyol, a litván, a norvég, az olasz, a horvát, a luxemburgi, a portugál és az orosz diákok eredményétől. Ha a magyar diákok természettudományi pozícióját az Európai Unió országai és azon belül a 2004-ben velünk együtt csatlakozó tagországok között vizsgáljuk, azt látjuk, hogy eredményünkkel a 2012-es természettudományi mérésben részt vett uniós

⁴³⁷http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/pisa/pisa2012_osszefoglalo_jelentes.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

tagországok gyengébb feléhez tartozunk. A 2004-ben csatlakozott országokkal történő összehasonlítás még kedvezőtlenebb számunkra, hiszen nálunk mindössze a szlovák és a ciprusi diákok értek el rosszabb eredményt, míg elmaradunk Észtország, Lengyelország, Szlovénia és Csehország eredményei mögött. A két további balti állam, Lettország és Litvánia diákjainak a tudása statisztikai értelemben egyenértékű a magyarokéval.

A legmagasabb képességszintet Magyarországon a tanulók mintegy 0,5%-a éri el, szemben az OECD-átlag 1,2%-kal. A munkaerőpiacra való bekerüléshez kívánatos képességszintet a 15 éves magyar tanulók 18%-a nem éri el, ami az OECD-átlagnak megfelelő arány, ugyanakkor figyelmeztető jel, hogy ez az arány a 2009. évi mérés során tapasztaltakhoz képest mintegy 4%-kal nőtt.

A 2012. évi teljesítményeket a korábbi évek természettudományi eredményeihez viszonyítva elmondható, hogy Magyarország a közé a tíz ország közé tartozik, amelyekben a természettudomány-eredmények gyengültek az utóbbi években. A 10 pontos romlás döntő hányada a 2009 és 2012 közti időszakhoz köthető. Arra, hogy ez romló trendnek tekinthető-e, a 2015-ös mérés eredményei adják meg majd a választ. (Itt érdemes azért megjegyezni, hogy Finnország finn csodaként emlegetett 2006-os 563 pontos eredménye 2012-re 18 ponttal csökkent, bár az 545 pontos eredmény még mindig igen magasnak számít.)

Mint látható, ez az eredmény közel sem mutat olyan jó képet a tanulók természettudományos ismereteiről, mint a TIMSS mérések eredményei. Ez a két mérés eltérő filozófiájából adódik: míg a TIMSS mérés inkább tantárgyi alapú, addig a PISA „képesség” alapú, vagyis azt vizsgálja, hogy a tanulók az iskolában tanultakat hogyan tudják konvertálni iskolán kívüli problémaszituációk megoldása során. Ezt a különbséget az iskolai és a hétköznapi tudás között egy, az 1990-es években végzett széles körű kutatás is kimutatta, amelyet részletesen ismertet „Az iskolai tudás” című könyv (CSAPÓ, 1998).⁴³⁸

Ebben a kutatásban egyrészt hagyományos tantárgyteszteket vettek fel biológiából, fizikából, kémiából és matematikából különböző tanulói populációkat leképező reprezentatív mintákon, másrészt a tudástranszfert mérő („Természettudományos ismeretek gyakorlati alkalmazása”, „Természettudományos gondolkodás”, „Matematikai megértés”), valamint gondolkodási műveleteket (induktív, deduktív, korrelatív, valószínűségi gondolkodást) mérő teszteket alkalmaztak. Háttérváltozóként az osztályzatok, családi háttér, a tanulók attitűdjei, énképe, elégedettsége, szociokulturális környezete került bevonásra.

A kutatás eredményei rámutattak, hogy a természettudományos oktatásban előtérbe kellene kerülnie a mennyiségi (mit?) szemlélettel szemben a minőségi (hogyan?) szemléletnek. Ez lehetne a záloga a transzferábilis tudás kialakításának, amelynek feltétele az ismeretjellegű tudás mellett a gondolkodási képességek, valamint az attitűdök fejlesztése. Ez pedig a megfelelő módszertani kultúra elsajátításán és alkalmazásán múlik.

Az előzőekben ismertetett nemzetközi mérések és a hazai Monitor vizsgálatok eredményei, a minőségügy elterjedése az oktatásügy területén – különös tekintettel az eredményesség, hatékonyság, elszámoltathatóság előtérbe kerülésére – felkeltette az oktatáspolitikai igényt egy teljes körű, a tanulói teljesítményeket rendszeresen és összehasonlítható módon vizsgáló és interpretáló tanulói mérési rendszer kidolgozására. A mérési rendszer kidolgozásának a kezdetektől deklarált céljai között a tanulók teljesítményének felmérése mellett a pedagógusok értékelési kultúrájának fejlesztése, így az intézményi önértékelés segítése, az oktatás helyi tartalmának és módszereinek szükség szerinti átgondolása, a tervezőmunka segítése, valamint az oktatáspolitikai tájékoztatása szerepel.

E célok megvalósítása érdekében jött létre az Országos kompetenciamérés (OKM) rendszere⁴³⁹, amely 2001-től kezdve állandó elemként⁴⁴⁰ a 6. a 8. és 10. évfolyamon minden

⁴³⁸ Csapó B. (szerk.) (1998): Az iskolai tudás, Osiris kiadó, Budapest

⁴³⁹ http://www.oktatas.hu/koznevelas/meresek/kompetenciameres/alt_leiras (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

esztendőben méri a tanulók matematikai és szövegértési eszköztudását. A mérés filozófiája és tartalmi kerete nagyban hasonlít a PISA mérés kereteihez.

Az oktatáspolitikai 2009. évi PISA-mérés természettudományi eredményeinek, illetve az eredmények romlásának ismeretében elhatározta az OKM kibővítését a természettudományi területre is, amely tartalmi keretének kidolgozása többé-kevésbé megtörtént. Jelenleg a tartalmi keretnek megfelelő feladatok készítése és kipróbálása folyik.

8. A kétszintű kémia érettségi

Az érettségi vizsga célja annak megállapítása, hogy a vizsgázó rendelkezik-e az általános műveltség alapjaival és olyan képességekkel, amelyek alkalmassá teszik az önművelésre, szert tett-e megfelelő tárgyi tudásra, gondolkodási és tájékozódási képességre, képes-e ismereteinek rendszerezésére és gyakorlati alkalmazására, valamint felkészült-e a felsőoktatási intézményekben folyó tanulmányok megkezdésére.⁴⁴⁰

2005-ben Magyarországon megszűnt a felsőoktatási felvételi vizsga, szerepét a kétszintű érettségi vizsga vette át. A kétszintű érettségi vizsgarendszer bevezetésének legfőbb célja az volt, hogy az egymás után következő korosztályok számára elérhető legyen a középiskolai érettségi, majd ennek következtében a felsőoktatás. Fontos, hogy a középiskolákban reálisan elsajátítható készségek és megszerezhető ismeretek határozzák meg a vizsgakövetelményeket mind az érettségi, mind a felsőoktatásba való bejutás tekintetében.

Ez a változás megteremtette a lehetőséget annak, hogy a diákoknak a sikeres továbbtanuláshoz elegendő legyen a középiskolai követelmények megfelelő elsajátítása. A kétszintű érettségi több szabadságot biztosít a továbbtanulni szándékozók számára, mert maguk dönthetik el, hogyan gyűjtik össze a számukra szükséges pontszámokat.

Az érettségi rendszerének egy másik lényeges eleme, hogy „élethosszig” lehet vizsgázni. Tehát van mód adott tárgyból javítani a vizsga eredményén, újabb tárgyakból kiegészítő vizsgákat tenni, a megszerzett középszintű érettségit emelt szintre hozni (szintemelő érettségi). Ha a továbbtanulni szándékozónak nincs egy tárgyból érettségije, ám szüksége van rá az egyetemre való bejutáshoz, akkor tehet kiegészítő érettségi vizsgát.

Az érettségi vizsgát alapesetben négy kötelező (magyar nyelv és irodalom, matematika, történelem, idegen nyelv) és egy választott tantárgyból kell tenni. Ugyanakkor a felsőoktatási intézmények előírhatják két olyan tantárgyból is az érettségi vizsga meglétét, amely nem szerepel a négy kötelező vizsgatárgy között, valamint meghatározhatják, hogy hány, illetve milyen tantárgyból követelnek meg emelt szintű vizsgát a jelentkezőktől.

Mint a fentiekből kiderül, a kémia a választható tantárgyak körébe tartozik. Az érettségi vizsga rendszerének kialakításakor, valamint bizonyos elemeinek átalakításakor felmerült annak a gondolata, hogy két szabadon választott tantárgyat kelljen a vizsgázóknak választani, amelyek közül az egyik kötelezően természettudományos tantárgy, azonban ez a kérdés idővel lekerült a napirendről. Ugyanakkor bizonyos képzési területeken előírás lehet a kémia, vagy más természettudományos tantárgy emelt szinten letett vizsgája. Például 2015-ben az orvos- és egészségtudományi képzési terület osztatlan képzéseiben (általános orvos, fogorvos, gyógyszerész) az emelt szintű biológia mellett feltétel az emelt szintű vizsga fizikából vagy kémiából. Mindemellett emelt szinten minimum 45%-os teljesítmény esetén vizsgatárgyanként 50 felvételi többletpont kapható azzal a megkötéssel, hogy ez legfeljebb két vizsgatárgy esetén, tehát maximálisan 100 többletpont erejéig érvényesíthető.

