

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásaitak közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékleteként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4002 Debrecen, Pf. 400.

E-mail: tothzoltandr@gmail.com.

Szalay Luca, Borbás Réka, Füzesi István, Tóth Zoltán

Kedvcsináló a kísérlettervező képességet és rendszerszemléletű gondolkodást fejlesztő feladatlapok kipróbálásához

Miért szeretnénk fejleszteni a tanulók kísérlettervező képességét?

Minden kémiatanár olvasónknak ismerős az a helyzet, hogy ha a tanuló-kísérletek közben érdeklődünk, mit csinál éppen egy adott csapat, akkor ráböknek a feladatlap egyik részére, és azt válaszolják, hogy a 3. pontnál tartanak. A lépésről lépésre, receptszerűen leírt kísérletek ugyanis könnyen kivitelezhetők anélkül, hogy a diákok áttekintést kapnának a vonatkozó természettudományos megismerési folyamat egészéről, és megértenék, hogy miért pont így kell elvégezni a kísérletet. Ez azért baj, mert egy természettudományos vizsgálat korrekt megtervezésének, megvalósításának és a tapasztalatok értékelésének szigorú szabályai vannak, amelyeket ismerni kell ahhoz, hogy egy adott helyzetben eldönthető legyen, használható-e a kísérlet eredménye egy állítás bizonyítására. Enélkül pedig esélytelen megítélni a korunkban már a Web 2, és ezen belül a közösségi média igen hatékony segítségével tömegesen

terjedő természettudományos vonatkozású információk lehetséges igazságtartalmát, és felismerni az áltudományos nézeteket, reklámokat. A magas színvonalú forráskritika persze komoly előképzettséget, sőt gyakran az adott területen szerzett szakértelmet igényel. Azonban már néhány egyszerű szabály ismerete és alkalmazása is segítséget jelenthet a legképtelenebb áltudományos hírek és megtévesztésen alapuló családok kiszűréséhez. Ezek között alapvető fontosságú az „egyszerre csak egy tényezőt változtatunk” elv. Ennek lényege az, hogy valamely minket érdeklő (függő) változó értékének egy másik, általunk választott (független) változó értékéhez való viszonya csak akkor vizsgálható korrekt módon, ha közben minden más körülményt (a további lehetséges változókat) állandó értéken tartjuk. Ez a természettudományos kutatást modellező, kutatásalapú tanulás nevű oktatási módszercsoport egyik sarokköve. Ezért ebből indulnak ki azok, a diákoktól a tanulókísérletek megtervezését kérő feladatlapok, amelyeket az MTA-ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoportban 2016 ősze óta a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készítünk, és sok kémia tanár kolléga közreműködésével, több száz diákkal próbálunk ki [1]. Az így szerzett tapasztalatok alapján javított feladatlapok, a diákok fejlődését mérő tesztek, valamint a pedagógiai kutatás eredményeit bemutató prezentációs diá sorok és egyéb publikációk megtekinthetők az ELTE Természettudományos Oktatásmódszertani Centrum honlapjának kémia szakmódszertannal foglalkozó oldalain [2], ahonnan a feladatlapok igény szerint szerkeszthető Word fájlokban, több változatban (a kontrollcsoport számára készült receptszerű formában is) is letölthetők.

Előzmények és a jelen projekt feladatlapjai

Az első, öt évig tartó „Megvalósítható kutatásalapú tanulás” című projektünk [3] (amelyet még a Magyar Tudományos Akadémia, Tantárgypedagógiai Kutatási Programja keretében kivitelezünk [4]) végkövetkeztetése az volt, hogy a 12 – 16 éves tanulók az általunk előzetesen feltételezettnél több támogatást és motivációt igényelnek a kísérlettervezési képességek fejlesztése során [5-7]. Ezért az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja [8] égisze alatt 2021 őszén elkezdett, s a közel ezer fős minta kötelező kémia tanulását négy tanévig befolyásoló „Kutatásalapú kémia tanítás és rendszerszemléletű gondolkodás” című, jelenleg is folyó projektünkben a kísérlettervezési képességek fejlesztését már egy séma alkalmazásával végezzük. Ezt egy, a szakirodalomban

[10] talált kísérlettervezési diagram egyszerűsítésével hoztuk létre. A séma mindig azonos sorrendben kéri a tanulóktól az adott kísérletre vonatkoztatva a független, majd a függő változó, és utána az állandók azonosítását. (A tesztekben ezeknek a kifejezéseknek egy gyerekbarátabb körbeírását használjuk. Ezt a szabályos terminológiát csak a kísérleti csoportokban, és csak 8. osztályban vezettük be.) A diákok motivációját olyan kerettörténetekkel és feladatokkal igyekszünk fenntartani, amelyeket a vélhetően számukra releváns kontextusba helyezünk. Minden egyes feladatlap végén, a „Gondolkodjunk!” részben a kísérlettel kapcsolatos, de a kémia tantárgyon túlmutató, pl. egészség- és környezetvédelmi, hétköznapi vonatkozású összefüggésekre mutatunk rá. Ezek, és az egyes folyamatok befolyásolási, szabályozási lehetőségeinek, visszacsatolásainak felismerése (mintegy hasznos „melléktermékként”) a tanulók rendszerszemléletű gondolkodását is fejleszthetik [11-14].

Fejlesztési módszerek és az első két év eredményei

Az ebbe a pedagógiai kísérletbe bevont 38 osztályt/tanulócsoporthoz a projekt elején megírt, és a tárgyi tudást, valamint a kísérlettervező képességet mérő teszt eredményei alapján a következő három olyan csoportba osztottuk, amelyeknek a legelső teszten nyújtott teljesítménye nem különbözött statisztikailag szignifikáns mértékben egymástól:

1. csoport: kizárólag receptszerűen leírt tanulókísérleteket végez (kontrollcsoport);
2. csoport: a kontrollcsoportéval azonos tanulókísérletek elvégzése után kitölti a kísérlettervezés fejlődésének segítségét szolgáló sémát;
3. csoport: a tanulókísérletek elvégzéséhez nem kapnak receptet, hanem a kísérlettervezést segítő séma kérdéseire válaszolva kell megtervezniük, majd végrehajtaniuk az adott kísérleteket.

A projektbe bevont tanulók négy évig (7-10. osztály) tartó kötelező kémiaoktatását tanévente 6 db, összesen tehát 24 db feladatlappal befolyásoljuk. A feladatlapoknak mindig a fent felsorolt három módszert alkalmazó három különböző típusa készül el (az 1. csoportnak az 1. típus stb). Minden egyes tanulói feladatlapnak van tanári változata, amely a tanulóktól várható válaszokat is tartalmazza. A feladatlapok tanárok számára készült módszertani bevezetőjében pedig a hasznos tanácsok mellett a kísérletek előkészítésének receptszerű leírását még fényképek is segítik. Mivel az előző projektünk utolsó évében (2020 márciusában)

a Covid-19 járvány kitörése miatt a jelenléti oktatás szüneteltetésével az iskolában kísérletezés lehetősége is megszűnt, a jelen projektben már elkészítjük minden egyes feladatlap mindhárom típusának otthon elvégezhető kísérleteket tartalmazó tanulói és tanári változatát is. Ezek egyébként arra is alkalmasak, hogy a tanár (a szükséges idő, laboráns, és/vagy eszköz, ill. anyag hiányában) a kísérleteket otthoni elvégzésre, házi feladatként vagy szorgalmi feladatként adja ki. Ehhez egyszerűen csak el kell küldeni az adott feladatlap linkjét a diákoknak. A feladatlapok témáit előzetesen jóváhagyják a kutatócsoport kémia tanár tagjai, és a témák illeszkednek az érvényes Nemzeti alaptantervhez [15], valamint a kémia kerettantervekhez is [16].

A jelen projekt első két évének eredményei

A fent felsorolt háromféle csoport számára készített háromféle típusú feladatlap fejlesztő hatását a projektben az egyes tanévek végén a diákok által kitöltött teszt eredményeinek a projekt elején írt teszt eredményeihez való hasonlításával, valamint a három csoport által elért pontszámokban történt változások egymással való összevetésével vizsgáljuk. Az így végzett statisztikai elemzések szerint az látható, hogy az első két tanévben a 3. csoport kísérlettervező képessége szignifikáns mértékben jobban fejlődött az 1. csoportnál. A 2. csoport az első tanévben (amikor a diákok hetedikesek voltak) gyengébben fejlődött ugyan a másik két csoportnál, de a második tanévben (nyolcadikban) nagyon szépen korrigáltak, és az előző évinél sokkal jobb eredményeket produkáltak. Ennek oka lehet az is, hogy a kísérletek elvégzése után a séma kitöltése kevésbé érdekes a 2. csoport tanulói számára, mint a kísérlet tényleges megtervezése a 3. csoportnak, de a 2. csoport tanárainak a második tanévben sikerült meggyőzniük a diákokat arról, hogy a változók utólagos azonosításának is van értelme. A feladatlapjainkon szereplő tárgyi tudást mérő tesztkérdéseken nyújtott teljesítmény tekintetében pedig nincs a három csoport között jelentős különbség. Aki a részletekre és a konkrét számokra is kíváncsi, annak figyelmébe ajánljuk az e tárgyban megjelent [17] és közlés alatt lévő [18] angol nyelvű publikációinkat, illetve a projekt honlapján lévő magyar nyelvű diasorokat [9]. A feladatlapok kipróbálását végző, kísérletező tanulókról készült fényképek pedig az ELTE Természettudományos Oktatásmódszertani Centrum galériáiban tekinthetők meg, a feladatlapok számozása szerint csoportosítva [19].

A hetedikesek számára készített feladatlapok

Az első év feladatlapjainak megismerése után 32 gyakorló kémiatanár kolléga (akiknek túlnyomó többsége a kutatócsoportunk tagjaként ki is próbálta a feladatlapok egy vagy több típusát) kitöltött egy kérdőívet [20], amelyben leírhatták, melyiket miért szerették ők és/vagy a gyerekek, illetve az esetleges nehézségekre is rákérdeztünk. A kémiatanár szakos hallgatók véleményét is egy nagyon hasonló kérdőív segítségével gyűjtöttük össze [21]. Azt 36 olyan hallgató töltötte ki, akik a szakmódszertan laborokon, a Kutatók éjszakáján és/vagy a saját tanítási gyakorlataik alkalmával, esetleg óraadóként próbálták ki a feladatlapok kísérleteit, bizonyos esetekben tanulókkal elvégeztetve azokat. A feladatlapok céljainak és témáinak ismertetése mellett itt most csak egy kis ízelítőt adunk abból, hogy miket írtak róluk a kollégák.