A közeljövő tervei között szerepel, hogy a felsőoktatásba való bekerüléshez – előreláthatólag 2020-tól – valamennyi szakra kötelezően előírják az emelt szintű vizsga letételét.

⁴⁴⁰ A mérés részterületei többször is változtak. Szerepelt bennük az első osztályosok iskolakészültségi vizsgálata, negyedik évfolyamon képességvizsgálat, illetve 6., 8. és 10. évfolyamon angol és német idegen nyelvi mérés is, azonban állandó elemként az említett területek mérése valósul meg.

Kémiából – mint a legtöbb közismereti tantárgyból – emelt szinten is írásbeli és szóbeli részből áll a vizsga. Mindkét szinten központi követelmények alapján, az írásbeli vizsgarész pedig központilag előállított feladatlapmal valósul meg. A vizsgaszervezés azonban a két szinten lényegesen eltérő. Alapvető különbség, hogy a középszintű vizsga úgynevezett belső vizsgaként, míg az emelt szintű vizsga külső vizsgaként kerül megszervezésre. Közép szinten a vizsgázók a központi feladatlapot saját iskolájukban írják meg és saját iskolájuk tanára/tanárai javítják központi javítási útmutató alapján. A szóbeli tételeket és az elvégzendő, illetve elemzendő kísérleteket szintén a saját iskolájukban állítják össze és saját iskolájuk szaktanáraiból, valamint egy „külsős” érrettségi elnökből álló vizsgabizottság előtt teszik le szóbeli vizsgájukat.

Emelt szint esetében az írásbeli dolgozatot központilag meghatározott vizsgahelyen írják, a dolgozatokat a vizsgázót személyesen nem ismerő, szaktanárokból álló bizottság javítja. A szóbeli tételsor szintén központilag meghatározott, pontos értékelési útmutatóval látják el. A szóbeli vizsgát szintén kijelölt vizsgaközpontban, szaktanárokból álló bizottság előtt kell letenni.

Mindkét szint központi vizsgakövetelményeit miniszteri rendelet tartalmazza, amelyek nyilvánosak és az Oktatási Hivatal honlapján szabadon elérhetők⁴⁴¹. A jegyzet írásának időpontjában már megjelentek a 2017-től érvényes vizsgakövetelmények⁴⁴² és a vizsgaleírás⁴⁴³ is.

A közzétett követelményrendszer A) része felsorolja azokat a kompetenciákat (itt képességekként, illetve készségekként értelmezve azokat), amelyek meglétét a vizsgázónak bizonyítani kell. (Például: ismereteinek összekapcsolása a mindennapokban tapasztalt jelenségekkel, vagy egyszerű kémiai kísérletek elvégzése és értelmezése, illetve emelt szinten egyszerű kémiai kísérletek tervezése.) A követelményrendszer B) része négy fejezetben (általános kémia, szervetlen kémia, szerves kémia, kémiai számítások) foglalja össze azokat a fogalmi szinten, a megértés és alkalmazás szintjén elsajátítandó tudáselemeket, amelyek az érrettségi vizsgán számonkérésre kerülnek. A követelményrendszer jól használható az érrettségre való felkészüléshez/felkészítéshez és kötelezően ezek a tartalmak kötik a feladatokat összeállító bizottságok, szaktanárok munkáját is. Ugyanakkor a felkészülés/felkészítés tervezésekor figyelembe kell venni azt is, hogy a felsorolt követelmények nem követik a kémiatanítás időbeli vagy az egyes tankönyvek tematikai logikáját.

A közép- és emelt szintű követelményeket egyetlen táblázat tartalmazza. Természetesen a követelményrendszer úgy értelmezendő, hogy emelt szinten mindazokat a követelményeket el kell sajátítani mint közép szinten, az emelt szint követelményeinek oszlopa csak a középszintnél magasabb szintű követelményeket tartalmazza.

Emelt szintű vizsga esetén a követelményrendszer alapján minden évben közzéteszi az Oktatási Hivatal a szóbeli vizsga témaköreit, az elvégzendő és nem elvégzendő (de értelmezendő) kísérletek listáját. Ezek évről évre csak minimális mértékben változnak, így a korábbi években közzétett témaközök alkalmazhatók a felkészülés/ felkészítés során, bár azok igen általánosak⁴⁴⁴. Az elvégzendő illetve értelmezendő kísérletek leírása⁴⁴⁵ azonban a konkrétan előfordulható feladatokat tartalmazza, így azokra előre felkészíthetők a tanulók.

Középszinten a szóbeli vizsga témaköreinek és a kísérleteknek a nyilvánosságra hozatala az iskola feladata. A szóbeli vizsga témaköreire tehát nyilvánosak, azonban a konkrét tételek nem hozhatók nyilvánosságra sem közép- sem emelt szinten.

⁴⁴¹ http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktat/erettségi/vizsgakövetelmények2012/kemia_vk.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

⁴⁴² http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktat/erettségi/vizsgakövetelmények2017/kemia_vk_2017.pdf (utolsó letöltés: 2015. 09. 06.)

⁴⁴³ http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktat/erettségi/vizsgakövetelmények2017/kemia_vl_2017.pdf (utolsó letöltés: 2015. 9. 06.)

⁴⁴⁴ http://dload.oktatas.eduicatio.hu/erettségi/nyilvanos_anyagok_2015majus/kemia_emelt_szob_temakor_ac_2015_maj.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

⁴⁴⁵ http://dload.oktatas.eduicatio.hu/erettségi/nyilvanos_anyagok_2015majus/kemia_emelt_szob_kiserlet_b_2015mai.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

A szóbeli tételsornak mindkét szinten legalább húsz tételt kell tartalmaznia és a teljes követelményrendszert le kell fednie. A szóbeli tételsor tételei középszinten két, emelt szinten három feladatot tartalmaznak (lásd a 7. táblázatban). Az egy tételen belül szereplő feladatokat úgy kell összeállítani, hogy azok együttesen érintsék a kémia főbb témaköreit (általános-, szervetlen és szerves kémia). A vizsga leírását, a vizsga menetét szintén a miniszteri rendelet tartalmazza, és az Oktatási Hivatal honlapján szintén elérhető⁴⁴⁶. A közép- és emelt szintű vizsga lebonyolításának lényeges elemeit a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat. A közép- és emelt szintű kémia érettségi főbb jellemzői

		Közép szint	Emelt szint	
Írásbeli	Időtartam	120 perc	240 perc	
	Feladat	Központilag előállított írásbeli feladatlap a jogszabályban meghatározott tartalmi és formai elemekkel*		
	Szerezhető pontszám	100**		
	Használható segédeszközök	A vizsgázó által biztosított függvénytáblázat periódusos rendszerrel, szöveges adatok tárolására és megjelenítésére nem alkalmas zsebszámológép		
Szóbeli	Időtartam (30 perc felkészülési idő után)		15 perc	20 perc
	Feladatok	A	Egy szerves, szervetlen vagy általános kémiai téma vagy témakör átfogó ismertetése.	
		B	Egy kísérlet végrehajtása és a tapasztalatok értelmezése vagy leírt kísérlet megadott tapasztalatainak értelmezése.	Egy kísérlet végrehajtása és a tapasztalatok értelmezése, vagy egy leírt kísérlet várható eredményének becslése és elemzése. ⁴⁴⁷
		C	-	Problémamegoldó feladat.
	Szerezhető pontszám***	A	25	20
		B	15	10
		C	-	10
		Szakmai nyelvezet, a mértékegységek, a jelrendszer helyes használata	5	5
		A segédeszközök szakszerűhasználata	5	5
		Összesen	50	
	Használható segédeszközök		A vizsgabizottságot működtető intézmény által biztosított függvénytáblázat periódusos rendszerrel, szöveges adatok tárolására és megjelenítésére nem alkalmas zsebszámológép, a tételeknek megfelelően csoportosított kísérleti eszközök.	

* A középszintű feladatsor tartalmaz egy alternatív (választható) feladatpárt, melynek egyik feladata elméleti, a másik számítási feladat.

** A feladatlapon elérhető összpontszám százalékában kifejezve, szükség esetén a kerekítés szabályai szerint kerekítve.

*** A vizsgaleírás részletes értékelési szempontrendszert tartalmaz.

⁴⁴⁶ http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/erettsegi/vizsgakovetelmenyek2012/kemia_vl.pdf (utolsó letöltés: 2015. 01. 15.)

⁴⁴⁷ A jelen jegyzet írásakor érvényes érettségi vizsgaleírás nem tartalmazza a kísérlettervezést, ami viszont szerepel az emelt szintű érettségi követelmények között.