Az 1. feladatlap (amelynek címe Saint-Exupéry híres művéből, a „Kis herceg”-ből vett idézet: („Ami igazán lényeges, az a szemnek láthatatlan.”) a részecskeszemlélet kialakítását/megerősítését célozza. Ugyanis mivel a kémiai részecskék szemmel nem láthatók, az anyag folytonossága az egyik leggyakoribb, tapasztalati feltételezésen alapuló tévképzet az ilyen idős diákok körében. A kísérlet során a hetedikes (vagy akár fiatalabb) tanulók cukorkák (pl. M&M’s, Smarties, vagy az egyik tanár kollégánk javaslata szerint Duna kavics) színes mázának vízben való oldódását, illetve a színt okozó részecskék diffúziójának sebességét, és annak hőmérsékletfüggését vizsgálják. (Persze, a „diffúzió” szó említése nélkül.) A 3. típusú feladatlapon tehát annak a „kutatói kérdés”-nek a megválaszolására kell kísérletet tervezni, hogy hogyan függ a részecskék mozgásának sebessége a hőmérséklettől. Ehhez a diákok kapnak a cukorkákon kívül három tálkát, valamint hideg és meleg vizet – a langyos vizet pedig maguknak kell „feltalálni”... A kísérletsorozat többféleképpen is kivitelezhető, pl. a mobiltelefon stopperével és egy vonalzóval mérhetik, hogy milyen távolságokat tettek meg a cukorkák színes mázának részecskéi adott idő alatt a különböző hőmérsékletű vizekben, vagy mennyi idő kellett nekik adott távolság eléréséhez. Ha a diákok egyszerre teszik a három cukorkát a hideg, langyos és meleg vizet tartalmazó tálkába, akkor le is fényképezhetik a párhuzamosan futó kísérleteket, és úgy hasonlíthatják össze a tapasztalatokat. A tanárok az iskolában és otthon is könnyen előkészíthetőnek és elvégezhetőnek, látványosnak, játékosnak és mégis gondolkodtatónak találták ezt a kísérletet.

Érdekes viszont, hogy volt olyan kolléga, aki szerint az ehető cukorkák túlságosan elvonják a diákok figyelmét a lényegről. Egy másik tanár pedig azt írta, hogy nagyon szemléletes a kísérlet, de méréseket végezni ezekkel az eszközökkel nem könnyű. (Ez igaz, de a párhuzamosan végzett kísérletek során a színes foltok terjedési sebessége a különböző hőmérsékletű vizekben egyszerűen összehasonlítható.) Többen megjegyezték, hogy nem mindegy, milyen márkájú és színű cukorkákat használunk. A tapasztalatok szerint a zöld színű M&M's vagy a Duna kavics működik a legjobban. A „Gondolkodjunk!” feladat már a folyamatok lejátszódásának sebessége és a hőmérséklet összefüggésére mutat rá. A partikon, fesztiválokon használt, a sötétben színesen világító rudakat, karkötőket vagy egyéb tárgyakat vélhetően sok diák ismeri. Leírtuk, hogy ezeknek fontos szerepük van földrengések, viharok, áradások idején is, amikor életeket kell menteni. Rámutattunk, hogy ezekben kémiai folyamatok produkálják a színes fényt. (Ugyanis a megfelelő mozdulattal az ezekben a tárgyakban az addig szétválasztva tárolt kiindulási anyagok érintkezésbe hozhatók.) A kérdés az volt, milyen hőmérsékletű (hideg vagy meleg) helyen kell tárolni ezeket az eszközöket ahhoz, hogy a lehető legtovább világítsanak. A diákoknak a megoldáshoz csak az egyes mennyiségekhez tartozó, fölfelé vagy lefelé mutató nyilakat kell bekarakterizálniuk az összefüggésekre rámutató ábrán. A tanári útmutatóban pedig az is szerepel, hogy a tanulók figyelmét érdemes fölhívni arra, hogy a hideg helyen tárolt tárgyak ugyan tovább, de egyúttal kevésbé fényesen világítanak, a bennük lassabban zajló kémiai folyamatok miatt.

A 2. feladatlap („Süssünk, süssünk valamit...”) a fizikai és kémia változások megkülönböztetésének tanításakor használható. Itt arra a kérdésre kell keresni a választ, hogy a sütőpor három összetevője (szódabikarbóna, borkósav és keményítő) közül melyik az, amelyik nem szükséges a tésztát felfújó szén-dioxid-gázt termelő kémiai reakció lejátszódásához. A válasz minimális anyagigénnyel megvalósítható kísérletekkel megtudható (a két-két szilárd anyag picike kanálhegynyi mennyiségeinek csempén, vagy más, egy-két mozdulattal lemosható felületen való összekeverésével, és néhány csepp csapvíz adagolásával). Az új minőségű anyag keletkezésére, azaz a kémiai reakció lejátszódására utaló buborékolás csak a szódabikarbóna és a borkósav összekeverése esetében tapasztalható, míg a másik két kombináció csak fizikai oldódást eredményez. A gondolkodtató kérdés pedig például az interneten ténylegesen olvasható azon információ hamisságára mutat rá, hogy a sütőport

érdemes a használat előtt ecettel vagy citromlével jól kipezsgetni. A kollégák többsége motiválónak tartotta a hétköznapi (sőt konyhai) kontextust. Azonban érkezett olyan vélemény is, hogy helyesebb lenne a feladatlapot idősebb diákokkal elvégeztetni. (Vélhetőleg ezt úgy értette a kolléga, hogy akkor, amikor a tanulók már fel tudják írni a karbonátok/hidrogénkarbonátok savakkal történő reakciójának egyenletét is.) Természetesen a feladatlapok bármely típusa tetszés szerinti életkorban és formában, átszerkesztve is használható. Ennek a feladatlapnak a sokkal több és színesebb, de csempén egyszerűen elvégeztethető kísérletet tartalmazó változata az előző projekt 2. feladatlapjaként készült, „Hogyan működik a sütőpor?” címmel [3].