Mint látható, mind közép- mind emelt szinten a megszerezhető pontok száma 150. Az érettségi vizsga százalékos eredményét az írásbeli és a szóbeli vizsgarész pontszáma összegének 1,5-del való osztása és a kerekítés szabályainak megfelelő egész számra kerekítéssel számítja a központi érettségi szoftver. A százalékos eredmények osztályzattá történő alakítása – az elégségeshez szükséges minimális teljesítmény kivételével – közép- és emelt szinten eltérő (8. táblázat), amelyet az emelt szintű érettségi követelmények magasabb szintje indokol, ugyanis így biztosítható a két különböző szinten érettségiző tanulók azonos szempontok alapján történő, egységes értékelése.

8. táblázat. A közép- és emelt szintű érettségi százalékos teljesítményeinek átváltása osztályzatokká

Közép szint	Osztályzat	Emelt szint
80%-100%	jeles	60%-100%
60%-79%	jó	47%-59%
40%-59%	közepes	33%-46%
25%-39%	elégséges	25%-32%
0%-24%	elégtelen	0%-24%

A vizsgán megszerezhető pontok kétharmada az írásbeli, egyharmada a szóbeli vizsga pontszámából szerezhető meg. Ezzel kapcsolatban érdemes felhívni a tanulók figyelmét arra, hogy az írásbeli vizsgarészre való felkészülésre – és természetesen a felkészítésre – nagy gondot kell fordítani, mert egy gyengébb – például közepes szintű – írásbeli eredményt közép szinten gyakorlatilag nem lehet jelesre javítani egy mégoly jó szóbeli vizsgával sem.

Irodalom

- Báthory Zoltán (1997.): Tanulók, iskolák, különbségek. Okker, Budapest
- Bloom, B. (1956): Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain, McKay, New York
- Csapó B. (2000): Tudásszintmérő tesztek. In: Falus I. (szerk.): Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Csapó B. (szerk.) (1998): Az iskolai tudás, Osiris kiadó, Budapest
- Falus I., Ollé J. (2000): Statisztikai módszerek pedagógusok számára, Okker Kiadó, Budapest
- Hurlock, E. (1925): An Evaluation of Certain Incentive Used in Schoolwork, J. of Educational Psychology, **XVI**.
- Kiss M., Mezősi K., Pavlik O.-né (1998): Értékelés a pedagógiában, Fővárosi Pedagógiai Intézet, Budapest
- Molnár Gy. (2013): A Rasch-modell alkalmazási lehetőségei az empirikus kutatások gyakorlatában, Gondolat Kiadói Kör Kft., Budapest
- Rosenthal, R., Jacobson, L. (1968): Pygmalion in the classroom: Teacher expectations and pupils' intellectual development, Holt és Rinehart-Winston, New York
- Vidákovich T. (2000): Diagnosztikus tudásszint- és képességvizsgálatok, in: Csapó B., Vidákovich T. (szerk.) Neveléstudomány az ezredfordulón, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

XII. A KÉMIAOKTATÁS KUTATÁSÁNAK ALAPJAI

Tóth Zoltán

Tartalom

1. A kémia szakmódszertan mint tudomány
2. A kémiaoktatás kutatásának folyamata
3. A kutatási eredmények publikálása

1. A kémia szakmódszertan mint tudomány

Tudomány-e a kémia szakmódszertan (kémia-didaktika, kémia tantárgy-pedagógia)? Amennyiben a tudományosság kritériumainak megfelelően műveljük, akkor igen.

A tudományosság kritériumai

EYBE és SCHMIDT a kémiaoktatás kutatásával kapcsolatos közlemények minőségi követelményei kapcsán a tudományosság három kritériumát fogalmazta meg:⁴⁴⁸

1. A kutatás elméleti keretek között folyjék.
2. A kutatás tényeken alapuljon.
3. A kutatás általánosítható eredményekhez vezessen.

A tudományos megismerés és a mindennapi megismerés különbségei

A kétféle megismerés alapvetően négy dologban különbözik egymástól: a megfigyelés, a következtetés, az észlelés és az érvelés tudatosságában, ellenőrizhetőségében (BABBIE, 2003⁴⁴⁹). *Hétköznapi megfigyeléseink* esetlegesen, rendszertelenek, többnyire nem tudatosak és az érzékelésen alapulnak. Számos példát lehetne hozni arra, hogy érzékszerveink mennyire becsaphatók, mennyire manipulálhatók. A *tudományos megfigyelés* tudatos, tervszerű, jól dokumentált tevékenység. Az emberi érzékelés mellett (olykor helyett) megfelelően kifejlesztett mérőeszközöket használunk, és így küszöbölhetjük ki a megfigyelés pontatlanságából adódó hibát.

Mind a mindennapi, mind a tudományos megismerésnek fontos lépése az összefüggések keresése a megfigyelt dolgok között, a következtetés. A hétköznapi következtetéseinkre jellemző a *túláltalánosítás*, azaz amikor egy vagy néhány megfigyelés alapján vonunk le következtetéseket. A tudományos megismerés során kétféle módon kerülhetjük el a túláltalánosítás veszélyét. Az egyik lehetőség, hogy *kellően nagyszámú és reprezentatív* (a populációra – amelyből a minta származik – jellemző összetételű) mintán végzett *megfigyelések*. A másik fontos módszer a túláltalánosítás kivédésére a vizsgálat *megismétlése*.

Alapvetően különbözik a mindennapi megismerésben és a tudományos megismerésben az észlelés, a levont következtetések érvényességének ellenőrzése. A mindennapi megismerés során a túláltalánosítással nyert következtetések esetén nagyon gyakori, hogy csak azokat az eseményeket, helyzeteket vesszük észre, melyek összhangban vannak a túláltalánosítással nyert összefüggéssel, és figyelmen kívül hagyjuk a másféle tapasztalatokat. Ezt nevezzük *szелеktív észlelésnek*. A tudományos megismerés során egyrészt előre *megtervezzük*, hogy hány és milyen megfigyelés alapján akarunk majd következtetéseket levonni, másrészt *hipotéziseket* állítunk fel a várható összefüggésre vonatkozóan. A hipotézisek olyan kijelentések, amelyek a kutató feltételezéseit fogalmazzák meg a vizsgált jelenséggel kapcsolatban. A vizsgálat eredménye a hipotézist vagy alátámasztja, vagy cáfolja.

⁴⁴⁸ Eybe, H., Schmidt, H.-J. (2001): Quality criteria and exemplary papers in chemistry education research. Int. J. of Science Education, 23 (2) 209-225

⁴⁴⁹ Babbie, E. (2003): A társadalomtudományi kutatás gyakorlata. 6. kiadás, Balassi Kiadó, Budapest

A túláltalánosítással nyert következtetéseinkhez való ragaszkodás másik formája a szelektív észlelésen kívül az *illogikus gondolkodás*. Amennyiben megfigyeléseink ellentmondanak korábbi következtetéseinknek, a hétköznapi megismerésben gyakran azzal intézzük el a dolgot, hogy „a kivétel erősíti a szabályt”. A tudományos érvelésben nincs helye az illogikus gondolkodásnak, a *logikus érvelés*nek megvannak a maga szabályai és a tudósok azokat tudatosan alkalmazzák.

A kémiai kutatás és a kémiaoktatás kutatásának módszertani különbsége

Világosan látnunk kell, hogy a kémiaoktatás kutatása és a kémia kutatása között lényeges különbségek vannak. Ez a különbség megnyilvánul a vizsgált jelenség komplexitásában, megfigyelhetőségében, megismételhetőségében és mérhetőségében, a körülmények befolyásoló hatásában, a kutatás módszereiben és eszközeiben, valamint etikai vonatkozásaiban is. A kémiaoktatás kutatása (szakmódszertani kutatás) – módszereit tekintve – a társadalomtudományi kutatásokhoz hasonló. Ez különösen nagy problémát okozhat a természettudományok kutatási módszerein nevelkedett kémia-, fizika-, biológia- és matematikatanároknak.

A kémiaoktatás kutatásának célja

A kémiaoktatás kutatásának célját – hasonlóan FALUS IVÁNNak (2004)⁴⁵⁰ a pedagógiai kutatás céljára adott megfogalmazásához – a következőképpen adhatjuk meg: *A kémiaoktatás kutatásának célja új ismeretek feltárásával, pontosabbá tételével, elmélyítésével, a meglévő ismeretek rendszerezésével hozzájárulni a kémia oktatásának, az oktatásán keresztül megvalósuló nevelésnek az eredményesebbé tételéhez.* A cél értelmezésénél azonban látnunk kell, hogy a kémiaoktatás kutatása általában túlmutat a szűkebben vett tantárgyhoz kapcsolódó oktatási és nevelési kérdéseken. Eredményei mind a rokon tantárgy-pedagógiák (szakmódszertanok) számára, mind az általános didaktika, a neveléstudomány és a pedagógiai pszichológia számára is hasznosak lehetnek.

A kémiaoktatás kutatásának jellege

Ahogy azt már korábban jeleztük, a kémiaoktatás kutatása sokkal több hasonlóságot mutat a társadalomtudományi kutatásokhoz, mint a természettudományi kutatásokhoz. A természettudományoktól való különbözőség megmutatkozik a vizsgált jelenségek komplexitásában, megfigyelhetőségében, megismételhetőségében és mérhetőségében is. Egy tanuló – pláne tanulócsoport – tudásszerkezete sokkal összetettebb, mint egy lombikban lévő oldat vagy akár egy virág felépítése. A természettudományi kutatások túlnyomó többségében megfelelő műszerek segítségével gyűjtjük az információkat a vizsgált rendszerről. A tantárgy-pedagógiai kutatásokban mérőeszközökön általában kérdőíveket értünk. A természettudományos vizsgálat jelenségei általában determinisztikusak, míg a tantárgy-pedagógiában – a társadalomtudományokhoz hasonlóan – többnyire valószínűségi folyamatokkal találkozhatunk. Ellentétben a természettudományi megfigyelésekkel, kísérletekkel, a tantárgy-pedagógiai megfigyelések, kísérletek lényegében megismételhetetlenek, hiszen alanyai – a tanulók – állandóan változnak. Bár mérni tudunk bármit, ami létezik, könnyű belátni, hogy a tömeget, a hosszúságot vagy akár a koncentrációt is sokkal könnyebb megmérni, mint egy tanuló tudásszintjét, már csak azért is, mert a természettudományokban az a tulajdonság, amit mérni szeretnénk, sokkal jobban definiált, mint a tantárgy-pedagógiában, vagy általában a társadalomtudományban.

A kémiaoktatás kutatásának etikai vonatkozásai

A tudományos kutatásnak alapvető etikai törvényei vannak. Az egyik ilyen, hogy tilos az adatok és az eredmények tudatos meghamisítása. A kutató is ember, és számos olyan esetet jegyeztek már le a tudomány történetében⁴⁵¹, amikor a kutató annyira makacsul hitt elképzeléseiben, hogy még mérési eredményeit is képes volt meghamisítani, csak hogy kutatása az általa elvárt „eredményhez” vezessen. A másik etikai alaptörvény az, hogy tilos mások munkáját

⁴⁵⁰ Falus I. (szerk.) (2004): Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

⁴⁵¹ Beck M. (1977): Tudomány – áltudomány, Akadémiai Kiadó, Budapest

„ellopni”, részben vagy egészben sajátunkként feltüntetni (plagizálás). A plagizálás kiszűrése ma már sokkal egyszerűbb, mint néhány évtizede volt, hála a világhálónak és a számítógépes kereső- és szövegelemző programoknak.

Ezekhez az „alaptörvényekhez” társul – minden olyan tudományos kutatás esetében, melynek vizsgálódási tárgya élőlény (pl. orvostudomány, ökológia, társadalomtudományok) –, egy további etikai kérdés: a kutatás résztvevőivel – tantárgy-pedagógiai kutatások esetén a kutatásba bevont tanulókkal, pedagógusokkal – szembeni kötelezettség. Ez jelenti egyrészt, hogy maximálisan tekintettel kell lenni a kutatásba bevont pedagógusok és tanulók személyiségi jogaira (megfelelő tájékoztatás, önkéntes részvétel, anonimitás, bizonyos esetekben írásbeli nyilatkozat stb.). Természetesen, ha mondjuk egy iskolai témazáró dolgozatot szeretnénk valamilyen szempontból elemezni, ahhoz nem szükséges a tanulók beleegyezése, sőt még az előzetes tájékoztatásuk sem. Az anonimitásra azonban ekkor is figyelniünk kell. Ha a kutatás során gyerekekről fénykép- vagy videofelvételeket akarunk készíteni, és ezt olyan szándékkal tesszük, hogy alkalmasint nyilvánosságra is hozzuk, ehhez mindenképpen be kell szereznünk a szülők beleegyező nyilatkozatát.

Fokozott odafigyelést és átgondolást igényelnek a pedagógiai kísérletek, például egy új tankönyv kipróbálása. Ilyenkor messzemenően mérlegelnünk kell, hogy a várható előnyök meghaladják-e az esetleges hátrányokat. Egy tankönyv kipróbálásába tehát csak akkor szabad belevágni, ha alapos okunk van feltételezni, hogy az új tankönyv legalább annyira hasznos lesz a tanulók számára, mint a régi.

Általában minden, az iskolában folyó pedagógiai kutatást – legyen az vizsgálat vagy kísérlet – csak az iskolavezetés (igazgató) tudomásával szabad végezni.

2. A kémiaoktatás kutatásának folyamata

A kémiaoktatás kutatásának folyamata olyan, mint általában a tudományos kutatás folyamata. Fontosabb lépései a következők:

1. Témaválasztás.
2. A szakirodalom feldolgozása.
3. A kutatási cél megfogalmazása – hipotézisalkotás.
4. A módszerek és eszközök kiválasztása.
5. A minta kiválasztása.
6. A kutatás lebonyolítása.
7. Az adatok elemzése.
8. Az eredmények publikálása.

Terjedelmi okokból a következőkben csak a szak módszertani kutatás néhány lépését tárgyaljuk.

A szakirodalom feldolgozása

Kezdő kutatók gyakran esnek abba a hibába, hogy a releváns szakirodalom ismerete nélkül végeznek kutatást, „fedezik fel a spanyolviaszt”. Minden tudományterületnek, így a kémia szak módszertannak is vannak nemzetközileg jegyzett tudományos folyóiratai (Chemistry Education Research and Practice, Journal of Chemical Education, International Journal of Science Education, Journal of Science Education stb.)⁴⁵² Érdemes ezeket olvasgatni – bár az említettek közül csak az első szabadon hozzáférhető, de sokszor a címek, összefoglalók is rendkívül informatívak tudnak lenni – nem csak azért, hogy a szűkebben vett kutatásunk terén mi minden történt már a világban, hanem azért is, hogy képet alkothassunk a szak módszertani

⁴⁵² <http://pubs.rsc.org/en/journals/journalissues/rp#!recentarticles&all>
<http://pubs.acs.org/journal/jceda8>
<http://www.tandfonline.com/loi/tsed20#.VOMT7yxGSjY>
<http://www.accefyn.org.co/rec/portal/>

kutatások aktuális irányzatairól. Ilyen cikkeket találhatunk például a Magyar Pedagógia és az Iskolakultúra, interneten is szabadon elérhető tudományos folyóiratokban⁴⁵³.

A szakirodalom feldolgozásának alapvetően kétféle módszere van: a folyamatos követés és a visszatekintő (retrospektív) irodalmazás. *Folyamatos követésről* akkor beszélünk, ha egy adott kutatási témában több éve tevékenykedő kutató folyamatosan figyeli a téma szakirodalmát. Kezdő kutatók esetén – vagy új kutatási téma indításakor – a *retrospektív irodalmazást* kell használnunk. Azaz minél több, a témában korábban megjelent tudományos publikációt felderíteni és feldolgozni. Csak így tudjuk elkerülni, hogy kutatásunk eredménye ne triviális, a szakemberek által már jól ismert tény, összefüggés vagy törvényszerűség legyen. Így tudjuk kutatásunkat elhelyezni a nemzetközi kutatások körében, és így kaphatunk remek ötleteket mind a kutatás megvalósításához, mind az eredmények értékeléséhez. Fontos megjegyezni, hogy számos kutatási ötletet és kutatás-módszertani megoldást lehet kapni más tantárgy-pedagógiai (fizikai, biológiai, matematikai, nyelvészeti stb.) kutatásokból is.

A szakirodalom feldolgozásának technikája lehet ún. naplózó kivonat, illetve cédulázás. (Ezek az elnevezések még a papíralapú irodalmazás korszakából maradtak ránk, de – értelemszerűen – alkalmazhatók elektronikus környezetben is.) A *naplózó kivonat*ot néhány forrásmunka esetén használjuk. Lényegében kijegyzeteljük az adott forrást, és a jegyzeteket saját megjegyzéseinkkel látjuk el. Nagyon nehéz ma már olyan kutatási témát elképzelni, amelynek csak néhány szakirodalmi forrása lenne. Ezért sokkal gyakoribb az ún. cédulázás. A *cédulázás* során tematikus jegyzeteket készítünk a feldolgozott szakirodalomból, jól elkülönítve a szószerinti idézeteket, a tartalmi idézeteket és a saját megjegyzéseinket. Mindkét irodalmazási technika esetén fel kell jegyezni a forrásmű bibliográfiai adatait (szerző, cím, megjelenés helye, évszáma, szószerinti idézet esetén pontos oldalszám, internetes forrás esetén az elérhetőség és az utolsó látogatás időpontja). A szakirodalmi feldolgozásról részletesebben olvashatunk a Falus Iván által szerkesztett kutatás-módszertani tankönyvben (FALUS, 2004)⁴⁵⁴.