A 3. feladatlap címe a kémia szakmódszertani praktikumokból ismert: „A fuldokló kacsa”. Ez a „hasonló a hasonlóban oldódik” elvet szemlélteti, de a zsírban oldódó (apoláris) és vízben oldódó (poláris) anyagcsoportok mellett az ezek „összebékítésére” alkalmas kettős oldékonyságú anyag fogalmát is bevezeti. Annak ellenére döntöttünk így, hogy az utóbbi fogalom tárgyalása (akkor már amfipatikus részecskék néven) hagyományosan csak a 10. osztályos kémia tananyagban, a nagy szénatomszámú karbonsavészterek (gliceridek) hidrolízise és az úgy keletkező szappanok kapcsán szokott történni. Ugyanis azt gondoljuk, hogy a kettős oldékonyságú részecske fogalmának igen fontos hétköznapi, egészség- és környezetvédelmi vonatkozásai is vannak. Már általános iskolás korban érdemes rávezetni a tanulókat arra, hogy ezek, a naponta általuk is használt mosó- és mosogatószerekben, samponokban, tusfürdőben stb. lévő részecskék egyfelől nagyon hasznosak számunkra, hiszen magukkal viszik a mosóvízbe a zsíros szennyeződések, de a természetes vizekbe kerülve szennyezőanyagokká válnak. Például a vízimadarak a zsíros faggyújukkal való kenetetéssel teszik vízhatlanná a tollazatukat, amelyet viszont a szennyezést okozó kettős oldékonyságú anyagok le tudnak oldani róla. A diákok (pl. kiskacsa alakúra kivágott) papírlap-darabokat kapnak a kacsák modellezéséhez. Ezek, illetve a zsírral bekent papírdarabok vízre, majd mosogatószeres vízre helyezésével tudják vizsgálni, mi történik ezekben az esetekben a kacsamodelljükkel. A „Gondolkodjunk!” részben is „a hasonló a hasonlóban oldódik” elvet kell használni az (etil-)alkohol kettős oldékonyságú részecskék halmazába való sorolásához. A kérdést olyan formában tettük föl, hogy ha a szappan kettős oldékonyságú részecskéi szét tudják zilálni a Covid-19 vírus szintén kettős oldékonyságú részecskékből álló burkát

(amelyet egy egyszerű kis ábra szemléltet), akkor milyen oldékonyságúak lehetnek az alkohol részecskéi, ha azok is képesek erre. A tanárok többségi véleménye szerint a 3. feladatlap segíti az oldódás szabályainak megértését, miközben játékosan vezeti rá a gyerekeket a környezettudatosságra, és a „fuldokló kacsza” megmentésének lehetősége erős érzelmi motivációt is jelent. Érdekes, hogy az egyik kolléga szerint a kettős oldékonyság értelmezése csak idősebb korosztálynak való, míg egy másik kémia tanár inkább kisebb gyerekeknek szánná ezt a feladatlapot. Nyilván arról van szó, hogy ők más-más anyagszerkezeti modell alapján képzelik el a kísérletek magyarázatát. A poláris – apoláris fogalom pár értelmezése a töltés fogalmának ismerete nélkül hetedik osztályban még valóban nem lehetséges, hiszen annak hiányában a töltésszétválás, és így a pozitív/negatív pólus fogalmának megértése sem fog menni. Ezért szorítkoztunk e feladatlapon a „vízoldható – zsíroidható” fogalom párra, amely tulajdonságok a „vízhez hasonló” és „zsírhoz hasonló” jelzőkkel írják le a részecskéket. Ebben a vonatkozásban a kettős oldékonyságú részecskék egyik része „vízhez hasonló”, a másik része pedig „zsírhoz hasonló”. Ezek olyan fontos, hetedik osztályban már könnyen befogadható előfogalmak, amelyekkel jól előkészíthető a később, az elektronegativitás, a kötéspolaritás és a molekulaalak ismeretében bevezethető molekulapolaritás, de mindezek ismerete nélkül is megérthető a „hasonló a hasonlóban oldódik” elv. Megjegyzendő még, hogy a kísérlet sikere érdekében a kacsamodellel papírdarabokat csak vékonyan és egyenletesen szabad bezsírozni, és minden papírdarabot körülbelül azonos erővel, azonos számú alkalommal kell a víz alá nyomni.

A 4. feladatlap („Induljon a pezsgés!”) sokak kedvence volt, mert ennek megoldásakor lényegében a hidrogén-peroxid katalitikus bomlásán alapuló „elefántfogkrém” kísérletet végezhetik el a diákok PET-palackokban, szárított élesztőből készült szuszpenzióval felgyorsítva a reakciót. A különböző számú Hyperol tablettából készített, különböző tömegszázalékos összetételű hidrogén-peroxid-oldatokból (a többi körülmény állandóan tartása mellett) különböző mennyiségű oxigéngáz keletkezik, és ennek hatására különböző magasságú mosogatószerhab fújódik fel. Így a kísérlet rámutat az oldatok töménysége és felhasználhatósága közötti összefüggésre. Ezt erősíti a „Gondolkodjunk!” rész feladata is, ami annak, az interneten terjedő veszélyes áltudományos állításnak a megítélését kéri a tanulóktól, miszerint a hidrogén-peroxid-oldat megivása sokféle betegségre jelent gyógyírt. A tanároktól sok lelkes beszámoló

kaptunk arról, mennyire tetszett a diákjaiknak a kísérlet, de néhányan megjegyezték, hogy a PET-palackok gyűjtögetése problémát jelentett, tárolásuk pedig helyigényes. Az egyik kolléga javaslata szerint a kísérletet ezért (és az olcsóbb megvalósítás érdekében) úgy kell módosítani, hogy a 1,5 literes helyett 0,5 literes PET-palackokban, 0, 1 és 2 db Hyperol-tablettából készült oldatokkal végezzék a diákok. Kipróbáltuk ezt a megvalósítási módot, ami be is vált, és azóta mi is így végeztetjük ezt a kísérletet az ELTE kémia szakmódszertan laborban.