A továbbiakban tárgyalásunkat a szakmódszertani kutatások többségére jellemző ún. empirikus kutatásokra szűkítjük.

Az empirikus kutatás

Az empirikus kutatás során megkülönböztetünk vizsgálatot és kísérletet. Az empirikus *vizsgálat* során nem mi változtatjuk a ráhatást. Például empirikus vizsgálat a különböző korú, vagy különböző iskolatípusban tanuló diákok kémia tudásának vizsgálata. Az empirikus (vagy pedagógiai) *kísérlet* során mi változtatjuk a ráhatást, és ezekben az esetekben képezhető kontrollcsoport is. Ilyen kísérlet például egy új tankönyv vagy egy új tanítási módszer kipróbálása, hatásvizsgálata. [Az empirikus vizsgálatról olvashatunk FALUS és OLLÉ könyvében (2008)⁴⁵⁵ is.]

Az empirikus kutatás egyik alapkérdése az *alapsokaság (populáció)* és a *minta* viszonyának kérdése. Az alapsokaság (minta) azokat a személyeket, tárgyakat, jelenségeket jelenti, akikre vagy amelyekre vonatkozóan az empirikus kutatás eredményeiből következtetéseket kívánunk levonni. A minta az alapsokaság általunk kiválasztott része. Például alapsokaság a kémiát gimnáziumban tanuló 9. osztályos tanulók csoportja. Az a néhány gimnáziumi 9. osztály pedig, melyek bevonásával az empirikus kutatást végezzük, az ún. minta. A mintán kapott eredmények csak abban az esetben általánosíthatóak az egész populációra (alapsokaságra), ha a minta reprezentálja (leképezi) azt. Egy mintát akkor tekintünk *reprezentatívnak*, ha a kutatás szempontjából

⁴⁵³ <http://www.magyarpedagogia.hu/>
<http://www.iskolakultura.hu/>

⁴⁵⁴ Falus I. (szerk.) (2004): Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

⁴⁵⁵ Falus I., Ollé J. (2008): Az empirikus kutatások gyakorlata. Adatfeldolgozás és statisztikai elemzés, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

meghatározó tényezők (pl. nemek aránya, szülő iskolai végzettsége, az iskola kisvárosi vagy nagyvárosi jellege, a tanulók előképzettsége stb.) tekintetében ugyanolyan összetételű, mint az alapsokaság. Ezt leginkább a véletlenszerű mintavétellel tudjuk biztosítani, amelynek a gyakorlati megvalósítása azonban nagyon nehéz. A tantárgypedagógiai kutatások többsége az ún. nem-valószínűségi (nem-reprezentatív) mintavétellel végzett kutatások közé tartozik, azaz eredményei szigorúan véve csak a vizsgált mintára érvényesek.

Az empirikus kutatás leggyakoribb *eszközei* a kérdőívek, az interjúk és a megfigyelés. A kérdőívek – legyenek azok papíralapúak vagy online kérdőívek – zárt- és nyíltvégű kérdéseket egyaránt tartalmazhatnak. Az interjúk lehetnek nyíltak (pl. egy témakörrel beszélgetünk diákokkal vagy tanárokkal), félig strukturáltak (pl. a kiválasztott témakörrel szóló beszélgetés során előre elkészített kérdéseket is teszünk fel) vagy strukturáltak (a beszélgetés során szigorúan csak az előre megtervezett kérdéseket tesszük fel meghatározott sorrendben a válasz tartalmától függetlenül). A megfigyelés során bizonyos szempontok alapján figyelünk meg eseményeket (pl. egy tanítási órát) és jegyezzük fel a történéseket (pl. hány és milyen jellegű kérdés hangzott el stb.).

Kísérleti elrendezések

Egy pedagógiai kísérlet eredményének megbízhatóságát, az alapsokaságra (populációra) kiterjesztett következtetéseit erősíteni tudjuk a megfelelő kísérleti elrendezés megválasztásával. Az ún. alkísérletek tudományos szempontból hiteltelenek. Ilyenek például az egyetlen mérést (pl. csak utómérést) tartalmazó kísérletek, az egycsoportos, elő- és utómérési kísérletek (nincs kontrollcsoport!), valamint a kétcsoportos utómérési kísérletek, pl. két osztály felmérése eredményeinek összehasonlítása (nincs biztosítva a véletlenszerű mintavétel). A félempirikus kísérleti elrendezések eredményei már alkalmasak lehetnek megbízható következtetések levonására. Ilyen a megszakításos időbeli követés, amikor a minta kis elemszáma nem teszi lehetővé kontrollcsoport létrehozását, ezért csak kísérleti csoportunk van. Ilyenkor a kísérlet előtt és a kísérlet után is időben elhúzódva többször mérünk, és az eredmények összehasonlítása jelzi, hogy a kísérletnek van-e a természetes éréshez képest kimutatható hatása. Másik lehetőség – pl. egy új tanítási módszer kipróbálásakor – az, hogy a tananyag egyes témaköreit felváltva a hagyományos és a kísérleti módszerrel tanítjuk, és minden témakör után mérjük a hatást. Ilyenkor a hagyományos tanítás után mért hatás és a kísérleti módszer után mért hatás összehasonlításából vonhatunk le többé-kevésbé megbízható információkat a kísérleti módszer eredményességére.

Megbízhatóság szempontjából a valódi empirikus kísérleti elrendezések a legjobbak. A *randomizált kétcsoportos utómérési kísérlet* megbízhatósága attól függ, mennyire sikerült biztosítani a kontrollcsoport és a kísérleti csoport hasonló összetételét. Osztályszinten ezt a problémát úgy szokták megoldani, hogy a két vagy több osztály tanulóit „összekeverik”, és véletlenszerű mintavétellel alakítják ki a kísérleti csoport(ka)t és a kontrollcsoport(ka)t. Kis elemszám esetén – sajnos – ez sem ad megbízható eredményt. A pedagógiai kutatásban leggyakrabban használt és leginkább elfogadott kísérleti elrendezés a *kétcsoportos, elő- és utómérési kísérlet*. Ilyenkor – amennyiben a minta elemszáma ezt lehetővé teszi – a kontroll- vagy a kísérleti csoport utólagos összetételét változtathatjuk meg úgy, hogy az előmérés eredménye a két csoportban közel azonos legyen (ne legyen közöttük szignifikáns különbség). Ennek a kísérleti elrendezésnek egyetlen hibája, hogy az előmérés befolyásolhatja az utómérés eredményét.

Adatbázis-készítés

„Adatbázisnak nevezzük azt a rendezett információhalmazt, amelyben a vizsgált személyekre vonatkozó elemi információk változók szerinti rendezett formában állnak rendelkezésünkre.” (FALUS és OLLÉ, 2008. 71. old.⁴⁵⁶) Az adatbázis-készítéshez leggyakrabban az

⁴⁵⁶ Falus I., Ollé J. (2008): Az empirikus kutatások gyakorlata. Adatfeldolgozás és statisztikai elemzés, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

Excel programot vagy az – elsősorban a társadalomtudományi kutatások számára kifejlesztett – SPSS programot szoktuk használni.

A pedagógiai kísérletek során nyert adatokat három csoportba sorolhatjuk. *Intervallumskála-adatokról* beszélünk minden olyan adat esetén, amelyeket egymással összeadhatunk, egymásból kivonhatunk és átlagolhatunk. Ilyen például egy felmérő dolgozat pontszáma. Az *ordinális, vagy rangskálán* mért adatokkal általában nem végezhetjük el az előbbi számtani műveleteket. Az ilyen skálák gyakori típusa az ún. Likert-skála. Ilyenkor rangsort kell felállítanunk bizonyos megállapításokkal kapcsolatban (pl. nem tetszik – tesz – nagyon tetszik; soha – ritkán – olykor – gyakran – mindig stb.), és azt egy három-, négy-, öt- vagy hétfokú skálán jelölni. Az oktatásban elterjedten használt ötfokú értékelés is ebbe a kategóriába tartozik. (Megjegyezzük, hogy a Likert-skálán kapott adatokat – elvileg – nem lehet átlagolni, a szakirodalomban mégis gyakran találkozunk ezzel az adatredukciós eljárással. Ez megtehető akkor, ha a Likert-skálán mért válaszok eloszlása követi a normális eloszlást.) Az adatok harmadik csoportját képezik a *nominális vagy megállapítható* adatok. Ilyen lehet például a válaszadó neme, legmagasabb iskolai végzettsége, vagy az, hogy az adott tantárgyból (pl. kémiából) érettségizett-e vagy sem. A nominális adatokkal szintén nem lehet a már említett műveleteket (összeadás, kivonás, átlagolás) elvégezni. Mind az intervallumskálán, mind a nominális adatok esetén gyakran használjuk az ún. dichotóm-skálát. Ebben az esetben a skála kétféle értéket vehet fel: 0 (pl. hibás válasz, nem érettségizett kémiából stb.), vagy 1 (jó válasz, érettségizett kémiából stb.).