Az 5. feladatlap („Úgy szeretlek, mint az emberek a... sót.”) kipróbálása okozta a legtöbb problémát. Pedig a szándékaink jók voltak: az elválasztási módszerek gyakorlását szerettük volna összekötni a keverékek tömegszázalékos összetételével úgy, hogy az otthoni körülmények között is megvalósítható legyen. A kerettörténet az a mese volt, amelyből a címben szereplő idézet származik, azzal kiegészítve, hogy a királylány a herceggel egy tengerparti sólepárlóból háromféle összetételű sós homok mintát gyűjtött. A feladat az volt, hogy meg kellett határozni, hogy az azonos tömegű minták közül melyik tartalmazza a legtöbb sót. Ezt meg lehet tenni a sótartalom azonos tömegű vízzel való kioldásával, és a keletkező sóoldatok tömegeinek összehasonlításával. Azonban bonyolítja az értelmezést, hogy a homok mindig visszatart valamennyi sóoldatot. Ráadásul azok a tanár kollégák, akik mindenképp szerették volna a szűrést is gyakoroltatni, arra panaszkodtak, hogy az nagyon sokáig tartott, és unalmas volt a diákok számára. Ezért a feladatlap végső változatában hangsúlyoztuk, hogy mindenképp a dekantálást javasoljuk a szűrés helyett, mert az úgy kapott eredmények alapján is sorba rendezhetők a minták a növekvő sótartalom szerint. Gondot jelentett még az elegendő számú (konyhai) mérleg biztosítása is. A homok sokszori kimosással való iszapmentesítése is időigényes, ezért a feladatlap végső változatában kifejezetten a madárhomok használatát javasoljuk. Mindemellet meg lehet, hogy lesznek olyan tanárok, akik szívesebben alkalmaznak egy olyan, hagyományosabb változatot a keverékek szétválasztásáról szóló kísérletre, amelyet pl. az előző négyéves projektünk „Segítsünk Hamupipőkének!” című 5. feladatlapja is leír [3].

A 6. feladatlap az égés és a tűzoltás témaköre kapcsán használható, de némiképp megosztónak bizonyult. Sokan dicsérték, hogy milyen fontos tananyagrészt milyen egyszerűen, időtakarékosan és látványosan való-
sít meg. Mások szerint viszont ez a téma a korábban (pl.

természetismeretben) tanultak miatt lerágott csont, ezért unalmas a gyerekek számára. A megvalósítás egyébként úgy történik, hogy a gyuladási hőmérséklet szükségességét az „éghetetlen zsebkendő” kísérlettel a tanár szemlélteti. (Persze, volt olyan kolléga, aki ezt is a diákokkal végeztette, ahogyan mi is rájuk mertük bízni ezt a kísérletet a korábbi négyéves projektünk 4. feladatlapján, amelynek „Milyen tömény rum kell a Gundel-palacsintához?” volt a címe [3].) Azonban mi most rövidíteni és egyszerűsíteni akartuk a tanulókísérletek előkészítését és végrehajtását.) Az (adott körülmények között) éghető anyag hiányát az alufólia meggyújthatlanságán keresztül tapasztalták meg a diákok. Az oxigén hiányát pedig a szokásos módon, az égő mécses pohárral való letakarásával érték el. Bár az elméleti alapokat biztosan tényleg ismerték a tanulók, mi úgy véltük, hogy a redoxireakciók tárgyalását inkább meghagyjuk 8. osztályra, mivel sok, a kutatócsoportunkban dolgozó tanárnak csak heti egy kémiaórája volt hetedikben a diákjaival, amelyeknek jó része ráadásul ilyen-olyan okokból el is maradt. Így nehezen volt előre kiszámítható, meddig tudnak eljutni a tananyagban, és az égés biztos választásnak tűnt, amelyre ráépíthető a redoxireakciók oxigénátmeneten alapuló modellje. A „Gondolkodjunk!” feladat itt egy önerősítő körfolyamat értelmezése volt. Arra kellett rájönni, hogy a globális felmelegedés következtében egyre gyakoribb erdőtüzek a sarki jégtakarókra rakódó, a napfény visszaverődését akadályozó fekete korom miatt is hozzájárulnak a további felmelegedéshez.

A nyolcadikosok számára készített feladatlapok

A jelen projekt második tanévének feladatlapjairól is ki vannak már töltve a tanári és a hallgatói kérdőívek, de a válaszok még feldolgozás alatt állnak. Így itt csak a kísérlettervező és a rendszerszemléletű feladatok lényegét ismertetjük. Ezek a feladatlapok a kutatócsoportban dolgozó tanárok tapasztalatai alapján javítva tölthetők le a projekt honlapjáról [9].

A 7. feladatlap megoldása már a redoxireakciók elektronátmeneten alapuló értelmezését kívánja, mivel ez szerepel az aktuális kerettanterv követelményei között. Olyan kísérleteket kellett tervezni, amelyek segítségével meghatározható, hogy a két lehetséges hely közül melyik a vas helye a reakcióképességi sorban. Ez a feladat az előző projekt 8. feladatlapjának („Fémek harca”) [3] végletekig való leegyszerűsítésével született. Ugyanis a korábbi változatban az osztályokban lévő csapatok egyik

harmada a magnéziummal, másik harmada a cinkkel, harmadik harmada pedig a rézzel végzett kísérleteket. Ez azonban nagyon megosztotta a tanár kollégák figyelmét, és nehéz volt követni, hogy egy 36 fős osztály kilenc csapata hol tart éppen a munkában. Ezért rövidítettük és egyszerűsítettük (mint sok más feladatlapot is ebben a mostani projektben). A „Gondolkodjunk!” feladatban azt kellett megfontolni, hogy elméletben készülhetne-e a horganyzott bádóg és a fehérbádóg úgy, hogy a vaslemez cinkionokat, illetve ón(II)-ionokat tartalmazó oldatba merítik. Ehhez az akkorra már teljessé váló reakcióképességi sort kellett alkalmazni, ami jól előkészíti a 9. osztályban kialakítható standard elektrodpotenciál fogalmát.

A 8. feladatlapon egy táblázat alapján azt kell megtervezni, hogy megadott ionokból származtatható sók oldhatósági adatai alapján mely vegyületek alkalmasak vízlágyításra. Utána pedig el is kell végezni a közismert szappanhabos kísérleteket a szódával és a trisóval. A gondolkodtató kérdés is a táblázathoz és a csapadékképződési reakciókhoz kapcsolódik: igaz lehet-e az, az interneten terjesztett információ, hogy a szó-dabikarbóna jó vízlágyítószer?

A 9. feladatlapon mészkő (CaCO_3) és más (SiO_2) anyagú kavics megkülönböztetése történik a mészégetés és mészoltás folyamatának modellezésével. Az előző projekt 11. feladatlapján („Nem ettünk meszet!”) ez mészkő helyett [3] tojásbél izzításával és fenolftaleines vízbe dobásával valósult meg. A gondolkodtató feladat pedig a jelenlegi 9. feladatlapon az iparban nagyon fontos mészégetés – mészoltás – az oltott mész megkötése körfolyamat kémiai reakciói közötti összefüggések és szabályozásuk azonosítása.

A 10. feladatlap környezetvédelmi kontextusban tárgyalja a karbonátok és savak reakcióját. A kísérlettervező feladat kutatási kérdése az, hogy befolyásolja-e a tómeder anyaga [homok (SiO_2) vagy mészkő (CaCO_3)] azt, hogy a savas eső milyen mértékben változtatja meg a tó vizének a pH-ját. Ennek kapcsán azon kell a kísérletek után a diákoknak elgondolkozniuk, hogy hogyan hat a savas eső a természetes vizekben élő meszes vázú állatok (pl. kagylók, csigák, korallak) életkörülményeire, és hogyan befolyásolhatja az emberiség ezt a folyamatot. Segítségképpen a feladatlap bevezetője rámutat arra, hogy a savas eső kialakulásáért főként a kéntartalmú szenek égetéséből keletkező kén-dioxid-gáz esővízben való elnyelődése felelős.

A 11. feladatlap egy valóságban is megtörtént eseten alapul. Egyszer ugyanis azt olvastuk az egyik ételrecepteket tartalmazó weboldalon, hogy a dobostorta elkészítéséhez nyírfacukrot használt a recept beküldője. A diákoknak kristálycukor, szőlőcukor és nyírfacukor melegítésével kell keresni a választ arra, hogy igaz lehet-e ez az állítás. A végső konklúzió az, hogy a nyírfacukor azért nem karamellizálható, mert valójában nem cukor (hanem cukoralkohol), tehát nincs benne a karamellizációs folyamat elindításáért felelős csoport. (Csak tanároknak háttérinformációként szerepel, hogy ez az oxocsoport). A rendszerszemléletű gondolkodást fejlesztő, tantárgyi koncentrációt megteremtő feladat pedig arra vonatkozik, hogy az élő szervezetnek a vércukorszint tekintetében (is) érzékeny és gyorsan reagáló egyensúlyt kell fönntartania. A diákoknak egy szöveges leírás alapján kell egy olyan ábrát kitölteni, ami azt mutatja, hogy hogyan befolyásolja ezt az inzulin, illetve a stressz.

A 12. feladatlapnak már a címe is rámutat, milyen bonyolult problémákat vet föl a környezetvédelem: „Szuperhősből szupergonosz? – Hulladékhegyek keletkezése hasznos műanyagokból” [3]. Ennek kapcsán a papírpelenkákban és intim betétekben manapság nélkülözhetetlenek tűnő szuperadszorbens polimerek (pl. a nátrium-poliakrilát) azon jópofa és rendkívül hasznos tulajdonságát vizsgálják a diákok, hogy ezek a műanyagok vízből a saját súlyuk többszázszorosát tudják fölvenni. A „kutatási kérdés” az, hogy desztillált vízből vagy vizeletből/vérből képesek-e ezek a szupernedvszívó műanyagok nagyobb mennyiséget megkötni. A tapasztalatok magyarázata egy nagyon egyszerű anyagszerkezeti modellen alapul. A gondolkodtató részben pedig arra vonatkozóan kell számításokat végezni, hogy az előállításukkor, illetve használatukkor felhasznált víz mennyiségének becslése alapján tényleg környezetkímélőbb-e a mosható „mosipelus” használata a papírpelenkéénál.

A kilencedikesek számára készített feladatlapok

A mostani kutatásunk mintáját képző diákok a 2023/2024. tanévben már 9. osztályosok voltak. A velük kipróbált feladatlapokat e cikk írása után, a nyári szünetben a tanárok visszajelzése alapján javítjuk és ki egészítjük, majd feltöltjük a jelen projekt honlapjára [9]. Mire ez az írás megjelenik, már letölthetők lesznek – ugyanúgy szerkeszthető formában, ahogy a fentebb felsoroltak is. Ezért az ezeken szereplő feladatok lényegét is ismertetjük abban a reményben, hogy sikerül az olvasóknak kedvet csinálni a diákjaikkal való kipróbálásukhoz.