A mérőeszköz standardizálása

Triviális, hogy a kémiai laboratóriumokban használt mérőműszereket használat előtt hitelesíteni (kalibrálni) kell. Valami hasonlót kell tennünk az empirikus pedagógiai kutatáshoz kidolgozott mérőeszközökkel (papíralapú vagy akár on-line kérdőívekkel, feladatlapokkal, tesztekkel) is, függetlenül attól, hogy mi fejlesztettük ki vagy mások „jól bevált” mérőeszközét vettük át. Minden mérőeszköznek három ún. jóságkritériuma van.

Az első az *objektivitás*, azaz, hogy a mérőeszközzel kapott válaszok értékelése mennyire tekinthető az értékelést végző személyétől függetlennek. Objektívek a zártvégű kérdéseket tartalmazó feladatok, ugyanakkor számos tanulmány⁴⁵⁷ bizonyítja, hogy a nyílt végű kérdések (esszék, problémafeladatok) válaszainak értékelése bizony egyáltalán nem tekinthető objektívnek (részletesebben lásd XI. Ellenőrzés, értékelés, mérés).

A *érvényesség (validitás)* megállapítása általában a vizsgált témakörben (pl. középiskolai kémiaoktatásban), valamint a pedagógiai kutatásokban is járatos szakértők segítségével történik. Amennyiben a szakértők szerint a mérőeszköz egésze és annak minden részkérdése („*item*”) alkalmas a megcélzott terület vizsgálatára, akkor a mérőeszközünk érvényesnek (*validnak*) tekinthető. Nem tekinthető érvényesnek például egy olyan kérdés (feladat), melynek megválaszolására a tanulók még nem lehetnek felkészülve (pl. elektrolízissel kapcsolatos számítás, vagy a Markovnyikov-szabály alkalmazására vonatkozó kérdés általános iskolások vagy szakiskolában tanulók esetében).

A *megbízhatóság (reliabilitás)* azt mutatja meg, hogy – a vizsgált minta esetén – hogyan mér a mérőeszközünk. Ennek számszerű kifejezése a reliabilitásmutató (értéke 0 és 1 között változhat), melyet vagy az ún. tesztfelezési eljárással, vagy – gyakrabban – az ún. Cronbach-féle alfa-val szoktak meghatározni, illetve megadni. A tesztfelezési eljárás során azt vizsgáljuk, hogy mennyi a korreláció (r) a teszt páratlan és páros számú itemei között. A reliabilitásmutató (r_{tt}) számítása a következő képlettel történik:

⁴⁵⁷ Tóth Z. (1994): Egységes megmérés – egységes értékelés? (Gondolatok a kémia felvételi feladatok kapcsán). Iskolakultúra – Természettudomány, 4 (4), 29-33.

$$r_u = \frac{2r}{1+r}$$

A Cronbach-féle alfa számítása:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right)$$

ahol n : az itemek száma, s_i : az egyes itemek szórása, s_t : a teljes teszt (mérőeszköz) szórása. Egy mérőeszköz általában akkor tekinthető jónak, ha a reliabilitásmutatója 0,8 vagy annál nagyobb. Gyakran előfordul, hogy a mérőeszköz reliabilitását növelni lehet egy-két olyan item kihagyásával, amely valamilyen oknál fogva nem jól mér.

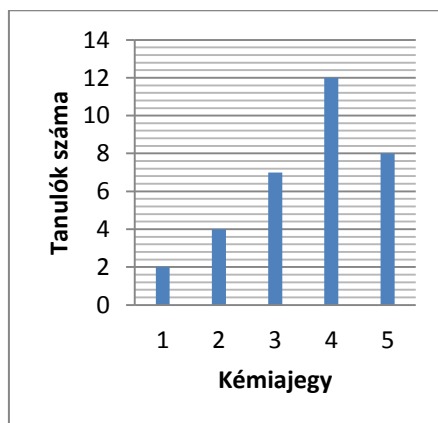
Az eredmények statisztikai elemzése

A mérés során kapott adatok, eredmények statisztikai elemzése általában három nagy csoportba sorolható: leíró statisztikai elemzések, összefüggés-vizsgálatok és különbözőségvizsgálatok.

A *leíró statisztikai elemzések* során a mintán kapott adatokat tesszük áttekinthetőbbé. A gyakorisági (leggyakrabban abszolút vagy relatív gyakorisági) eloszlásokat vagy táblázattal (kontingencia-táblázat), vagy grafikonnal (hisztogrammal) szokás megadni. Példaként egy osztály kémiajegyeinek (abszolút) eloszlását szemlélteti az 1. táblázat és az 1. ábra.

1. táblázat. Egy osztály kémiajegyeinek (abszolút) eloszlása

Kémiajegy	Tanulók száma
1 (elégtelen)	2
2 (elégséges)	4
3 (közepes)	7
4 (jó)	12
5 (jeles)	8



1. ábra. Egy osztály kémiajegyeinek (abszolút) eloszlása

A leíró statisztika következő fontos lépése a középérték képzése. Ilyenkor a nyers adatokat – a könnyebb kezelhetőség, összehasonlíthatóság, szemléletesség miatt – egyetlen adatra redukáljuk. Háromféle középértéket különböztetünk meg: a módusz a leggyakoribb érték (példánkban a 4-es kémiajegy), a medián az az érték, amelynél az adatok legfeljebb 50%-a kisebb, és legfeljebb 50%-a nagyobb (példánkban szintén a 4-es), és az átlag vagy számtani közép (példánkban: 3,61). (Megjegyezzük, hogy az átlag különösen érzékeny az extrém értékekre!) Az intervallumskálán mért adatok esetén mind a három középértéket, a rangskálán mért adatok esetén csak a móduszt és a mediánt, a nominális változók esetén csak a móduszt szabad használni.

Amint már jeleztük a középértékképzés szükségképpen információvesztéssel jár. Két, nagyon eltérő eloszlást mutató minta esetén is kaphatunk egyező középértéket. Ennek a problémának az „enyhítésére” szoktuk megadni a középértéktől való eltérés mértékét, a szóródást. A leggyakrabban használt szóródási mérőszámok: az interkvartilis félterjedelem, a variancia, a szórás és a relatív szórás. Itt most csak a szórást és a relatív szórást mutatjuk be. A szórás nagyon jól használható hasonló átlagú minták szóródásának („homogenitásának”) összehasonlítására. Számítása a következő képlettel történik:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

ahol $\bar{x}$ az átlag, x_i a minta i -edik tagjának értéke, n a minta elemszáma. Példánkban $s = 1,17$. A relatív szórás a szórás (s) és az átlag ($\bar{x}$) hányadosa. Esetünkben: 0,325, azaz 32,5%.

Az *összefüggés-vizsgálatok* során két vagy több azonos típusú(!) változó közötti kapcsolatot tárunk fel egy adott minta esetében (pl. van-e összefüggés a tanulók matematikából elért eredménye és kémiából elért eredménye között). Legegyszerűbb esete a korrelációs számítás. A vizsgált változók közötti összefüggés erősségét a korrelációs együtthatóval (r) szoktuk jellemezni. Ennek előjele az összefüggés típusára, abszolút értéke (0-tól 1-ig terjedően) a két vizsgált változó közötti összefüggés erősségére utal. Amennyiben arra is kíváncsiak vagyunk, hogy ez az összefüggés mennyiben jellemzi az alapsokaságot is, vagyis mennyire nem a véletlen mintavétel következménye, akkor meg kell adnunk a korrelációs együttható szignifikanciaszintjét (valószínűségi szintjét) is. A szignifikanciaszint 0 és 1 között változhat ($0 \leq p \leq 1$). A pedagógiai kutatásokban általában akkor beszélünk szignifikáns összefüggésről (vagy különbözőségről), ha a $p \leq 0,05$. Ez – szemléletesen – azt jelenti, hogy száz mintavétel esetében legfeljebb 5 esetben találunk a kapott összefüggéstől (korrelációs együtthatótól) eltérő értéket. Az összefüggés-vizsgálatok részletes leírása, Excel, illetve SPSS programmal történő végrehajtása megtalálható FALUS és OLLÉ könyveiben (2000; 2008)⁴⁵⁸ is.

A *különbözőségvizsgálatok* segítségével meg tudjuk mondani, hogy két vagy több minta között van-e jelentős különbség egy adott változó tekintetében (pl. van-e különbség két osztály témazáró dolgozatának eredménye között). (Ha a különbözőségvizsgálatot szignifikancia-vizsgálattal is kiegészítjük, akkor a két minta által reprezentált alapsokaságra vonatkozóan is tudunk következtetéseket levonni.) Intervallumskálán értelmezett adatok esetén gyakran alkalmazzuk az egymintás t -próbát (pl. ugyanazon osztály kémiából elért félévi és évvégi eredményének összehasonlítása), a kétmintás t -próbát (pl. két osztály évvégi eredményének összehasonlítása), valamint a varianciaanalízist (pl. egy gimnázium négy különböző évfolyama tanulmányi eredményének összehasonlítása). Ordális és megállapítható adatok esetén pedig gyakran használt statisztikai eljárás az ún. *khi-négyzet*-próba. Ezek részletes leírása, Excel, illetve SPSS programmal történő végrehajtása megtalálható FALUS és OLLÉ már idézett könyveiben (2000, 2008)⁴⁵⁹ is.