A „Kirobbanó színek” című 13. feladatlap az atomszerkezet Bohr-moddelljének tanításakor elmaradhatatlan és közkedvelt lángfestési próbákat egyszerűbb módon valósítja meg, mint a korábbi 13. feladatlap („Mire jó még a tűzijáték?”) [3]. A gerjesztési energia – a látható fény hullámhossza – a látható fény színe összefüggések ismeretében a diákoknak arra a kérdésre kell válaszolnia, hogy a két ismeretlen fémsóban lévő fématomok gerjesztési energiája kisebb vagy nagyobb-e a konyhasóban lévő nátrium gerjesztési energiájánál. A „Gondolkodjunk!” feladatban a tűzijáték előnyeinek és hátrányainak (esztétikai szépségének, élményszerűségének, illetve környezetszennyező és anyagi vonatkozásainak) mérlegelése után a tűzijáték összetevőit kell csoportosítani a betöltött szerepük alapján (éghető vagy égést tápláló, ill. színhatásért felelős anyagok), valamint azonosítani kell néhány légszennyező égésterméket is.

A „Lehet-e a vízen járni?” című 14. feladatlap a felületi feszültség fogalmán keresztül (ami nem foglal el központi helyet a közoktatási kémia tananyagban) valójában a kémiai részecskék közötti vonzó (kohéziós) kölcsönhatásokról és azok más részecskék által való befolyásolásáról szól. A víz felszínén futkározó, angolul „Jézus bogár”-nak nevezett molnárpoloska apropóján arról olvashatnak a diákok, hogy ha a folyadék részecskék közötti kölcsönhatások a vízben lévőknél gyengébbek (pl. az étolajban, vagy a vízbe került „felületaktív”, kettős oldékonyságú szappan részecskék miatt), akkor kisebb a felületi feszültség és ezért kisebbek a folyadék cseppjei is. Kísérletet pedig annak a problémának a megoldására kell tervezni, hogy hogyan mérhető meg egy csepp víz és egy csepp szappanos víz térfogata. A gondolkodtató feladat a természetes és mesterséges eredetű felületaktív anyagok kapcsán azt a kérdést teszi fel, hogy tud-e vajon a molnárpoloska az ilyen anyagokkal (nagy mértékben) szennyezett víz felszínén szaladni.

A 15. feladatlap a hagyományos, nátrium-tioszulfát-oldat és sósav reakcióján alapuló reakciókinetikai kísérleteken alapul. Azonban kémcsövek helyett ezek kis anyagigényű cseppkísérletekben, és innovatív módon, magukon a laminált vagy „genotherm” tasakba húzott feladatlapokon mennek végbe. Ezáltal a keletkező kén-dioxid-gáz mennyisége is minimálisra csökkenthető. A diákoknak a kolloid kénkiválással járó reakció megismerése után egy olyan kísérletet kell tervezni, amelyben lassítják, és egy olyat, amelyben gyorsítják az adott reakciót. A gondolkodtató

kérdés kitalált kerettörténetében egy biciklibalesetben megsérült barát sebét jóddal tartalmazó Betadine-nal fertőtlenítk, ami a fiú világos színű nadrágján sajnos barna foltot hagy. Ennek eltávolítása nátrium-tioszulfát-oldattal történhet, de az a kérdés, hogy vajon hidegen vagy melegen és hígban vagy töményen érdemes-e ezt alkalmazni.

A 16. feladatlap az interneten egykor futótűzként terjedő, és a fiatalok körében manapság is széles körben ismert álhíren alapul, hogy egy brazil kislány hasa fölrobbant, mert Mentos cukorkák fogyasztása után Cola light-ot ivott. A megtervezett kísérletek tapasztalatai alapján kiderül, hogy a szén-dioxid-buborékok képződésének megkönnyítése miatt valójában minden nagy felületű anyag elősegíti a szénsav bomlását. A hír hamisságára vonatkozó konklúzió levonását pedig annak megfontolása alapján kell megtenni, hogy emésztőrendszerünk nyílt rendszer, így a keletkező gázok a testnyílásokon keresztül távozhatnak. A gondolkodtató kérdés a sör és a pezsgő szállítása és tárolása kontextusában vizsgálja a hőmérséklet és a nyomás hatását a szénsav képződésének és bomlásának egyensúlyára.

A 17. feladatlap („Savanyú, mint az ecet”) ismét egy, a korábbi projektben a „Jamie Oliver tökéletes salátaöntete” című 7. feladatlapként [3] szereplő kísérlet otthoni körülmények között is elvégezhető feldolgozása. Itt most azt kell meghatározni a diákoknak, hogy melyik edényben van a töményebb ételecet. A kísérlet valójában itt is egy sav-bázis titrálás modellezése, egyszerű háztartási eszközökkel és anyagokkal. (A „mérő-oldat” lúgos lefolyótisztítóból, az indikátor pedig vöröskáposztából készül.) A „Gondolkodjunk!” rész kerettörténete egy szörnyű eset, amikor egy étterem fölött lakó feldühödött nő savval öntötte le az alatta zajosan szórakozó diákokat. Ennek kapcsán azt kell azonosítani a tanulóknak, hogy a savmarás, illetve lúgmarás okozta balesetek után melyik sérüléskor milyen közömbösítő oldatokat lehet alkalmazni (figyelemmel arra, hogy nem csak a sav vagy bázis erőssége, hanem a koncentrációja is fontos).

„A hidrogén-peroxid mint „csodagyógyszer”?” című 18. feladatlap kísérletei során azt kell eldönteni, hogy a Hyperol tablettából készült hidrogén-peroxid-oldat reakciói során mikor szerepel a hidrogén-peroxid oxidálószerként, illetve redukálószerként. (Utóbbi esetben ugyanis elektront ad át a reakciópartnerének, miközben belőle parázsló gyújtópálcával kimutatható oxigéngáz fejlődik.) A kísérlet apropója az a

rendkívül veszélyes, interneten terjedő áltudományos nézet, ami szerint a hidrogén-peroxid-oldat ivásával a különféle betegségek, például a rák is legyőzhető. A gondolkodtató feladat a hidrogén-peroxidhoz hasonlóan igen hasznos, de nagyon veszélyes fertőtlenítőszer, a nátrium-hipoklorit-oldat képződésének és bomlásának egyensúlyát vizsgálja. A klórgáz vízben való kémiai oldódásának egyensúlya savval és lúggal eltolható. Ennek megértése pedig szó szerint életbe vágó fontosságú a háztartási balesetek elkerülése érdekében.

Végül nem maradt más hátra, mint jó szívvvel ajánlani kémiatanár olvasóinknak a fent ismertetett feladatlapok kipróbálását. A receptszerűen leírt változatokat („1. típus”) akkor érdemes alkalmazni, ha valaki csak az érdekes kontextusuk (pl. egészségvédelmi és környezetvédelmi vonatkozásaik) miatt használná ezeket a feladatlapokat. A „2. típusú” feladatlapokat azok próbálhatják ki, akik úgy gondolják, hogy az ő tanítványaik esetében hatékonyabb lehet a receptszerű leírás után azonosítani a független és a függő változót, valamint az állandókat. Akik viszont a tanulók természettudományos gondolkodását úgy szeretnék fejleszteni, hogy a sémát a diákoknak a kísérletek tervezése közben, még azok elvégzése előtt kell kitölteniük, azoknak a 3. típusú feladatlapok kitöltetését javasoljuk. Az otthoni változatok pedig időhiány esetén szorgalmi vagy házi feladatként adhatók föl. Ha ezek kapcsán bárkinek kérdése, észrevétele vagy mindenki által hasznosítható tapasztalata, tanácsa van, azt legyen szíves megírni a cikk szerzőinek.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja támogatta. Hálásak vagyunk az MTA vezetésének és a Közoktatási elnöki Bizottságnak, hogy megteremtették a lehetőséget a kutatás elvégzésére. Köszönjük a kutatócsoportban dolgozó kémiatanárok és diákjaik, valamint az egyetemi oktató kollégáink munkáját.

Irodalom

- [1] MTA-ELTE Kutatásalapú Kémiatanítás Kutatócsoport, <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-elte-kutatasalapu-kemiatanitas-kutato csoport-107088>
- [2] https://ttomc.elte.hu/workgroups/4?publications_page=2

- [3] Az MTA-ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport „Megvalósítható kutatásalapú kémia tanítás” projektje során készült oktatási segédanyagok, <http://ttomc.elte.hu/publications/90>
- [4] Magyar Tudományos Akadémia, Tantárgy-pedagógiai Kutatási Program, <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program>
- [5] L. Szalay, Z. Tóth, E. Kiss: Introducing students to experimental design skills. *Chem. Educ. Res. Pract.* (2020) 21, 331–356.
- [6] L. Szalay, Z. Tóth, R. Borbás: Teaching of experimental design skills, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2021, 22, 1054–1073.
- [7] Riedel M., Füzesi I., Rózsahegyi M., Wajand J.: Tanítható-e a kísérlettervezés az iskolákban?, *Magyar Kémikusok Lapja*, LXXVI (2021) 198–205.
- [8] Az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja: <https://mta.hu/kozoktatas-fejlesztési-kutatasi-program/kuldetes-111385>
- [9] Az MTA-ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport „Kutatásalapú kémia tanítás és rendszerszemléletű gondolkodás” projektje során készült oktatási segédanyagok, <https://ttomc.elte.hu/publications/92>
- [10] J. H. Cothron, R. N. Giese, R. J. Rezba, *Students and Research: Practical Strategies for Science Classrooms and Competitions*. 3rd edition, Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, IA. 2000.
- [11] L. Chen, S. Xiao, Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review* (2021) 100377.
- [12] M. del Mar López-Fernández, F. González-García, A. J. Franco-Marisal, How Can Socio-scientific Issues Help Develop Critical Thinking in Chemistry Education? A Reflection on the Problem of Plastics. *J. Chem. Educ.* (2022) 99 (10), 3435–3442.
- [13] J. J. Klemeš, Y. V. Fan, P. Jiang, Peng, Plastics: friends or foes? The circularity and plastic waste footprint. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* (2021) 1549–1565.
- [14] R. P. MacDonald, A. N. Pattison, S. E. Cornell, A. K. Elgersma, S. N. Greidanus, S. N. Visser, M. Hoffman, P. G. Mahaffy, An Interactive Planetary Boundaries Systems Thinking Learning Tool to Integrate

- Sustainability into the Chemistry Curriculum. *J. Chem. Educ.* (2022) 99 (10), 3530–3539.
- [15] Nemzeti alaptanterv 2020, 5/2020. (I. 31.) Korm. rendelet, Magyar Közlöny 17. sz. 2020. január. 31.
- [16] A 2020-as NAT-hoz illeszkedő tartalmi szabályozók
https://www.oktatas.hu/koznevelés/kerettantervek/2020_nat
- [17] L. Szalay, Z. Tóth, R. Borbás, I. Füzesi: Scaffolding of experimental design skills, *Chem. Educ. Res. Pract.*, (2023), 24, 599–623.
- [18] L. Szalay, Z. Tóth, R. Borbás, I. Füzesi: Progress In Developing Experimental Design Skills, *Journal of Turkish Science Education*, (2024) (in press)
- [19] Az ELTE TTK Természettudományos Oktatásmódszertani Centrum honlapjának galériái: <https://ttomc.elte.hu/galleries>
- [20] Tanári kérdőív: <https://forms.gle/bpDPxEujb7SfXUwbA>
- [21] Hallgatói kérdőív: <https://forms.gle/LDVD8AQcBNUBdUgC9>