3. A kutatási eredmények publikálása

A tudományos munka elengedhetetlen része az eredmények publikálása. Az, hogy mi számít tudományos publikációnak, tudományterületenként különbözhet. Magyarországon a

⁴⁵⁸ Falus I., Ollé J. (2000): Statisztikai módszerek pedagógusok számára, Okker Kiadó, Budapest

Falus I., Ollé J. (2008): Az empirikus kutatások gyakorlata. Adatfeldolgozás és statisztikai elemzés, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

⁴⁵⁹ Falus I., Ollé J. (2000): Statisztikai módszerek pedagógusok számára, Okker Kiadó, Budapest

Falus I., Ollé J. (2008): Az empirikus kutatások gyakorlata. Adatfeldolgozás és statisztikai elemzés, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

legtöbb tudományos műhelyben a Magyar Akkreditációs Bizottság (MAB) 2010-es meghatározását alkalmazzák⁴⁶⁰. Eszerint:

„Tudományos publikációként elfogadható az olyan nyomtatott és/vagy elektronikus közlemény (folyóirat, egyetemi/főiskolai tankönyv, szakkönyv, tudományos monográfia, könyvrészlet, fordítás ókori klasszikus nyelvből stb.), amely:

- a) a szerző saját kutatási eredményeit mutatja be (könyv esetén ilyenekre tételesen is hivatkozik),
- b) pontos szakirodalmi hivatkozásokat tartalmaz,
- c) ISBN vagy ISSN számmal ellátott,
- d) lektorált,
- e) referált (közismert adatbázisban fellelhető),
- f) a tudomány/művészeti ág függvényében impakt faktoros,
- g) szakmai kiadványban vagy kiadványként jelent meg, s ez a kiadvány
 - a. nemzetközileg vagy legalább országosan jegyzett kiadónál,
 - b. lehetőleg szakmai körökben elterjedt idegen nyelven,
 - c. jelentős közkönyvtárakban fellelhető és hozzáférhető,
 - d. megrendelhető vagy megvásárolható.”

„Tudományos publikációként nem fogadhatók el a következők:

- napilapban vagy nem szakmai betilapban megjelent írás (akkor sem, ha a témája szakmai jellegű),
- saját kiadásban megjelentetett mű (ha az sem nyelviileg, sem szakmailag nem lektorált),
- egyetemi, főiskolai jegyzet, segédanyag, handout, példatár, kompiláció, szerkesztés, szöveggondozás stb.
- rövid (egyoldalas) írás konferencia kiadványban vagy poszteren,
- (könyv)fordítás, kivéve az ókori klasszikusok fordítását szöveggondozással,
- recenzió (könyvismertetés) vagy kritika (kivéve a hosszabb műelemzést),
- pályázat keretében vagy megrendelésre készített kutatási jelentés,
- szakdolgozat, diplomamunka, disszertáció (dr.univ., PhD, DLA, CSc, DSc, székfoglaló),
- egyéb kézirat-jellegű értekezés, írás,
- tudománynépszerűsítő írás (pl. Élet és Tudomány-ban),
- nem kutatási célú és igényű interjú (sem riporterként, sem interjú-alanyként),
- még meg nem jelent (tervezett), vagy közlésre még el nem fogadott írás.”

A MAB állásfoglalásában megtaláljuk néhány fontos fogalom meghatározását is. Eszerint: folyóirat a „rendszeresen, évente tipikusan legalább négyszer (de mindenképpen legalább kétszer), a szóban forgó periodika számára írt cikkekkel megjelenő, kötetszámmal jelölt kiadvány”. Ugyancsak itt olvashatjuk a „lektorált” és a „referált” publikáció közötti különbséget, mely szerint *lektorált* (peer reviewed, refereed) az a publikáció, amelyet „megjelenése előtt független lektor(ok) véleményezte(ék). A kivonat alapján történt konferencia-előadás elfogadása és konferencia-kiadványban megjelentetése nem jelent lektorálást.” Ezzel szemben *referált* (referenced) publikációról beszélünk, ha „a jelölt műve (tehát a könyvfejezetek kivételével minden más mű) a jelölt neve szerint megjelenik egy kereshető adatbázisban (pl. Web of Science, Science Citation Index, Scopus, Engineering Index stb.), vagy egy referáló folyóiratban.” A publikálás során lehetőleg törekedni kell arra, hogy közleményünk eleget tegyen a tudományos publikációkkal szemben a MAB által támasztott követelményeknek.

⁴⁶⁰ Útmutató doktori iskola létesítési beadványához.

http://www.mab.hu/web/index.php?option=com_content&view=article&id=440&Itemid=942&lang=hu
(utolsó letöltés: 2014. 12. 30.)

A tudományos előadás és poszter

A *tudományos konferenciák* remek lehetőséget teremtenek egyrészt a hasonló témakörben dolgozó kutatók személyes találkozására, másrészt egy folyó-, vagy éppen lezárás alatt álló kutatás eredményeinek bemutatására, megvitatására. Milyen munkaformák jellemzik a konferenciákat? A plenáris előadások során általában egy-egy nagyobb terület eredményeit ismerhetjük meg a szakterület kiemelkedő szakemberének előadásában. A plenáris előadókat általában a konferencia tudományos bizottságának javaslata alapján a szervező bizottság kéri fel. A szekciókban hallhatjuk azokat az előadásokat, amelyeket szerzőik előadásra bejelentettek, és a tudományos bizottság azt – többnyire egy előzsűrizést követően – bemutatásra alkalmasnak találta. A tudományos eredmények írásos („plakátszerű”) bemutatására a poszterszekcióban van lehetőség. A poszterszekció lebonyolítása konferenciánként változhat. Van, ahol egy moderátor összegzi, értékeli a bemutatott poszttereket, van, ahol a szerzőknek kell egy rövid (pár perces) szóbeli bemutatást tartani, és van olyan is, ahol csak annyit kérnek a szerzőktől, hogy meghatározott időben álljanak poszterük mellé, és fogadják az érdeklődőket. A „workshopok” (műhelyfoglalkozások) célja nem egyszerűen a bemutatás, hanem egy-egy új eredmény, módszer megtanítása, elsajátíttatása is. Milyen konferenciák jöhetnek szóba egy kémia tantárgy-pedagógiai kutatással foglalkozó szakember számára? Elsősorban a kémia tantárgy-pedagógia nemzetközi konferenciái (European Conference on Research in Chemistry Education; International Conference on Chemistry Education; European Variety in Chemistry Education; European Conference of Chemistry Teachers). Számos olyan konferencia van, amelynek programjában oktatással – így a kémia oktatásával is – kapcsolatos kutatások szerepelnek (Országos Neveléstudományi Konferencia; Pedagógiai Értékelési Konferencia; Taní-Tani Konferencia; Biennial Conference for Research on Learning and Instruction; European Conference on Educational Research; International Symposium on Science and Technology Education; Conference of European Science Education Research Association; stb.).

A *tudományos előadás* valamely tudományos kutatás eredményeinek szóbeli bemutatása. Régebben – különösen a bölcsészettudományok terén – szokásos volt a tudományos eredmények (értekezések) felolvasása. Manapság a szabad előadás a jellemző, az esetek többségében elektronikus prezentációval (pl. PowerPoint) kísérve. A tudományos előadásra is érvényesek a szóbeli előadások alapvető követelményei: követhető, érthető beszéd, megfelelő hangsúlyozás, a közönség felé fordulás, a többszörösen összetett mondatok kerülése, a monotonitás tompítása (pl. kérdésfeltevéssel). Ezeken túlmenően a tudományos előadásnak meg kell őriznie tudományos jellegét, azaz felépítésében világosan el kell válnia a problémafelvetésnek, az elméleti keretek bemutatásának, a cél és a hipotézisek megfogalmazásának, a módszerek és eszközök ismertetésének, az eredmények tárgyalásának és az összefoglalásnak. A tudományos előadás során is élhetünk – módjával! – a figyelemfelkeltés, a hatásfokozás eszközeivel: fényképek, rajzok bemutatásával, rövid, humoros történetek közbeiktatásával, személyes megnyilvánulásokkal.

A tudományos előadásnak is megvannak a maga formai követelményei. Az előadást a hallgatóság megszólításával illik kezdeni: „Tisztelt Elnök Úr/Asszony! Tisztelt Hallgatóság! Hölgyeim és Uraim!”. Ha szükséges, pár szóban bemutatkozunk, de csak akkor, ha a hallgatók többsége számára ismeretlenek vagyunk, és az elnök előzetesen nem mutatott be bennünket. Ezután röviden (1-2 dia erejéig) felvezetjük a témát, majd összefoglaljuk a vonatkozó elméleti keretet, szakirodalmi előzményeket. Bemutatjuk munkánk célját, hipotéziseinket, és – nagyon röviden – a kutatás lebonyolítását. Az eredményeket néhány jól szerkesztett dián (főleg ábrák, esetleg táblázatok formájában) szemléltetjük. Végül összefoglaljuk a mondottakat, és megköszönjük a hallgatóság figyelmét. Az előadást általában rövid vita, megbeszélés követi. Figyelmesen és türelmesen hallgassuk végig a hozzászólókat, ne vágjunk közbe megjegyzésekkel, reagálásokkal, és lehetőleg ne minősítsük a hozzánk intézett kérdést („Ez egy nagyon jó kérdés!” stb.). Válaszunk legyen tömör és tényeken alapuló. Egyet nem értésünket határozottan, de

udvariasan fejezzük ki. A jó ötleteket, konstruktív hozzászólásokat köszönjük meg. Ha egy kérdésre nem tudjuk a választ, akkor azt ismerjük be, ne próbáljunk kitérő válaszokkal „ködösíteni”.

A tudományos konferenciák ma már elmaradhatatlan programja a *poszter szekció*. Létrejöttét az indokolta, hogy olyan mértékben megnőtt a konferenciákon bemutatásra benyújtott anyag, amelyet már pusztán szóbeli előadásokkal nem lehetett programba iktatni, még párhuzamos szekciók esetén sem. A poszter egy sajátos műfaja a tudományos publikálásnak, melynek megvannak a maga előnyei és hátrányai a szóbeli előadással szemben. A poszter felépítése követi a tudományos publikációk felépítésének általános sorrendjét. Elvileg több információt tudunk így közvetíteni, mint egy előadás során. Vegyük figyelembe azonban, hogy az emberek többsége néhány másodpercre áll meg a poszter előtt, és ha eközben nem kap olyan vizuális benyomást, ami felkelthetné az érdeklődését, már megy is tovább a következőhöz. A jó poszter tehát összefüggő szöveget alig – vagy egyáltalán nem – tartalmaz, helyette lényegyet kiemelő és figyelmet felhívó kérdések, vázlatpontok, táblázatok, de főleg ábrák jellemzik. A legtöbb konferencián ma már külön poszter szekciókat szerveznek, ahol egy levezető elnök (moderátor) irányításával a poszterek szerzői röviden (1-3 percben) bemutatják poszterüket. Mondanunk sem kell, hogy a poszter iránti érdeklődés felkeltésében mennyire meghatározó ez a néhány perces bemutató. Ezért nagyon fontos, hogy a bemutató során ne próbáljuk elmondani a poszter egész tartalmát, hanem koncentráljunk a bemutatott munka lényegére. Emeljük ki a kutatás fontosságát, célját és – a poszteren szereplő ábrák, táblázatok felhasználásával – foglaljuk össze az eredményeket. Formáját tekintve a poszter állhat különálló lapokból (pl. A/4-es lapokra nyomtatva), vagy egy nagy A/0-s, esetleg A1-es méretű plakátból. A poszter készítéséhez számos számítógépes program (pl. PowerPoint, Publisher) áll rendelkezésünkre.

A tudományos közlemény

A tudományos közlemény a tudományos eredmények írásban történő közzétételének leggyakoribb módja. Szigorúan meghatározott szerkezet és stílus jellemzi. A tudományos közleményt általában többes szám első személyben, tárgyilagos stílusban kell megírni, angol nyelvű közlemény esetében a passzív szerkezet előnyben részesítésével. Tartózkodni kell a szubjektív, tényekkel nem alátámasztott megjegyzésektől és érzelmi megnyilvánulásoktól. A tudományos közlemény címe rövid, a kutatás lényegét kifejező kell, hogy legyen. A bevezetésben röviden vázolni kell a kutatás célját és jelentőségét. Ezt követi a releváns szakirodalom bemutatása, kritikai áttekintése. (Ebben a fejezetben különösképpen vigyázzunk a korrekt és szakszerű hivatkozásokra, a plagizálás elkerülésére.) Az irodalmi áttekintést követi a kutatási kérdések, illetve hipotézisek megfogalmazása. Ezután a kutatás körülményeit kell bemutatni (mérőeszköz, minta, adatfelvétel, értékelési módszerek). Az eredmények és értékelésük részben kell bemutatni és részletezni a kapott eredményeket szövegesen, valamint szemléletes táblázatok és/vagy grafikonok formájában. Vigyázzunk arra, hogy ne adathalmazt tartalmazzon a fejezet, hanem az eredmények jól felépített, a szakirodalommal is kapcsolatba hozható kritikai feldolgozását. Az összefoglalásban térjünk ki az elért eredmények gyakorlati vonatkozásaira is, illetve utalhatunk további kutatásokra is. A tudományos közleményt megfelelő formában összeállított irodalomjegyzék zárja – általában az első szerző nevének abc-sorrendje alapján. A tudományos közleményhez többnyire tartozik egy- vagy többnyelvű absztrakt, valamint néhány, a témához kapcsolódó kulcsszó is. A közlemény megírása előtt célszerű elolvasni a megjelentetésre kizemelt tudományos folyóirat szerzők számára készített útmutatóját, a közlemények formai követelményeit.

A kémia szakmódszertani kutatásokkal kapcsolatos tudományos közleményeket a következő fontosabb *tudományos folyóiratokban* – illetve alapvetően nem tudományos folyóiratok megfelelő rovataiban – célszerű megjelentetni: Magyar Pedagógia; Iskolakultúra; Új Pedagógiai

Szemle; Középiskolai Kémiai Lapok; Magyar Kémikusok Lapja; Chemistry Education Research and Practice; Journal of Chemical Education; Journal of Science Education; International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching stb.

Néhány magyar nyelvű, kémiaoktatás kutatásával kapcsolatos tudományos közlemény elérhetősége található a lábjegyzetben⁴⁶¹.

Irodalom

- Babbie, E. (2003): A társadalomtudományi kutatás gyakorlata, 6. kiadás, Balassi Kiadó, Budapest
- Falus I. (szerk.) (2004): Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Falus I., Ollé J. (2000): Statisztikai módszerek pedagógusok számára, Okker Kiadó, Budapest
- Falus I., Ollé J. (2008): Az empirikus kutatások gyakorlata. Adatfeldolgozás és statisztikai elemzés, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

⁴⁶¹ Tóth Z., Kiss E., Barke, H-D. (2003): Egy kémiantanításban használható térszemléleti teszt hazai adaptációja Magyar Pedagógia, **103** (4), 459-479

Tóth Z. (2005): A tudásszerkezet és a tudás szerveződésének vizsgálata a tudástér-elmélet alapján, Magyar Pedagógia, **105** (1), 59-82.

Kluknavszky Á., Tóth Z. (2009): Tanulócsoportok levegőszennyezéssel kapcsolatos fogalmainak vizsgálata szóasszociációs módszerrel, Magyar Pedagógia, **109** (4), 321-342.

Turányi T., Tóth Z. (2011): Egyetemi hallgatók tévképzetek fizikai kémiából, Magyar Kémikusok Lapja, **66** (4), 122-129.

Tóth Z., Kiss E. (2004): Középiskolás tanulók feladatmegoldó stratégiai egyszerű sztöchiometriai problémákra, A Kémia Tanítása, **12** (1), 7-11.

Tóth Z., Csatári N. (2008): A tanulók tapasztalati feltételezéseken alapuló tévképzetek vizsgálata, Középiskolai Kémiai Lapok, **35** (4), 318-324.

Tóth Z., Radnóti K. (2009): Elsőéves BSc-hallgatók sikeressége egy meghatározó reagenssel kapcsolatos számítási feladat megoldásában, Középiskolai Kémiai Lapok, **36** (5), 375-390.

Tóth Z. (2010): Kémia, vegyészmérnöki és biomérnöki alapképzésüket kezdő egyetemi hallgatók kémiai alapismereteinek vizsgálata, Középiskolai Kémiai Lapok, **37** (1), 62-79. és **37** (4), 299-320.

Készült

A TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, „ORSZÁGOS KOORDINÁCIÓVAL A PEDAGÓGUSKÉPZÉS MEGÚJÍTÁSÁÉRT” című projekt keretében.

Kiadja

Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1053 Budapest, Egyetem tér 1-3.
Felelős kiadó: Dr. Surján Péter dékán

Szerzők

Balázs Katalin, Csenki József, Főző Attila László, Labancz István, Riedel Miklós,
Rózsahegy Mária, Schróth Ágnes, Szalay Luca, Tóth Zoltán, Wajand Judit

Alkotó szerkesztő

Szalay Luca

Lektorálás

Hobinka Ildikó (Domidream Bt.)

Tördelés

Domidream Bt.

A kiadó a teljes műnek és minden részletének kiadói jogát fenntartja.

© Balázs Katalin, Csenki József, Főző Attila László, Labancz István, Riedel Miklós,
Rózsahegy Mária, Schróth Ágnes, Szalay Luca, Tóth Zoltán, Wajand Judit

ISBN 978-963-284-673-6

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE